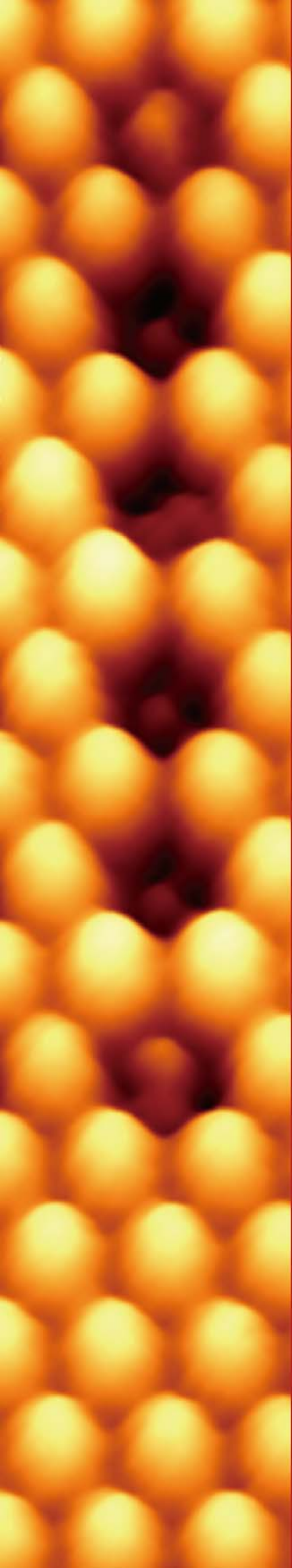
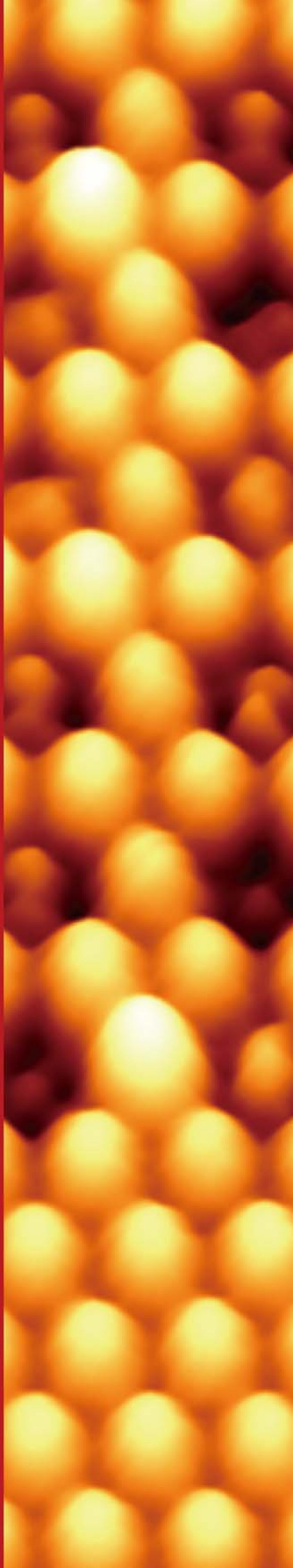


THE 10 YEAR HISTORY OF MANA

MANA 10年の歩み

2007 - 2017

International Center for
Materials Nanoarchitectonics (MANA)



MANA10年の歩み

―「これまで」と「これから」―

2017年にMANAは10周年という節目を迎えます。
この10年間でMANAは世界有数のナノテクノロジー研究拠点として成長しました。
本冊子は、10年間にわたるMANAの歴史を振り返るものです。
より良い明日の世界をつくるために我々が取り組み、
実現した数々の成果をご覧ください。

CONTENTS

MANAのビジョン

「ナノアーキテクトニクス」の新パラダイムを切り拓き、世界の新材料開発を先導する。

MANAのミッション

▶ 世界トップレベルの研究

ナノアーキテクトニクスの新概念に基づいて、
世界トップレベルの新材料開発の研究を進める。

▶ 真の国際化の実現

世界中からトップレベルの研究者が集い合う、
“メルティング・ポット（るつぼ）”のような研究環境を実現する。

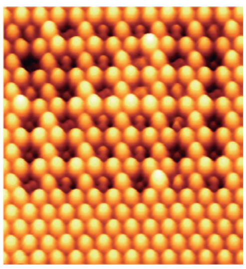
▶ 若い研究者の育成

挑戦的な研究に果敢に立ち向かう勇気ある若い研究者を育成する。

▶ 国際ネットワークの形成

世界のナノテクノロジー関連の研究機関のネットワークを構築し、
この分野の研究を世界的に促進する。

表紙画像



MANAでは、C_{60} 分子膜を用いて、単分子サイズのデジタル（0 or 1）メモリービットを実現し（書込みも消去も可能）、超巨大容量（190 b/in^2）の記憶媒体を創製した。表紙の写真は、それを走査トンネル顕微鏡（STM）によって観察した像。C_{60} 分子が整然と並んでおり、上部のいくつかのC_{60} 分子は暗く観察されている。暗く観察されているC_{60} 分子は、0 or 1の1の状態に対応する。暗く観察される理由は、局所的な電圧印可によって、そのC_{60} 分子は一段下のC_{60} 分子と結合して2量体を、あるいは更に一段下のC_{60} 分子とも結合して3量体を形成しているからである。2量体と3量体の形成はやや制御し難く、統計的な揺らぎをもって形成される。しかし、いずれの場合も0 or 1の1の状態に確実に対応する。これは、「不確実性を許容した信頼性」というナノアーキテクトニクスの最も重要な概念の良い具体例である。

A Message from the Director

我々の「国際ナノアーキテクトニクス研究拠点」（MANA）は、文部科学省「世界トップレベル研究拠点育成事業」（WPIプログラム）の最初の5つのWPI研究拠点の一つとして2007年10月に発足し、このたび10周年を迎えることになりました。この機会に、この10周年記念誌「MANA 10年の歩み」（The 10-Year History of MANA）を出版し、我々の10年の足跡を記録に留めておきたいと思います。本誌と共に編纂する「MANA 42の研究成果」（Research at MANA: 42 Selected Research Results）も併せてご参照ください。

私たち人類が地球環境を守りつつ持続可能な発展を続けていくためには、食糧、資源、エネルギー、環境、情報処理、通信、医療、社会インフラなどのキーワードで象徴されるさまざまな分野において、各種の革新的技術を不断に開発して行かなければなりません。それらの革新的技術を開発し、かつ実現するためには、しばしば適切な新材料の開発が必要です。この新材料開発においては、過去の30年余に目覚ましい発展を遂げたナノテクノロジーが重要な柱となっており、この柱は今後も揺るぎないでしょう。しかし、ナノテクノロジーの真価（潜在能力）を最大限に引き出すためには、これまでのナノテクノロジーに概念的な革新をもたらす必要があります。その革新は、私たちが「ナノアーキテクトニクス」と呼ぶ新概念に基づいてなされると考えています。この「ナノアーキテクトニクス」の概念（詳細はP.10-11を参照）は、MANAの研究者によって洗練・強化され、世界的に受け容れられるまでに成長しました。MANAはこれからもこの概念に基づいて、世界の新材料研究の旗頭となるべく努力していきます。関係各位の温かいご支援を心からお願い申し上げます。

MANA拠点長 青野 正和

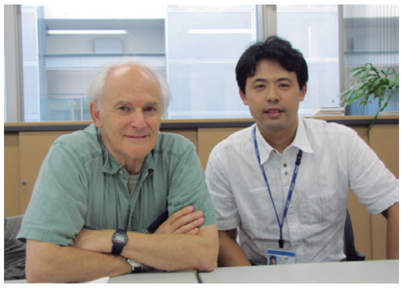
History of MANA

2007年から2017年の間、MANAは国際的なナノテクノロジー研究のプラットフォームとなるべく努力を続けてきました。この年表は、拠点の成長の過程の記録であると同時に「ナノアーキテクトニクス」という新しい概念の成長の記録でもあります。MANAは今後も「ナノアーキテクトニクス」を洗練、発展させるべく努力を続け、ナノテクノロジーの世界を牽引します。

2007

- NIMSの「国際ナノアーキテクトニクス研究拠点（MANA）」が文部科学省の世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）の拠点の1つとして採択される
- MANA発足
- 独立研究者制度の導入
- 外国人研究者向けガイドブック発刊

MANA発足当時の青野拠点長



若手研究者を指導する故Harold W. Kroto博士

2009

- 第2回MANA国際シンポジウム
- 第2回WPIフォローアップ委員会会議
- アメリカ合衆国エネルギー省、国防総省公使 来構
- Svante Lindqvist博士（ノーベル博物館ディレクター、スウェーデン王立工科大学教授）来構
- Harold W. Kroto博士による若手研究者のためのone-on-oneミーティング
- 黒木登志夫POによるUCLA MANAサテライト訪問
- MANA広報誌『CONVERGENCE』発刊
- Media Streamによる研究成果配信開始

2007　2008　2009　2010

2008

- MANA英語版ウェブサイト公開
- 第1回MANAセミナー Heinrich Rohrer博士（1986年ノーベル物理学賞受賞者）による“Nanotechnology, a Key to Sustainability” 開催
- 第1回MANA国際シンポジウム
- 第1回MANA評価委員会会議
- ICYS-MANAプログラムの開始
- 第1回WPIプログラム委員会サイトビジット
- 第1回WPIフォローアップ委員会会議
- 1996年ノーベル化学賞受賞者Harold W. Kroto博士 来構
- MANA発足1周年記念式典
- 短期招聘制度導入
- 『MANA Progress Report』発刊
- MANA サテライトラボ開設
  - カリフォルニア大学ロサンゼルス校（UCLA）
  - ジョージア工科大学（GIT）
  - フランス国立科学研究センター（CNRS）
  - ケンブリッジ大学
  - 筑波大学
  - 東京理科大学
  - 北海道大学
- 組織改編

藤田 高弘 前事務部門長

WPI-MANA棟

2010

- 第3回WPIプログラム委員会サイトビジット
- 第3回MANA国際シンポジウム
- 第2回MANA評価委員会会議
- 第3回WPIフォローアップ委員会会議
- MANAサイエンスカフェ “What is nanotechnology?” 開催
- 林久美子 文部科学大臣政務官 来構
- Lim Chuan Pohシンガポール科学技術研究庁(A*STAR) 会長 来構
- 青野正和MANA拠点長が“ファインマン賞” 受賞
- アウトリーチチーム設立
- WPI-MANA棟 建設着工
- James GimzewskiサテライトPIの研究成果がNHKにて特集

2011

- 第1回グランドチャレンジミーティング 開催
- 玄葉光一郎 科学技術政策特命担当大臣 来構
- MANA日本語版ウェブサイト公開
- H. E. Virachai Virameteekul
  タイ科学技術省大臣 来構
- 第4回MANA国際シンポジウム
- Heinrich Rohrer博士による科学イベント
  "Prof. Rohrer's Science Class" 開催
- 東日本大震災
- 第4回WPIプログラム委員会サイトビジット
- Harold W. Kroto博士による科学イベント
  "Prof. Kroto's Science Class 2011" 開催
- 第4回WPIフォローアップ委員会会議
- 中川正春 文部科学大臣 来構
- モントリオール大学にサテライトラボ開設
- 科学絵本『ニーマの冒険』発刊
- 外国人研究者のための日本生活ガイドブック
  『The Challenging Daily Life』発刊
- 第200回記念MANAセミナー
- オンラインニュース
  "Research Highlights" 配信開始
- 学術雑誌『STAM』MANA特集号 発刊

MANA国際シンポジウムで講演を行う故Heinrich Rohrer博士

2013

- 第6回MANA国際シンポジウム
- Heinrich Rohrer博士 (1986年ノーベル物理学賞受賞) 逝去
- 高校生を対象に "Summer Science Camp" 開催
- 第6回WPIプログラム委員会サイトビジット
- 第6回WPIフォローアップ委員会会議
- スマートバイオマテリアルグループによる"サイエンスアゴラ2013" 出展

2015

- 第4回グランドチャレンジミーティング 開催
- 第8回MANA国際シンポジウム
- 第4回MANA評価委員会会議
- 第8回WPIプログラム委員会サイトビジット
- 第8回WPIフォローアップ委員会会議
- 第5回グランドチャレンジミーティングを
  東京大学物性研究所 (ISSP) と共催

2011 2012 2013 2014 2015 2016

2012

- 学術雑誌『Advanced Materials』
  MANA特集号 発刊
- 第5回MANA国際シンポジウム
- 第3回MANA評価委員会会議
- 第2回グランドチャレンジミーティング 開催
- MANA第2期発足式 開催
- NanoGREEN/WPI-MANA棟竣工記念式典
- 第5回WPIプログラム委員会サイトビジット
- Chung-Yuan Mou,
  台湾科技部副主任委員 来構
- MANA設立5周年記念シンポジウム
- 第5回WPIフォローアップ委員会会議
- 第3回グランドチャレンジミーティング 開催
- 第2回WPI合同シンポジウム
  "Inspiring Insights into Pioneering
  Scientific Research" 開催
- MANA第2期スタート

MANA事務スタッフ (2014)

G7大臣によるMANA視察

2016

- 第6回グランドチャレンジミーティングを
  東京理科大学と共催
- 第9回MANA国際シンポジウム
- ナノセオリー分野 新設
- Harold W. Kroto博士
  (1996年ノーベル化学賞受賞) 逝去
- 先進7カ国 (G7) の科学技術大臣による視察

FON'14

2014

- 第7回MANA国際シンポジウム
- 第7回WPIプログラム委員会サイトビジット
- 第7回WPIフォローアップ委員会会議

Messages for the Future 祝辞

NIMS理事長
橋本 和仁

物質・材料研究機構（NIMS）は2007年に発足した「世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）」に独立行政法人としては唯一選定され、「国際ナノアーキテクトニクス研究拠点（MANA）」を設立しました。以来、NIMSはホスト機関としてMANAの活動を全面的にサポートしてまいりました。

その結果、10年間にわたってMANAは青野拠点長のもとナノアーキテクトニクスという新しい技術体系を構築するための様々な挑戦的研究に取り組み、おかげさまでMANAは世界のナノテクノロジー研究機関を結ぶ「ハブ」として機能するまでに成長しました。その卓越した研究成果のみならず、組織の国際化や若手研究者の育成という観点からも高い評価をいただいております。とりわけ、2016年5月につくば市内で開催された先進7カ国（G7）科学技術大臣会合にて実施されたエクスカーション（体験型見学会）では、参加国側からの希望により、各国大臣および関係者の方々がMANAを視察され、各国代表に大きな印象を残すことができました。

WPIによる直接的な支援が終了する2017年度以降も、MANAはNIMS内の7研究拠点の一つとして活発な研究開発を継続してまいります。特に、ボトムアップ型基礎研究の推進と、国際的かつ自由度の高い研究環境の増強に注力する所存です。また、MANAでのユニークな文化を母体であるNIMSの運営にも取り入れてNIMSのさらなる国際化・活性化を図ることで、材料開発を通じ社会に貢献する組織としてNIMSをより発展させてまいりたいと考えています。

WPIプログラム・ディレクター
黒木 登志夫

材料科学のタグボート、MANA

私がMANAを初めて訪れたのは、2008年4月16日であった。岸輝雄理事長、青野正和拠点長と初めてお会いし、7時間にわたりMANAの研究方針についての説明を受けたのをよく覚えている。その日から10年が経った。その間のMANAの成長ぶりには驚くものがある。2007-15年のトップ1%論文は、Thomson Reuters社のWeb of Scienceによると、4.1%に達し、同社のHighly Cited Researchers 2016に は、MANAか ら6人も選出された。青野先生は「MANAはNIMSのタグボート」というパワーポイントをサイトビジットのたびに示された。日本の材料科学の先頭に立つNIMS、それをさらに牽引するMANA。これからも、両者が相乗効果を発揮しながら進展するのを期待したい。

MANAで、もう一つ印象に残っているのは、外国人の若い研究者が、生き生きとして研究していることである。これは、MANAに先行して実施されたICYS（International Center for Young Scientists）の経験があったからこそ実現できたことである。どのWPI拠点にも若い外国人研究者が多いが、MANAは、WPIの9拠点の中でもお手本といってもよい。何年か前、外国人ポスドクがあまりに多いので、日本人も採用すべきであると、サイトビジットの際に提案したことがあった。MANAは直ぐに対応し、YAMATOという日本人を対象としたポスドク制度を作ってくれた。

最後に、この10年間、タグボートとしてMANAの研究を牽引していただいた青野拠点長、板東最高運営責任者、藤田前事務部門長、中山現事務部門長の「トロイカ」指導部に、プログラム・ディレクターとして、感謝したい。また、齋藤軍治プログラム・オフィサー、長田義仁AIMRプログラム・オフィサー、10年間一回も欠かさずサイトビジットに参加し鋭いご意見を頂いたKlaus von Klitzing, David L. Allara両先生をはじめとするワーキング・グループに感謝したい。

MANAがこれからも，WPIアカデミーの一員として、研究を進めていただくよう祈念するものである。

この10年で、MANAは非常に素晴らしい進歩を遂げた。

MANAの採択時に「スーパーマンを育ててください」と話したところ、MANAはトップレベルの外国人研究者を、さらに外国人の優れた若手研究者たちを集めた。その結果、彼らの様子を見ながら日本人研究者たちが努力し、今では、日本人研究者が、非常によい成果を出すまでに成長した。この結果、MANAは国際的なナノテクノロジー研究のハブとして機能するようになったといえる。

MANAは組織づくりの能力が大変優れている点も特徴的だった。管理運営も、拠点長・COO・事務部門長からなる「トロイカシステム」のおかげで、外国人に親切な研究環境づくりを含め、母体であるNIMSの組織改革にも大いに貢献した。

人材育成のよさにも本当に感心させられた。WPI採択時に理事長だった岸先生、前理事長の潮田先生、青野さんや板東さんらが、「上から目線」ではなく、柔らかな考え方で対応したことで、目覚ましい成長を遂げた若手研究者が何人もいる。

「ナノアーキテクトニクス」というコンセプトを、物質科学の視点で深めるには、まだまだやることが山積みで、これからが面白いところであろう。これからのMANAには新しい分野を積極的に開拓し、「ナノアーキテクトニクス」をもっと発展させていってほしい。

WPIプログラム・オフィサー
齋藤 軍治

WPI-MANAの成果 ──リーダー、集団運営そして優れた研究者──

MANA研究者の皆様、10年にわたるWPI-MANAの活動ご苦労でした。個々の研究者の、ナノテク分野での高いレベルの結果とその融合の成果、本当に“おめでとう”です。この素晴らしい果実は、各研究者と支援事務員はもちろん、青野拠点長（CEO）の卓越したリーダーシップ、そして、板東最高運営責任者（COO）、藤田事務部門長（CAO）そして小林事務主任の集団運営の結果と理解しています。

10年前の採用の評価委員会を思い出しています。すべて、英語での書面審査と面接。青野拠点長とともに四苦八苦したものです。しかし、青野拠点長が、ナノマテリアル、ナノシステム、ナノバイオ、そしてナノグリーンを前面に押し出し、一方、異分野、異文化、多国籍からなる‘メルティングポット’環境の構築を提案して、採決につながりました。

最後に、NIMS内の方々、国際アドバイザーの皆様、黒木先生、斉藤先生の励ましには特に謝意を表したいです。この活動の精神と研究システムが末永くNIMSに生き残ることを祈っています。

NIMS元理事長
岸 輝雄

日本の画期的な施策であるWPIプログラムの一環として、2007年にMANAが設立されてから10年が経ちました。MANA設立時のNIMSがどのような様子であったか、思い出すのも難しいくらいです。NIMSはまだ歴史が浅く、6年前に定評のある活動をしていた金属材料技術研究所（NRIM）と無機材質研究所（NIRIM）の2つ組織が統合し設立されたばかりでした。WPIセンターの採択に際しては、NIMSの取り組みである若手国際研究センター（ICYS）の成功が大いに評価され、MANAは唯一大学には属さないWPI拠点として採択されたのです。この大胆な決断をきっかけとして、NIMSは従来の材料研究所から、MANAというナノサイエンスの一流センターを持つ材料研究機関となり、とくにナノデバイス、ナノ材料、ナノバイオシステムにおいて世界一流のプログラムを確立するに至ったのです。

また、私が外部評価委員会の議長に選ばれましたことを心より光栄に思います。青野拠点長、板東COOらの優れたリーダーシップにより、とても円滑に議長としての任務を全うすることができました。皆様方と一緒に仕事をすることができたことは、何よりの幸せです。ただ一つ悔やまれることは、私には先見の明がないと思われるのですが、文部科学省がMANAに対して2期目のプログラム更新をしなかったことです。しかし、MANAという財産は、並木地区にある拠点の建物を通して受け継がれてゆきます。MANAの設立により可能となったこの素晴らしい変容に対して、NIMS全体が感謝していることと思います。

ケンブリッジ大学 教授
Anthony K. Cheetham

Nanoarchitectonics
MANAが創り上げたナノテクノロジーの新パラダイム

「ナノアーキテクトニクス」とは

新材料の開発においては、ナノテクノロジーがきわめて重要な役割を果たします。ここで、次のことにぜひとも注意していただきたいと思います。

ナノテクノロジーは、半導体の微細加工に威力を発揮してきた従来のマイクロテクノロジーの単なる延長、すなわちマイクロテクノロジーをさらに精緻化したものと誤解されがちですが、実はナノテクノロジーとマイクロテクノロジーは質的に異なります。この質的な差を正しく認識したナノテクノロジーの新パラダイムを私たちは「ナノアーキテクトニクス」と呼びます。

ナノアーキテクトニクスの重要なポイントは次の4点です。

ナノアーキテクトニクスの重要なポイント

POINT 1

マイクロテクノロジーの世界では設計図どおりに構造を構築できましたが、ナノテクノロジーの世界では一般にそれはできません。マイクロテクノロジーよりはるかに小さいナノテクノロジーの世界では、熱的および統計的な揺らぎがあらわになると同時に、制御法の原理的な限界に直面するからです。それゆえ、「曖昧さを含む構造によって信頼できる機能を実現する」という視点が重要です。

POINT 2

ナノスケールの構造(“ナノ部品”)は、しばしば新鮮で興味深い特性を示しますが、単独あるいは単なる集合体としては、発現される機能には限界があります。同種または異種の“ナノ部品”の間に有機的な相互作用を効果的に生じせしめ、まったく新しい材料機能を創造する、「構造の構築から相互作用の組織化へ」の視点が重要です。

POINT 3

巨大な数の“ナノ部品”からなる複雑系は、全体としてしばしば予想されなかった新しい機能を創発します。この「量が質を変える」現象を見逃さずに利用することが重要です。

POINT 4

1〜3の視点を守備範囲に入れうる、「ナノセオリー」とも呼ぶべき新しい理論分野の開拓が必要です。そこでは、原子、分子、電子、光子、スピンなどを第一原理的に扱うだけでなく、「大胆かつ適切な近似」を意識的に導入した理論体系の構築が求められます。

3つの「グランド・チャレンジ」

MANAでは、異なる分野の研究者の相互協力を促進して、MANAの全体の研究を活性化するために、
下の3つの挑戦的研究テーマを「グランド・チャレンジ」として掲げました。
いずれも容易には達成し難い夢のテーマですが、
MANAの異分野の研究者が協力し合ってそれらの夢の達成に着実に近づいています。

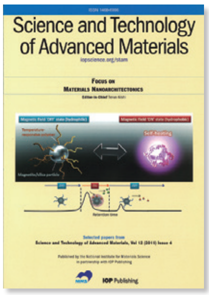
Grand Challenge 1
ナノアーキテクトニクスによる人工脳の創製

Grand Challenge 2
室温超伝導の実現

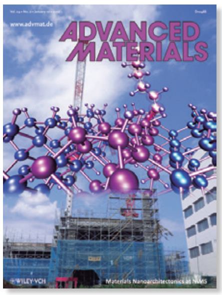
Grand Challenge 3
実用的な人工光合成の実現

世界に広がるナノアーキテクトニクスの概念

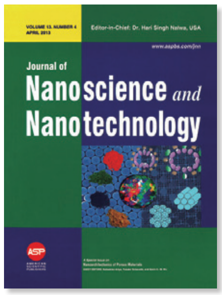
**MANAから生まれた「ナノアーキテクトニクス」という新しい概念は、
この10年間で世界に受け容れられるまでに成長しました。諸学会誌、一般書籍など
様々なメディアでナノアーキテクトニクスを紹介する特集が組まれています。**



Science and Technology of Advance Materials
“Focus on Materials Nanoarchitectonics”
2011年8月

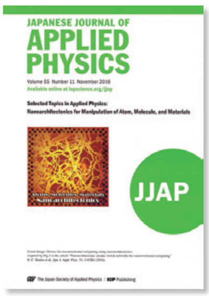


Advanced Materials
“Materials Nanoarchitectonics at NIMS”
2012年1月

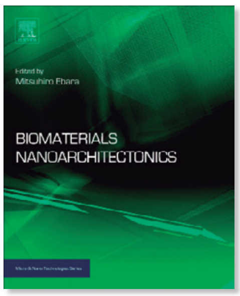


Journal of Nanoscience and Nanotechnology
“Nanoarchitectonics of Porous Materials”
2013年4月

Langmuir
“Interfacial Nanoarchitectonics Special Issue”
2013年6月

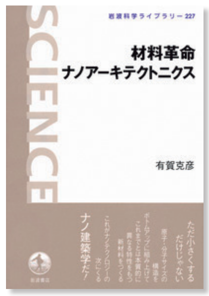


Japanese Journal of Applied Physics
“Nanoarchitectonics for Manipulation of Atom, Molecule, and Materials”
2016年11月



Biomaterials Nanoarchitectonics
Edited by Mitsuhiro Ebara
2016年2月

Supra-Materials Nanoarchitectonics
Edited by Masakazu Aono and Katsuhiko Ariga
2016 年10月



材料革命 ナノアーキテクトニクス
有賀 克彦
2014年6月

運 営 組 織

アドバイザー

評価委員会

拠点長
青野　正和

事務部門長
中山　知信

最高運営責任者
板東　義雄

副拠点長
佐々木　高義

事務部門

- 企画チーム
- 総務チーム
- 技術支援チーム
- アウトリーチチーム

MANAファウンドリ

研究部門

ナノマテリアル分野
- ソフト化学グループ
- 機能性ナノシートグループ
- メソスケール物質化学グループ
- ナノチューブグループ
- 超分子グループ
- フロンティア分子グループ
- 半導体デバイス材料グループ

ナノシステム分野
- ナノ機能集積グループ
- ナノイオニクスデバイスグループ
- 超薄膜エレクトロニクスグループ
- 量子デバイス工学グループ
- 表面量子相物質グループ
- ナノシステム物性理論グループ
- ナノフロンティア超伝導材料グループ

ナノパワー分野
- 光触媒材料グループ
- ナノ光制御グループ
- 熱エネルギー変換材料グループ
- 半導体ナノ構造物質グループ

ナノライフ分野
- 生体組織再生材料グループ
- 医療用ソフトマターグループ
- ナノメカニカルセンサグループ
- メカノバイオロジーグループ

ナノセオリー分野
- 材料特性理論グループ
- 量子物性シミュレーショングループ

上席研究員

独立研究者

ICYS-MANA研究員

MANAを支える強固な運営体制

MANAの運営は拠点長を中心に、事務部門の運営を事務部門長が、研究部門の運営を最高運営責任者が統括するという他の国内研究拠点では見られないトロイカ体制をとっています。この画期的なシステムにより、効率的な拠点運営が可能となり、クリエイティブな研究活動を支える強固な地盤がMANAに形成されました。

種別	人数		外国籍	女性
主任研究者	20	26	3	1
サテライト主任研究者	6		5	1
グループリーダー	9	169	0	0
准主任研究者	2		1	0
その他定年制研究員	68		9	7
独立研究者	7		2	2
ICYS-MANA研究員	9		6	0
ポスドク研究員	53		47	16
ジュニア研究員	21		17	8
技術支援スタッフ		29	1	17
合計	224		91	52

（2017年1月現在）

アドバイザー

ノーベル賞受賞者や世界的に著名な研究者などのアドバイザーが、自らの経験に基づいてMANAの研究者に助言や指導を行います。

C. N. R. Rao
ジャワハラル・ネルー先端科学研究センター
名誉理事長

岸 輝雄
物質・材料研究機構
元理事長
外務省外務大臣科学技術顧問

J.-M. Lehn
ストラスブール大学
超分子科学工学研究所 所長
1987 年ノーベル化学賞受賞

福山 秀敏
東京理科大学
研究推進機構総合研究院 院長

赤池 敏宏
国際科学振興財団
理事
再生医工学バイオマテリアル研究所
所長

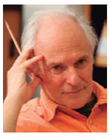
国際連携アドバイザー

世界的に著名な研究者であるアドバイザーが、海外の研究機関との共同研究をはじめ、MANAの国際ネットワーク形成に関して指導を行います。

Sir M. E. Welland
ケンブリッジ大学
教授

L.Schlapbach
スイス連邦材料試験研究所 前 CEO

過去のアドバイザー



Sir Harold Kroto
1996 年ノーベル化学賞受賞

Heinrich Rohrer
1986 年ノーベル物理学賞受賞

Galen Stucky
カリフォルニア大学サンタバーバラ校
Essam Khashoggi Chair in Materials Chemistry

評価委員会

MANAプロジェクトの運営および研究ストラテジーに関して、専門的提言を行います。

A. K. Cheetham
ケンブリッジ大学
教授
評価委員会 議長

相田 卓三
東京大学大学院
教授

遠藤 守信
信州大学
教授

H. Hahn
カルスルーエ工科大学
教授

西 義雄
スタンフォード大学
教授

R. S. Ruoff
蔚山科学技術大学校
教授

J. P. Spatz
マックス・プランク・インテリジェントシステム研究所 所長

過去の評価委員

Manfred Ruehle
マックス・プランク金属研究所 教授

L.Schlapbach
スイス連邦材料試験研究所 前 CEO

田中 一宜
産業技術総合研究所
名誉リサーチャー

橋本 和仁
NIMS 理事長

MANA Principal Investigators (PIs)

ナノアーキテクトニクスを牽引する世界最高峰の頭脳

※ Field Coordinator

ナノマテリアル分野
NANO-Materials Field

ナノテクノロジー界の世界的権威から今注目される有力研究者までが名を連ねる
ナノマテリアル分野。ナノテクノロジーの最先端を切り拓く頭脳集団です。

佐々木 高義※
MANA 副拠点長
ソフト化学グループ

有賀 克彦
超分子グループ

板東 義雄
MANA
最高運営責任者

知京 豊裕
半導体デバイス
材料グループ

Dmitri Golberg
ナノチューブグループ

長田 実
機能性ナノシート
グループ

山内 悠輔
メソスケール
物質化学グループ

Zhong Lin Wang
ジョージアエ科大学
サテライト主任研究者

ナノシステム分野
NANO-System Field

人工知能からエネルギー、環境、医療など数々の研究成果で世界を驚かせる
ナノシステム分野。PI陣が重要視する異分野融合研究が革新を生み出す動力となっています。

青野 正和※
MANA 拠点長

古月 暁
ナノシステム
物性理論グループ

高野 義彦
ナノフロンティア
超電導材料グループ

寺部 一弥
ナノイオニクス
デバイスグループ

塚越 一仁
超薄膜
エレクトロニクス
グループ

James K. Gimzewski
米カリフォルニア大学
ロサンゼルス校
サテライト主任研究者

Christian Joachim
フランス国立科学
研究センター
サテライト主任研究者

ナノパワー分野
NANO-Power Field

持続可能なエネルギー社会には、エネルギーの高効率な変換、輸送、利用が不可欠です。
界面ナノアーキテクトニクスを自在に操る最高峰のPI陣がそれを可能にします。

葉 金花※
光触媒材料グループ

魚崎 浩平
NIMS
エネルギー・
環境材料研究拠点
拠点長 併任

森 孝雄
熱エネルギー変換
材料グループ

高田 和典
NIMS
エネルギー・
環境材料研究拠点
副拠点長 併任

館山 佳尚
NIMS
エネルギー・
環境材料研究拠点
界面計算科学グループ
グループリーダー 併任

ナノライフ分野
NANO-Life Field

健康長寿社会に貢献するため、ナノアーキテクトニクスを通じてバイオマテリアル技術に革新をもたらすナノライフ分野を支えるのは国内外から集まった優秀なPIたちです。

陳　国平※
生体組織再生材料グループ

長崎　幸夫
筑波大学
サテライト主任研究者

Françoise M. Winnik
モントリオール大学
サテライト主任研究者

ナノセオリー分野
NANO-Theory Field

日常常識が通用しないナノスペース領域を理解・予測するために集まった、量子力学、統計力学、大規模第一次原理計算など理論分野のスペシャリストが研究を加速させます。

佐々木　泰造※
材料特性理論グループ

宮崎　剛
量子物性シミュレーション
グループ

David Bowler
ユニバーシティ・
カレッジ・ロンドン
サテライト主任研究者

過去のPIメンバー

MANAで研究を行っていた卓越した研究者たちです。MANAでの研究は行なっていませんが、若手研究者のメンターや国際連携アドバイザーとしてMANAとの関係を継続しています。

故 北村 健二
〈元ナノマテリアル PI〉
(2007-2011)

宝野 和博
NIMS フェロー
磁性・スピントロニクス
材料研究拠点 拠点長
〈元ナノマテリアル PI〉
(2007-2011)

大橋 直樹
NIMS-
サンゴバン先端材料
研究センター センター長
〈元ナノマテリアル PI〉
(2007-2011)

藤田 大介
NIMS 理事
先端材料解析研究拠点
拠点長
〈元ナノシステム PI〉
(2007-2011)

長谷川 剛
早稲田大学
理工学術院 教授
〈元ナノシステム PI〉
(2007-2015)

Omar Yaghi
米カリフォルニア大学
バークレー校 教授
〈元ナノパワー サテライト PI〉
(2007-2016)

門脇 和男
筑波大学 教授
〈元ナノマテリアルサテライト PI〉
(2007-2013)

高柳 英明
東京理科大学 教授
〈元ナノシステム
サテライト PI〉
(2007-2015)

Mark Welland
ケンブリッジ大学 セント・
キャサリンズ・カレッジ 学長
〈元ナノシステム
サテライト PI〉
(2007-2012)

室町 英治
NIMS 審議役
〈元ナノマテリアル PI〉
(2007-2010)

目 義雄
NIMS 機能性材料
研究拠点 特命研究員
〈元ナノマテリアル PI〉
(2007-2011)

中山 知信
NIMS 国際ナノ
アーキテクトニクス研究拠点
事務部門長
〈元ナノシステム PI〉
(2008-2014)

Enrico Traversa
キング・アブドゥッラー
科学技術大学 教授
〈元ナノグリーン PI〉
(2009-2012)

韓 礼元
NIMS
エネルギー・環境材料研究拠点
上席研究員
〈元ナノグリーン PI〉
(2008-2011)

宮原 裕二
東京医科歯科大学 教授
〈元ナノバイオ PI〉
(2008-2010)

Christoph Gerbe
バーゼル大学 教授
〈元ナノシステム
サテライト PI〉
(2008)

冨重 圭一
東北大学 教授
〈元ナノグリーン
サテライト PI〉
(2008-2010)

青柳 隆夫
日本大学 教授
〈元ナノバイオ PI〉
(2010-2015)

Satellite Laboratories

MANAを中心とした国際ナノテクノロジーネットワークの前線基地

ジョージア工科大学
Zhong Lin Wang

　ジョージア工科大学は、様々な先端研究が行われる世界トップレベルの工科大学です。ナノテク分野においても著名な研究者が在籍しており、ゾン・リン・ワン教授は論文引用回数が44,000回を超える世界トップグループのナノテク研究者の一人です。ナノベルト、ナノワイヤーに関する卓越した研究成果で知られ、MANAのサテライトでは、酸化亜鉛ナノワイヤーを用いたナノ発電機などのデバイス応用の研究を行なっています。

モントリオール大学
François Winnik

　カナダ有数のナノ研究機関を持つモントリオール大学は、ナノバイオといった先進的な分野を開拓している大学として、注目を集めています。フランソワーズ・ウィニック教授は、カナダのゼロックス研究センターで、研究者として10年以上のキャリアを積み、その後、マクマスター大学、モントリオール大学で機能性ナノ粒子・ナノ界面の研究に取り組んでいます。アメリカ化学協会の雑誌『Langmuir』の編集長としても活躍しています。

筑波大学
長崎 幸夫

　茨城県つくば市に位置する筑波大学は、国内最大規模の国立総合大学の一つです。また、MANAと物理的な距離が近いため、相互の若手研究者が頻繁に行き来して密な共同研究を行なっています。長崎幸夫教授は、高分子の精密合成技術を基盤とした機能材料、特に生体機能材料の開発を行なっており、バイオセンサー、培養システム、可視化システム、ドラッグ運搬システムなど、MANAのナノバイオ分野にとって欠かせない領域をカバーしています。

カリフォルニア大学ロサンゼルス校
James K. Gimzewski

　アメリカを代表する研究機関の一つであるカリフォルニア大学ロサンゼルス校（UCLA）は、ナノシステム研究所（CNSI）有し、世界をリードするナノテク研究が行われています。ジェームズ・ジムゼウスキー教授は、IBMチューリッヒ研究所で研究者として活躍した後、UCLAでナノテクノロジーとバイオロジーの融合研究を行っています。原子スイッチを応用した人工脳の研究に取り組むなど、独創性に富む研究に従事しています。

ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン
David Bowler

　ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン（UCL）は、ロンドン大学を構成する総合大学の一つであり、国際的な研究環境を持つ世界トップレベルの研究機関です。MANAでは2016年よりナノセオリー分野を発足させ、スーパーコンピューターによる大規模計算を導入した材料研究に取り組んでいます。デビッド・ボウラー教授は、オーダーN密度汎関数法などの大規模計算のスペシャリストとしてナノセオリー分野に所属しています。

フランス国立科学研究センター
Christian Joachim

　ヨーロッパ最高峰の科学研究機関の一つであるフランス国立科学研究センター（CNRS）は、数学から人文科学まで幅広い分野をカバーしており、ナノテク分野でも世界をリードしています。クリスチャン・ヨアヒム教授は機能性分子の電子状態を第一原理計算によって解明してきた第一人者でありMANAでは、単分子デバイスの実現に向けた研究に取り組んでいます。また、単分子でできた車によるレース大会、「ナノカーレース」の発起人でもあります。

　研究拠点の国際化を実現するために取り入れたシステムの一つが「サテライトラボの設置」です。MANAは、国内外の優秀な研究者をサテライト主任研究者（PI）として招聘し、各研究機関にサテライトラボを設置することでグローバルな研究活動の礎を築きあげることに成功しています。サテライト研究機関は、単に共同研究を行うだけの存在でなく、MANAの若手研究者の修行の場としても機能しており、サテライトPIは彼らのメンターとしての役割も果たしています。
2017年現在、MANAは国内外6機関にサテライトラボを持ち、サテライトPIの割合はMANAに在籍するPIの約4分の1に達しています。
　サテライトラボを前線として構築された国際ナノテクノロジーネットワークを通じて、MANAはナノテクに関する知識、情報、人材が集まるハブとして国際的な存在感を増しています。

過去のサテライト研究機関

北海道大学
魚崎 浩平
高効率エネルギー変換
(2008 – 2010)

筑波大学
門脇 和男
超電導量子材料
(2008 – 2013)

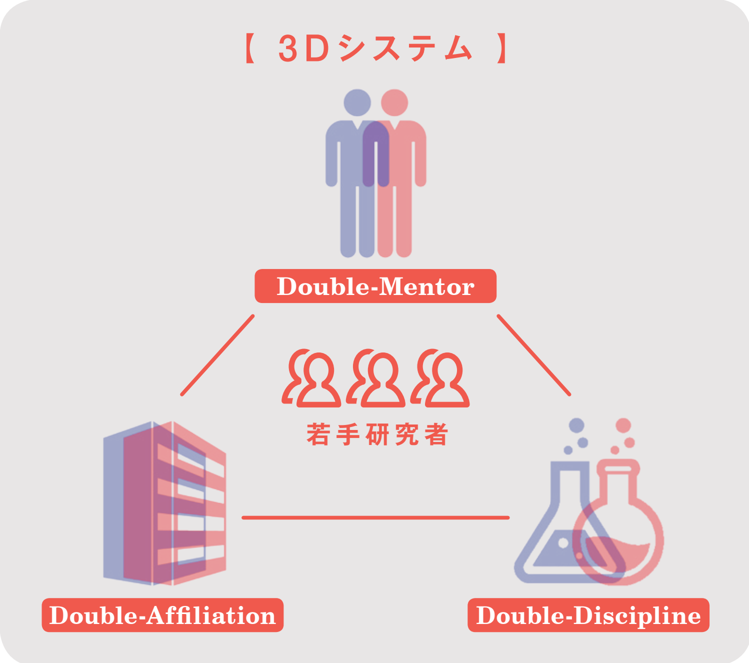
東京理科大学
高柳 英明
超電導、量子情報物理
(2007 – 2015)

ケンブリッジ大学
Sir. Mark Welland
生物由来材料
(2007 – 2012)

3Dシステム

国際的な研究人材を育成するために

MANAでは若手研究者の育成を非常に重要視しています。MANAの研究人材育成システムは、Double-Mentor（2人のメンター）、Double-Affiliation（2つの研究機関）、Double-Discipline（2つの専門分野）という3つの"D" にちなみ「3Dシステム」と呼ばれます。この3Dシステムによって、若手研究者は、独自性、自立性、学際性を身につけ、優秀な研究者として世界中の研究機関へとキャリアアップしていきます。彼らの存在がMANAのグローバルネットワークを強化し、豊かな知の循環が生み出されます。3Dシステムは、若手研究者のキャリアアップのために非常に有効な育成システムとして 、高い評価を得ています。



Double-Mentor：2人のメンター

MANAでは若手研究者に対して、国内外、NIMS内外を問わず2人のメンターを持つことを奨励しています。独創的な研究を生み出すには、自身の研究についての多角的な視点が欠かせません。メンターは優れた指導者として、また共同研究のパートナーとして、若手研究者を導きます。

Double-Affiliation：2つの研究機関

若手研究者は、サテライト研究機関やMOUを交わした国内外の研究機関など、MANAの持つ豊富なネットワークの中から複数の研究機関に属することが可能です。複数機関をまたにかけた研究経験は、研究者としての実力に幅を持たせ、共同研究を進めるノウハウも学ぶこともできます。

Double-Discipline：2つの専門分野

一つの専門分野を極めようとすると、研究に対する視野が狭くなってしまいがちです。視点を変えることで得られる可能性を見逃さないためにも、MANAでは2つの研究分野に携わることが推奨されています。複数分野を横断的に研究し、融合研究も視野に入れた学際的感覚を養うことが可能です。

若手研究者のキャリアアップ先

グローバルなキャリアアップ

MANAで経験を積んだ若手研究者は、世界中の研究機関で活躍しています。MANAをハブとするナノテクノロジー研究者の国際ネットワークが年々拡大しています。

日本	98人	台湾	4人	ベルギー	2人	カタール	1人
中国	64人	ドイツ	4人	アイルランド	2人	トルコ	1人
インド	27人	フランス	4人	スウェーデン	2人	チェコ共和国	1人
アメリカ	18人	シンガポール	4人	カナダ	1人	デンマーク	1人
イギリス	11人	ポーランド	3人	ロシア	1人	スロベニア	1人
韓国	10人	スイス	3人	ベトナム	1人		
オーストラリア	6人	サウジアラビア	2人	イラン	1人		

ナノテクノロジー・スチューデント・サマースクール

MANAは毎年開催される、ナノテクノロジー・スチューデント・サマースクールに参画しています。ナノテクノロジーを学ぶ優秀な学生が世界中から参加する本サマースクールは、異分野・異文化の枠を超えた共同研究作業を通じて、融合研究がいかにして成されるかを実践的に学び、広い見識と国際感覚を獲得させる場として機能しています。

独立研究者

– Independent Scientists –

独立研究者制度

MANAのユニークの研究制度の一つに独立研究者制度があります。これは、研究者自身に研究に付随するすべての裁量を委ね、世界レベルで活躍できる一流の研究者を育成するシステムです。

世界で活躍する研究者は、素晴らしい研究成果は当然のこと、研究環境を自ら創り出す能力も求められています。例えば、研究資金を提供してくれる企業や公共機関などに自らアプローチすることも重要なタスクです。また、各国で開催されている学会や研究会に足を運び、先達たる研究者とのネットワークを構築したり、共同研究環境を作り上げたりすることも、新しい可能性を模索するために重要な活動に位置付けられます。研究活動は、単に「研究」だけのアクションだけでは成り立ちません。 そのような世界レベルのタフな環境でも、世界の研究者たちと渡り合える若手研究者を育成しようという試みが「独立研究者制度」です。

独立研究者は30代～40代前半の若手研究者です。若くして目覚ましい成果をあげた優秀な研究者のみで構成されています。

何が独立しているのか

– 1 –

研究権限が独立

独立研究者には、文字どおり「独立」した研究権限が与えられています。若手研究者にこれだけの権限や裁量を与えている研究機関は、国内にほとんど存在しません。この権限により、独立研究者は自らの研究テーマに対するアクションを、自らの意思決定で実行に移すことが可能です。これにより、研究スピードのみならず、興味深い研究成果が生み出されます。

– 2 –

研究予算が独立

独立研究者は、MANAからも研究予算を与えられていますが、額は大きくありません。独立研究者は、企業や国の研究機関に自らアプローチし、自由に活用できる予算を獲得しています。研究予算を外部から集めることは容易ではありませんが、MANAが紹介する各分野の権威であるアドバイザーや、海外研究機関とのネットワークが役に立っています。

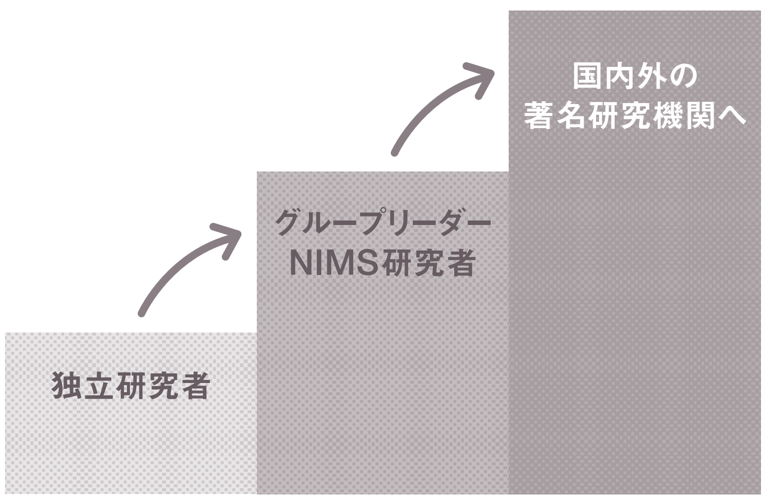
– 3 –

行動が独立

独立研究者は行動自体の自由度も高いため、必要なときに必要なだけ海外で研究活動を行うことができます。世界で活躍する研究者になるには、視野を広げ、科学者としての幅を広げて行くことが欠かせません。世界のトップ研究者に直接会い、人柄に触れ、研究についての話を聞き、異なる分野の研究者と積極的に関わってゆく中で豊かな研究精神が磨かれます。

独立研究者からのステップアップ

独立研究者として活躍するには、財務感覚、マネジメント能力、幅広い人間性、研究者としての優れた感性、豊かな国際性などを有していなければなりません。独立研究者はその高い能力と独自のネットワークをもって、キャリアアップの可能性を拡げていくことができます。スピーディーな成果達成による著名科学雑誌や機関誌への多数の論文掲載は、国内外の主要研究機関から招聘される可能性を高めます。もちろん、MANA内において研究のグループリーダーとして昇格することや、主任研究者としてMANAのメインストリームを担うこと、MANAの親機関であるNIMSからの招聘を受けることも可能です。



ICYS-MANA

若手研究者のための国際センターを目指して

NIMSは2003年に、国際的研究環境構築と若手研究者のユニークな育成制度の創出を目指して、文部科学省科学技術振興調整費・戦略的研究拠点プログラムによる、若手国際研究拠点（International Center for Young Scientists）を設立しました。ICYSのミッションは、世界各国から異なる研究分野の優れた若手研究者を集め、互いに刺激しあうメルティングポット環境において自律的に研究を行うことで、若手の研究者の創造性を最大限に引き出すことです。ICYSは非常に高い評価を受け、科学技術振興調整費プログラムが2007年度で終了した後も、NIMSは若手国際研究センター（International Center for Young Scientists）として、ICYSの理念と制度を引き継ぎました。現在ICYSには、NIMSの地区別にICYS-SENGENとICYS-NAMIKIの2つのグループがあり、ICYS-MANA研究員はICYS-NAMIKIに属し、MANAの研究の一端を担っています。

ICYS-MANA研究員は公募による世界各国の応募者の中から選ばれた優秀な若手研究員で、これまでに47名が採用されています。任期を終えた研究員の内、12名がNIMSの定年制研究員として、また、35名が国内外の研究機関で研究者として活躍しています。

採用方法

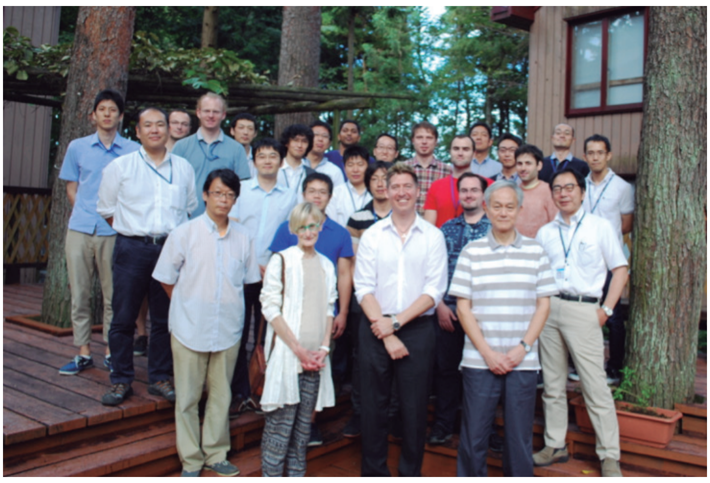
『Nature』『Science』などの有力科学雑誌での告知や、NIMS Webサイトなどを通して公募情報が発信されています。

研究環境

ICYS-MANA研究員は、自分の提案した研究計画を遂行するための自由裁量の研究費が配分され、自分の責任で研究活動に取り組むことができる環境が用意されています。MANAにはテクニカルサポートスタッフが英語で研究支援を行う体制もあり、MANA/NIMSの所有する世界有数の研究設備を利用することが可能です。研究員担当事務スタッフは完全英語対応可能な者で構成され、日本での生活の立ち上げや研究活動の必要な事務手続きをサポートします。

ICYS ワークショップ

ICYSでは、全 ICYS研究員と外部有識者･メンターが参加し、各個人の研究内容の発表とそれに関する様々な視点からの議論により、個人個人の研究の進捗の加速や広がりを促進する目的の合宿形式のワークショップを毎年開催しています。



研究環境

研究棟

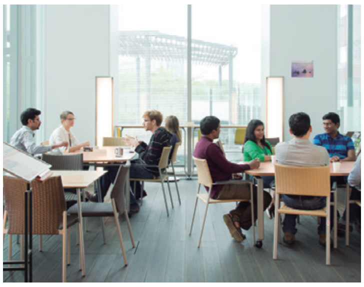
MANAの研究者と国の内外からの大学・研究機関・企業の訪問者が一堂に集うMANAの研究棟は、MANA棟、WPI-MANA棟（新棟）の2つからなり、どちらも革新的な研究開発を可能とする環境を目指した研究棟です。2012年に竣工したWPI-MANA棟は、一流の研究設備はもちろん、地球環境にも配慮し、自然エネルギーの有効利用･ZEB（ゼロ・エネルギー・ビル）化を目指した「環境配慮型研究拠点」であり、光触媒ガラス散水システム、太陽光発電パネル、日射調整ルーバーなどの最先端技術が導入されています。室内の温度・湿度・明るさが自動で調節され、省エネと快適性を両立しています。また、太陽光発電、非常用発電機、蓄電池からなる複数電源をネットワーク化し、統合制御するマイクログリッドシステムを国内で初めて導入したのもWPI-MANA棟です。災害時も無瞬断で重要な設備に電力を供給し、長時間の停電でも太陽光発電と蓄電池によって、必要最低限の電力を確保することができます。さらに通常時においては、施設内の各種機器が稼働した状態で最大約90kWのピークカット効果を得られます。WPI-MANA棟は、建物を環境性能で評価、格付けする「CASBEE」において、最高評価Sランクを取得しています。

MANA棟

WPI-MANA棟

メルティングポット（るつぼ）環境

MANAでは異分野・異文化・多国籍の研究者が一堂に会する「メルティングポット（るつぼ）環境」の構築に力を入れています。これは、研究者同士の間の様々な”障壁”を取り払うことで、創造的な研究環境を作り出そうという試みです。研究棟の各階にはカフェ、インタラクションスペースが設けられ、研究者たちが自由に交流できるようなデザインがなされています。オフィスやラボの壁も可能な限り取り払われ、研究活動におけるコミュニケーションを阻害しない空間設計となっています。こうした自由な交流・意見交換が、新たな融合研究を生み出す創造的なアイデアを育て、革新的な研究成果につながっていきます。



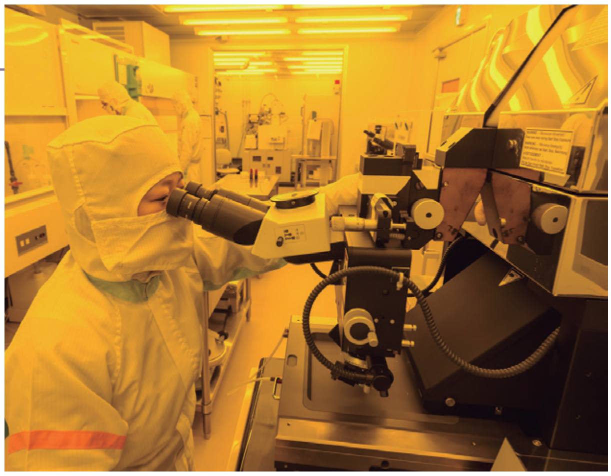
国際性豊かな研究学園都市 つくば

MANA/NIMSは、日本最大の学術都市である茨城県つくば市にあります。つくば市には300以上の国立、企業による数多くの研究拠点が存在しており、外国人研究者の数が非常に多い国際色豊かな都市です。研究機関間の研究交流も活発に行われており、挑戦的な最先端研究を支える自由な風土がMANAの先端ナノテクノロジー研究とうまく調和しています。

世界水準の研究設備

迅速な成果達成を支える充実の設備

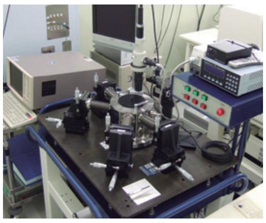
MANAは、ナノテクノロジー研究に必要な世界最高レベルの研究設備を備えています。在籍する研究者は、MANA独自で保有する微細加工施設である「MANAファウンドリ」において、様々な材料から所望のナノ構造を作ることができます。また、ホスト機関であるNIMSが保有する、世界で最も強力な磁場を発生させた「強磁場ステーション」をはじめとする世界最高水準のNIMS共用施設を利用でき、これらの充実した設備は、研究者たちのスピーディーな成果達成を可能にしています。



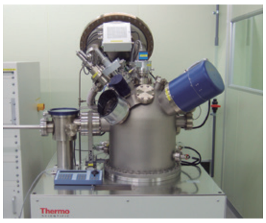
クラス1000のクリーンルーム

MANAファウンドリ

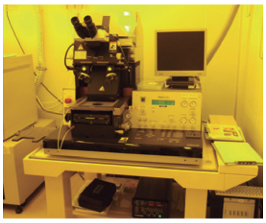
MANAが保有する微細加工施設が「MANAファウンドリ」です。描画・露光エリア、ウェットプロセスエリア、エッチングエリア、成膜エリア、ナノ計測エリア、ナノ解析エリア、熱処理エリア、切削・配線エリアの8設備を有します。有機・無機材料、金属材料、半導体材料、磁性材料、超伝導材料、複合材料など幅広い材料を用いた多様な構造の作製から、構造観察、特製評価までの一貫したプロセスを提供します。



4針プローブ走査型
トンネル顕微鏡



X線角度分解
光電子分光装置（XPS）



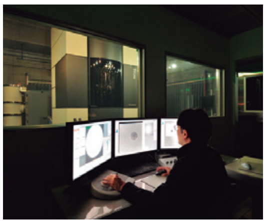
コンタクトマスクアライナー

NIMS共用設備

MANAの研究者は、ホスト機関であるNIMSが保有する世界最高レベルの研究設備を利用することができます。超高圧電子顕微鏡、強磁場マグネット、分析支援設備に加え、Spring-8内の専用ビームラインなど、高度な材料分析・創製に必要となる研究設備が揃っています。また、NIMSでは各種材料データベースの整備を通して、有用な材料情報を発信しており、充実した知的基盤を活用できます。

世界最高磁場（1020MHz）を
達成した超高磁場NMR

SPring-8内の
専用ビームライン



単原子分析
電子顕微鏡（Titan）

テクニカル サポートチーム

最先端研究を支える スペシャリスト

研究者が研究に専念できるよう、MANAにはテクニカルサポートチーム（TST）が常駐し、50を超える共通装置の管理、メンテナンス、実験室の整備、試薬サポート、安全対策、装置購入のための技術審査･搬入･設置など様々なサポートを行っています。多数在籍する外国人研究者に対応できるよう、テクニカルサポートチームは、完全英語対応が可能なスタッフで構成されており、最先端の研究を支える技術スペシャリストとして、MANAになくてはならない存在です。

研究環境

外国人研究者支援

MANAに在籍する研究者の約半数は外国籍保有者です。海外の研究者が日本で快適に研究活動に専念できるようMANAでは様々な外国人研究者支援を行なっています。

MANAの事務部門は英語対応可能なスタッフでのみ構成されており、研究に必要な手続きを全て英語で行うことができます。試薬や研究機器の購入に必要な事務手続き、日本での生活の立ち上げ、出張に伴う航空券の手配に至るまで、経験豊かな秘書による手厚いサポートが用意されています。

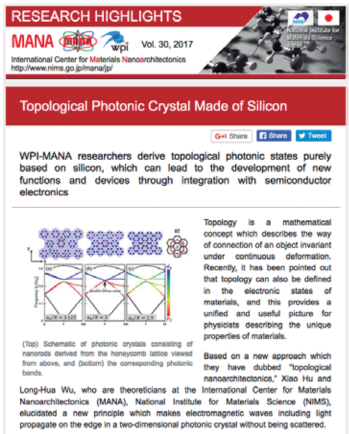
また、日本語教室、日本文化教室を通じて、日本に関する理解を深める機会を提供しています。

事務局の様子

日本文化教室

アウトリーチ活動

研究成果を広く世界に発信するため、MANAはアウトリーチ活動にも力を注いでいます。広報誌『CONVERGENCE』の発刊、英文ニュース"Research Highlights"の配信をはじめ、各種科学イベントへの参加・書籍制作・施設の一般公開など、積極的なコミュニケーションを図っています。ナノテクノロジーが持つ魅力や可能性を伝えるため、ノーベル賞受賞者である故ハインリッヒ・ローラー博士、故ハロルド・クロトー博士による小・中学生対象の科学教室の開催や、ナノ戦隊「スマポレンジャー」によるサイエンスヒーロー・ショー公演など、一般市民を対象とした科学特別イベントも開催しています。



RESEARCH HIGHLIGHTS

MANA Vol. 30, 2017

International Center for Materials Nanoarchitectonics
http://www.nims.go.jp/mana/jp/

National Institute for Materials Science

Topological Photonic Crystal Made of Silicon

G+1 Share Share Tweet

WPI-MANA researchers derive topological photonic states purely based on silicon, which can lead to the development of new functions and devices through integration with semiconductor electronics

(Top) Schematic of photonic crystals consisting of nanorods derived from the honeycomb lattice viewed from above, and (bottom) the corresponding photonic bands.

Topology is a mathematical concept which describes the way of connection of an object invariant under continuous deformation. Recently, it has been pointed out that topology can also be defined in the electronic states of materials, and this provides a unified and useful picture for physicists describing the unique properties of materials.

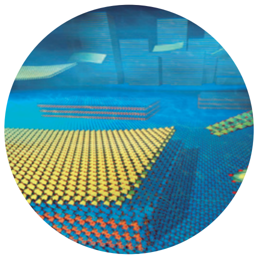
Based on a new approach which they have dubbed "topological nanoarchitectonics," Xiao Hu and Long-Hua Wu, who are theoreticians at the International Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA), National Institute for Materials Science (NIMS), elucidated a new principle which makes electromagnetic waves including light propagate on the edge in a two-dimensional photonic crystal without being scattered.

MANA Research Highlights

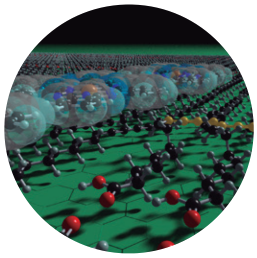
ローラー博士の科学教室

MANA's Research Topics

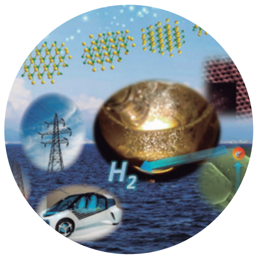
— Nano-Materials



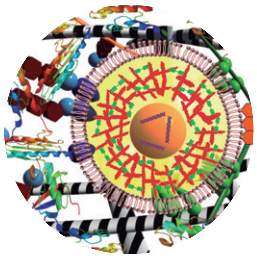
— Nano-System



— Nano-Power



— Nano-Life

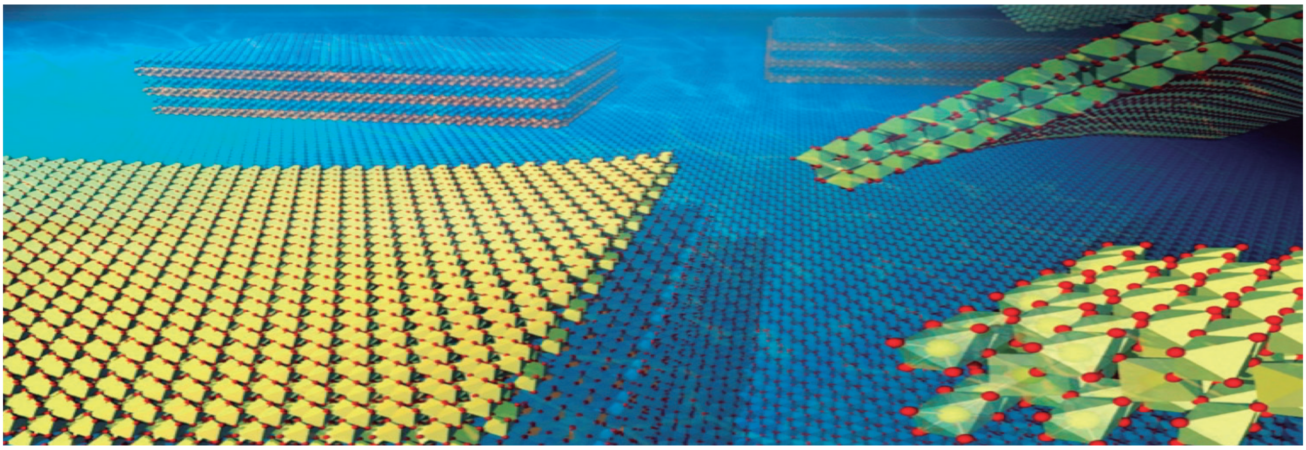


— Nano-Theory

研究成果の詳細につきましては、別冊の「Research at MANA: 42 Selected Research Results 2007-2017」をご覧ください。

01 *Research Field :* Nano-Materials

ケミカルプロセスによりナノレベルで高度に制御された物質・材料を創りだし、斬新な機能を導きだす

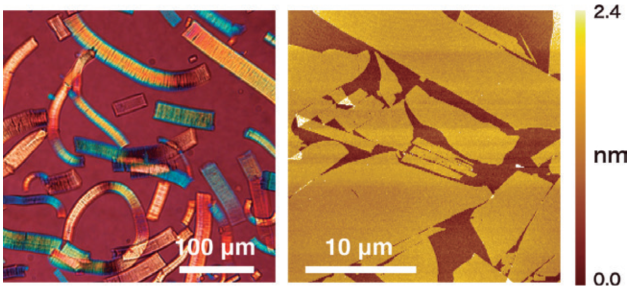


2次元ナノシートをベースとした材料アーキテクトニクス

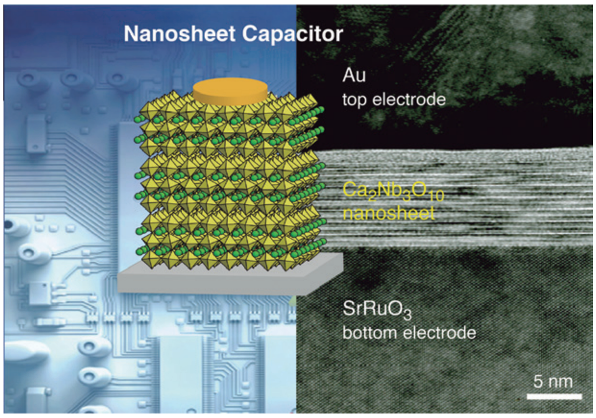
グラフェンの研究を契機に、無機材料をベースとした新しい2次元物質やグラフェンを凌駕する機能の開拓を目指そうとする「ビヨンドグラフェン」研究への関心が急速に高まっています。MANAでは、酸化物、水酸化物などの無機層状化合物の単層剥離により得られる「無機ナノシート」に注目し、材料ナノアーキテクトニクスに基づいた機能材料の開発を進めています。

酸化物、水酸化物などの無機ナノシートは究極の2次元性と共に、化学組成、構造、機能の多様性を具備しており、2次元ナノ物質の新しい舞台として注目されています。MANAでは、化学組成、構造、サイズ、形状を精密設計・制御するテーラメードデザインを活用し、新しい機能のナノシートの開発を進めています。こうした研究の一環から、層状チタン酸化物などの無機板状結晶にアミン水溶液を作用させると、アコーディオンのように、数秒で層と層の間隔が100倍にも拡張するユニークな現象（巨大膨潤現象）を発見しました。このアコーディオン結晶をナノシートの出発原料として利用することにより、サイズ、形状が高度に制御されたナノシートの合成が可能となります。MANAでは、このようにして合成した高品位ナノシートを基本ブロックにして、ナノ〜メソレンジで配列・集積化・複合化することにより、高度な機能を発現する新材料やナノデバイスの開発を進めています。

さらにMANAでは、ナノシートを1層、1層精密に集積することにより多層膜や超格子を作製し、新しい電子材料への応用を進めています。こうした重要な応用の一つが、優れた誘電性、絶縁性を利用した高誘電体素子です。例えば、チタン、ニオブを内包した酸化物ナノシート（Ti_2NbO_7、$(Ca,Sr)_2Nb_3O_{10}$）の積層膜が、優れた誘電特性を有し、膜厚5 〜 20 nmの超薄膜素子で世界最高レベルの誘電特性を示すことを見出しました。さらに、ナノシートは薄さ故に、レゴブロックのように積み重ねるだけで膜厚、膜構造やナノシート間の相互作用を自在に制御でき、新しい材料や機能をデザインすることが可能となります。例えば、高誘電性のナノシートを基本ブロックとした超格子では、電界効果トランジスタ、ナノシート・コンデンサ、人工強誘電体、マルチフェロイック物質など様々な機能材料、ナノデバイスの開発に成功しています。無機ナノシートの組み合わせ、可能性は無限大であり、「ナノシート·アーキテクトニクス」で新しい機能材料をつくる夢がひろがっています。



水和膨潤結晶の光学写真（左）と酸化チタンナノシートの原子間力顕微鏡像（右）

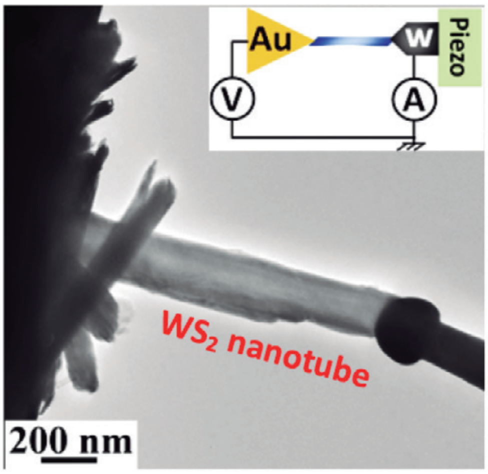


高誘電性ナノシートから作製したコンデンサ素子の模式図とTEM像

ナノマテリアルの特性を「その場」測定する透過型電子顕微鏡の開発

この数十年間、ナノマテリアルは材料科学の中でも最も注目を集めています。機械・電気・熱電・電気化学・磁気・圧電・強誘電・光起電力など、ナノマテリアルの様々な興味深い特性は常に科学者や技術者の関心の的となってきました。しかしながら、材料の内部構造を直接知ることは難しく、ナノマテリアルの物性研究は表面のみを測定する装置や方法を用いて行われてきています。そのため、ナノマテリアル特有の内部構造の特徴は実験前、実験中、実験後を通じてほぼ不明のままであり、収集データを関連づけることもまた極めて困難でした。

MANAはこうした既存の欠点を克服するために、高分解能透過型電子顕微鏡（TEM）内部でナノマテリアルの物性測定を行う、最先端の「その場」（*in situ*）測定の方法を開発しました。これは、種々のナノスケールの窒化物・酸化物・硫化物・セレン化物・リン化物・炭化物について、その機械的・電気的・熱的・光学的・光電子的な物理特性を直接に観察するために設計されました。その結果、最新の高分解能TEMでしか到達できないほどの高い空間分解能（170 pmにまで向上）や高いエネルギー分解能を保持しながら、圧電駆動の試料ステージとTEMカラムに挿入された光ファイバーを用いることで、多様なナノ構造体をナノレベルで操作（精度は1 nmより高い）しながら、電気・機械・熱・光プロービング測定が可能になることを示しました。例えば、MANAの開発した高分解能TEMを用いて、炭素・窒化ホウ素・タングステン硫化物等のナノチューブ・ナノシートや、シリコン・酸化亜鉛・硫化亜鉛・窒化ガリウム等のナノワイヤのヤング率・引張強さ・破壊靭性を世界で初めて直接測定することに成功しました。これにより、材料の「ナノアーキテクトニクス」という概念および材料科学分野全体の「聖杯」ともいえる、原子構造と機能特性の明確な関係を確立することが期待できます。



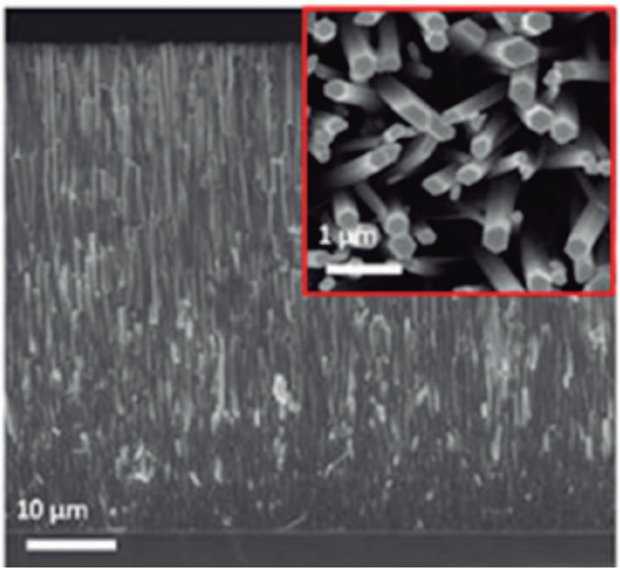
2つの金属電極の間にセットされた二硫化タングステン（WS_2）ナノチューブのその場（*in situ*）電気特性観察

ピエゾトロニクスとピエゾフォトトロニクス：全く新しいナノ素材とナノデバイス

MANAは、将来のエレクトロニクス分野においてナノテクノロジーを用いて持続可能な自給型マイクロ／ナノシステムを実現することを目指して、電子ナ・光電子ナノデバイスにおいてピエゾポテンシャルが電荷キャリアの輸送挙動に与える影響について先駆的な研究を進めてきました。ピエゾ電気（圧電気）とは歪んだ物質の内部で電気ポテンシャルが高まる効果のことを指し、何世紀も前から知られている現象です。自然界の材料で圧電係数が最も大きいものは通常ペロブスカイト型構造をとっており、これらは電気機械式センサ・アクチュエータ・環境発電等に広く利用されています。しかし、これらの材料は一般的には絶縁体であるため、電子デバイスとの組み合わせには適していません。そこでMANAでは、ウルツ型構造を持つZnO、GaN、InN、CdSなどの半導体素材の圧電特性に着目し、ひずみや力を加えてキャリアの移動を制御する電子工学・光電子工学の研究を融合させることを試みてきました。

その結果、電子工学や光電子工学において電荷キャリアの輸送挙動を制御する「ゲート」ポテンシャルとして、材料の結晶内部のピエゾポテンシャルを利用することにより、「ピエゾトロニクス」と「ピエゾフォトトロニクス」と命名した新分野を創出するに至りました。今後、ピエゾトロニクスの理論を完全に理解して新規な応用を実現するには、p型圧電半導体やn–pホモ接合など、新規材料や構造体の実現可能性を調べていくことが必要です。

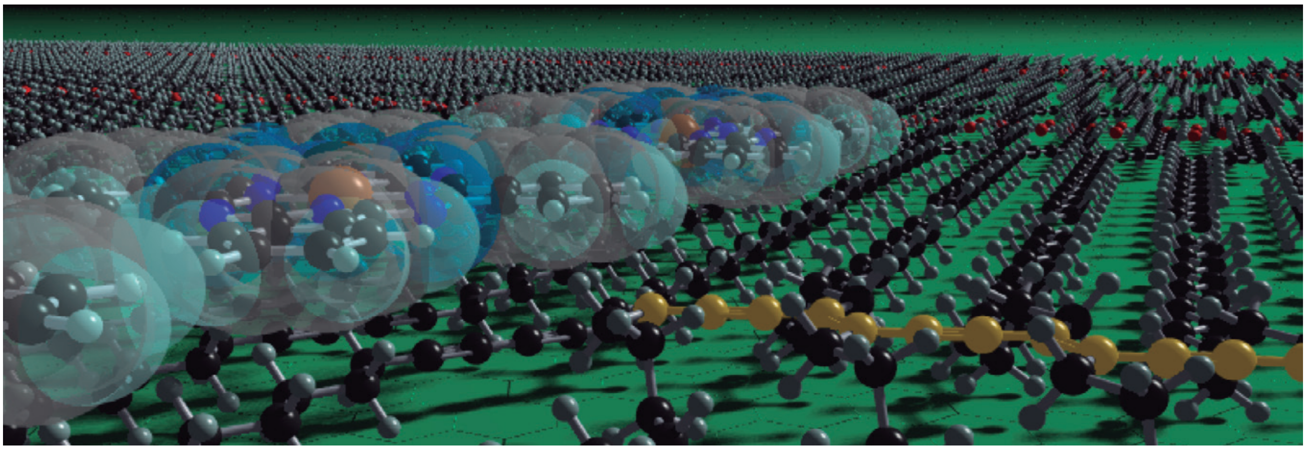
特に、ZnOナノ材料については、MANAは低温溶液成長法を用いて、最長60 µmのp 型ZnO超長ナノワイヤを成長させることに世界で初めて成功しました。またp型ZnOの圧電効果についても報告し、さらにp型圧電デバイスをセンシングと環境発電へ応用することにも成功しました。さらに、ZnOの p–nホモ接合やヘテロ接合などの新規素材や構造体も複数開発しました。これらの研究結果は、ひずみや力で駆動される電子デバイス・センサ・論理ユニットへの応用が期待されます。



最長60µmの長さを持つp型ZnOナノワイヤ

02 *Research Field :* Nano-System

新しいナノシステムが世界を変える：人工知能からエネルギー・環境や診断・医療まで



高性能ギャップレス型原子スイッチおよび関連新規デバイス

「原子スイッチ」とは、電圧をかけた時に生じる酸化還元プロセスによって金属原子（イオン）が移動することで作動するスイッチング素子で、ごく微小の消費電力で起動できます。MANA拠点長の青野正和らが発明した最初の原子スイッチは、電極として機能する金属製の針と基板の間に約1 nmの間隙（ギャップ）を有する構造となっていました。

MANAは、情報通信技術のアップグレードに不可欠な次世代ナノデバイスを創成するため、ギャップ型原子スイッチの発明に続いてギャップレス型原子スイッチを開発しました。さらにMANAのギャップレス型原子スイッチを活用して、最も進んだ半導体集積回路の一つであるFPGA（Field Programmable Gate Array）の革新的な改良が行われています。この新規FPGAは機能と生産コストが大幅に改善されており、サイズが従来の約1/4・消費電力が約1/3で、しかもロボットや人工衛星が受ける強い電気ノイズや宇宙線に対して優れた耐久性を有しています。ギャップレス型原子スイッチを多数内蔵したFPGAは近いうちに商品化される予定です。

またギャップレス型原子スイッチにより、量子化コンダクタンスを利用した多値不揮発性メモリの開発も大きく発展しました。金属－絶縁体－金属という単純な層構造のギャップレス型原子スイッチの中にある、金属フィラメントと電極の間の原子ポイントコンタクトを制御することにより、量子化コンダクタンスを観測できたのです。 さらにMANAは、ナノイオニクスデバイスをベースにした全固体型電気二重層トランジスタ（EDLT）を創成し、超伝導臨界温度（Tc）をEDLTで変調させることに成功しました。局所的なイオン移動の制御を利用するこのトランジスタ作動も、原子スイッチの原理の応用によって実現できました。

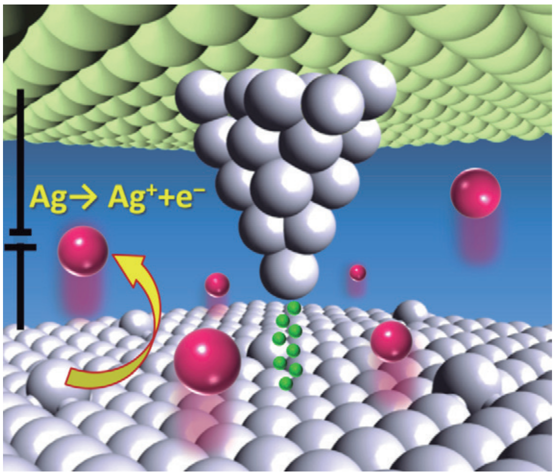


図1：ギャップレス型原子スイッチの模式図。電極間の固体電解質に銀の架橋が形成される

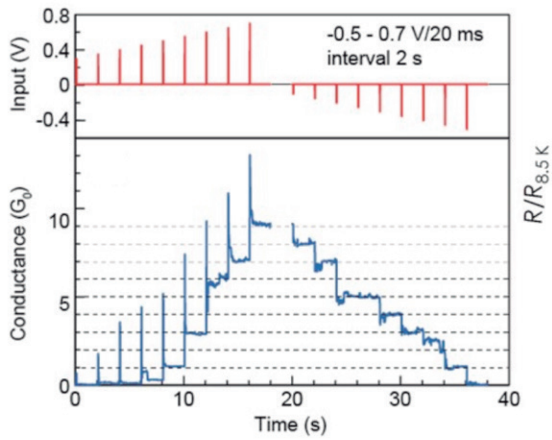


図2：正負のパルスバイアス印加による量子化コンダクタンスの増減

トポロジーによる材料科学の新フロンティア探索

ナノスケール空間では量子揺らぎに起因する不確定性が避けられないことから、ナノシステムにおいて新規機能を実現するためには新たなスキームを作り出す必要があります。そこでMANAでは「トポロジカル・ナノアーキテクトニクス」に基づく新たなアプローチを展開しています。トポロジーは対象物に連続変形をほどこしても不変な連結特性を記述するための数学的概念です。近年、物質の電子状態は非自明なトポロジーを持っており、それによって様々なテクノロジーに応用できる安定な量子特性が生まれることが判明しました。

我々のアプローチの一例としては、トポロジカル超伝導体におけるゼロエネルギーマヨラナ束縛状態（MBS）の探求があります。MBSは非アーベル統計に従っており、強靭な量子計算に活用できます。もともとマヨラナフェルミオンは電気的に中性なニュートリノを説明するために提案された素粒子であり、フェルミ粒子にも関わらず自身の反粒子と同じで、非常に特殊です。素粒子としてのマヨラナフェルミオンは、提案されて80年を経ても確認されていませんが、トポロジカル超伝導体の準粒子がそれにと似た挙動を示すということがこの10年間で理論的に明らかにされました。このことを実験的に確認しようと世界的な競争が行われているところです。

我々は、図1に示すように、s波超伝導体$NbSe_2$と3次元トポロジカル絶縁体Bi_2Te_3のヘテロ構造に着目しました。Bogoliubov-de Gennes方程式を解くと、超伝導量子渦の中で2つのゼロエネルギーMBSがあることが分かります。そして、このトポロジカル超伝導状態における準粒子波動関数が特有のスピン依存性を示すことから、上向きスピンと下向きスピンのスペクトル比に図2に示すようなチェッカーボード模様が現れることを明らかにしました。スピン偏極走査トンネル顕微鏡の探針を用いれば高い精度でMBSを実験的に分解できるので、近い将来にMBSが見つかることが期待されます。

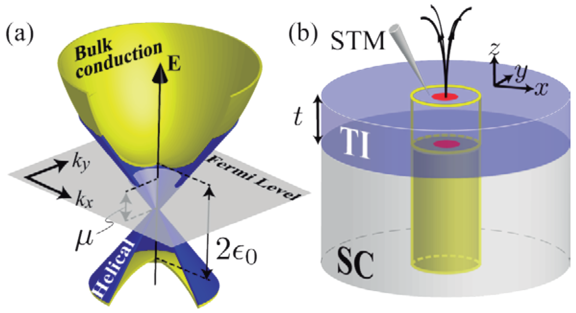


図1：(a) 3次元トポロジカル絶縁体（TI）の分散関係の模式図、および (b) TIとs波超伝導体のヘテロ構造。(b) の赤い丸はMBSを表す

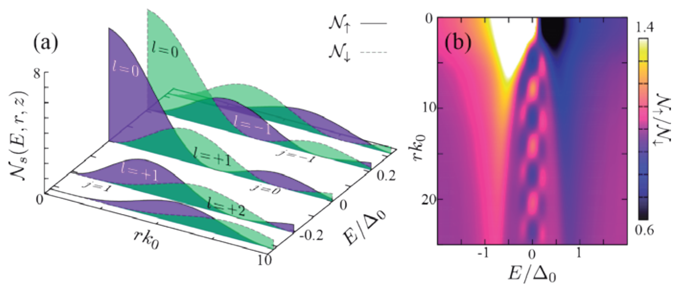


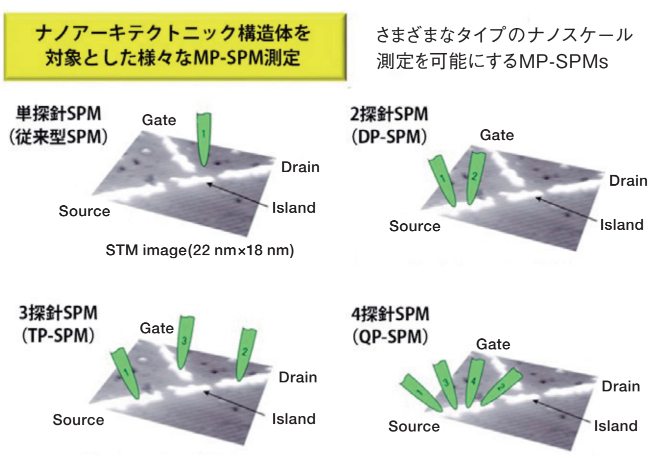
図2：(a) 低エネルギー準粒子励起の波動関数、および (b) 上向きスピンチャネルと下向きスピンチャネルのスペクトル比に現れるチェッカーボード模様

マテリアル・ナノアーキテクトニクスのための多探針走査プローブ顕微鏡

マテリアル・ナノアーキテクトニクスによって創製されるナノ構造体やナノシステムの新奇な物性を評価するためには、革新的な装置や手法を開発して用いる必要があります。そのためMANAは、多探針走査トンネル顕微鏡（MP-STM）や多探針原子間力顕微鏡（MP-AFM）などの、新しい多探針走査プローブ顕微鏡（MP-SPM）を開発しました。MP-SPMは、高い空間分解能での観察を可能とし、プローブをその空間分解能精度で任意の位置へ接触させることが出来ます。これによって、ナノメートル精度で複数探針間の位置関係と距離を様々に調整しつつ行う多探針計測という、他に類を見ないナノ計測が可能になりました。

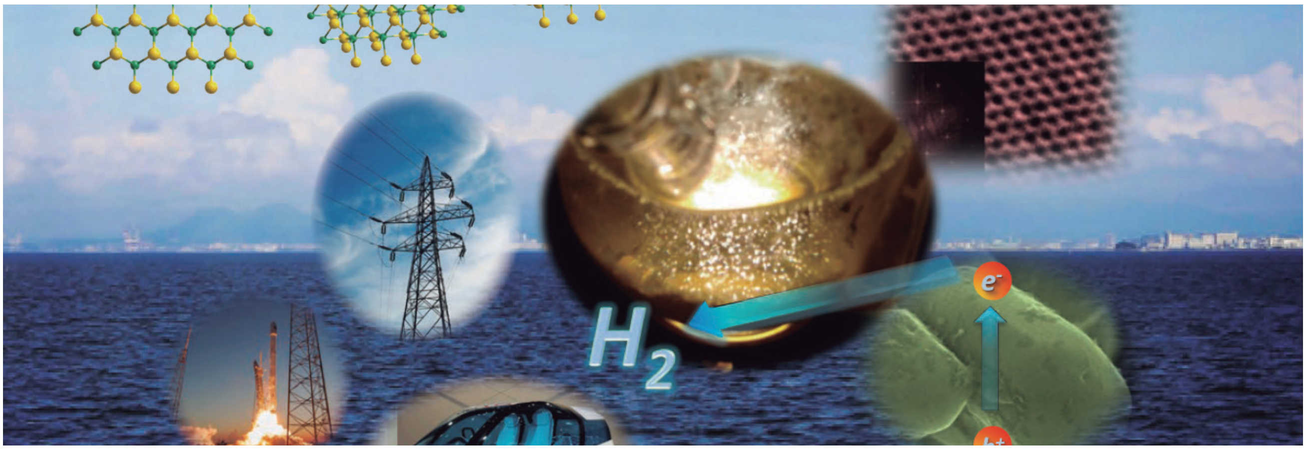
独立に駆動される2～4本の探針を備えたMP-SPMは、観察対象となるナノ構造のイメージング情報を基に、複数の探針を1つのナノ構造または1つのナノアーキテクトニックシステムに直接コンタクトし、多探針でのナノスケール電気計測を実現します。例えば、MP-STMの2本の探針によって、SiO_2基板上の単層カーボンナノチューブを観察し、室温における電子の平均自由行程の長さが約500 nmであることを直接計測しました。

さらに近年MANAは、MP-AFMに非接触ポテンシャルマッピング機能（ケルビンプローブフォース顕微鏡[KFM]）を実装しました。探針間距離に比べて十分に広い範囲に渡り均一な特性を示す材料であれば、一般的な4探針プローブ計測によって接触抵抗の影響を低減し精度の良い電気計測が可能ですが、ナノアーキテクトニックシステムは、ナノスケールの構造的・機能的な変化や変調を含むために、一般的な手法ではシステムの特徴を明らかにできません。MANAのMP-AFMは、ナノメータースケールの観察対象に電流を通すための2本の導電性AFM探針を適切にコンタクトし、システム中の機能や特性の変調や変動を1本のKFM探針によって非接触で計測可能です。このようにMANAでは、ユニークでこれまでにないナノ計測を実現する、新しい種類のナノスケール計測技術を開拓してきました。



03 *Research Field :* Nano-Power

持続可能な社会を目指し、物質とエネルギーの高効率な変換と利用を

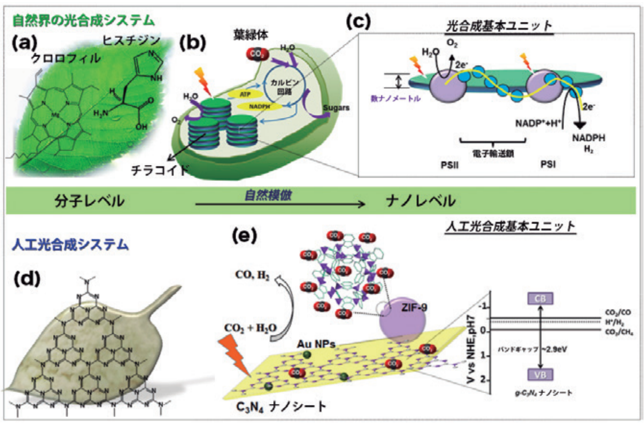


人工光合成：自然を模倣したナノアーキテクトニクス

太陽エネルギーを用いて水と炭酸ガスから再生可能な炭化水素化学資源を合成する光エネルギー変換･蓄積型の「人工光合成」は、地球温暖化とエネルギー枯渇問題の解決に寄与することが期待されています。MANAは新たなナノ光触媒材料の可能性に挑戦すべく、新規複合酸化物半導体光触媒材料の研究開発とそれらを用いた二酸化炭素の還元・資源化への応用研究に取り組んできました。これまでに独自の材料設計指針でAg_3PO_4材料を開発し、水の酸化反応において自然界の光合成に匹敵する量子効率を達成しています。

自然界では、生命が進化の過程で創り上げた光合成反応は極めて精巧であり、100%に近い量子効率を誇ります。植物の光合成における重要な構造要素及び機能を模倣した"人工光合成システム"（APS）の構築は効率的な人工光合成を実現する有効なアプローチと考えられます。MANAでは、桜の木の葉っぱをテンプレートに$SrTiO_3$光触媒を合成し、葉っぱのナノメートルからミリメートルスケールまでの多階層構造を模倣し、構築することにより、効率的な光吸収、二酸化炭素ガスの吸着･拡散・変換を促進しました。その結果、通常手法で合成した$SrTiO_3$よりもメタンへの変換効率が約3.5～4倍も高まっていることが明らかになりました。

さらにMANAは、光合成の構造要素のみならず、機能発現ユニットを分子レベルで模倣することにも挑戦しました。自然界の光合成は光合成色素・機能性タンパク・電子伝達系などが整然と並んだ層状のチラコイドの中で発生しています。MANAでは水分解と二酸化炭素還元の光触媒としてg-C_3N_4重合体を、助触媒として金ナノ粒子を、また二酸化炭素の捕捉体および電子伝達体としてZeolitic Imidazolate Framework (ZIF-9)の3つを巧妙に複合させることで、分子レベルの構造を模倣した人工光合成ユニットの開発に成功しました。このようなユニットでは、太陽エネルギーの変換が効率的に行われ炭化水素燃料と水素が生成したことを確認できました。以上のように、表面／界面構造を精緻に制御し、自然界に存在する構造・機能を模倣することにより、高効率な人工光合成の実現へ向けた大きな一歩を踏み出すことができました。



自然界の光合成と人工光合成の比較。（a）葉の分子レベルでの構造（b） 葉緑体における光駆動反応スキーム、（c）光合成ユニット、（d）g-C_3N_4重合体の分子構造、（e）人工光合成ユニット

広範囲廃熱発電に向けた新規な熱電素材

化石燃料の全消費量の3分の2近くが廃熱の形で失われています。熱電科学はこうした莫大なエネルギーの一部を固体素子で電気に変換できることを示唆しますが、材料の性能が十分でない等の様々な要因により、まだ広範に応用されてはいません。MANAはこのような重要な問題を解決する突破口となる、顕著な研究成果を複数報告しました。

MANAは、材料の相図を活用して、制御された有効な空孔を有する新規なナノ構造を形成しました。これによってフォノンだけを効果的に散乱させることができ、チャンピオン材料であるスクッテルド鉱において熱電性能指数ZTを倍以上に増加させることができました。レアアースを使用せず、従来のラトリング現象にも頼らずに高いZTが得られるこの新しい方法は、材料コストとリスクを低減し、耐酸化性も高いという点で、素子製造をスケールアップさせる際にも有利です。

また新原理として、カルコパライトのような磁性をもつ半導体から高い熱電性能を得られることも発見しました。電子ーマグノン（磁性材料における磁気モーメントの振動に関与する準粒子）の相互作用と大きな有効質量が、ゼーベック係数を増大させ、熱電性能指数ZTを向上させることがわかりました。磁性が熱電性能を向上するメカニズムとして重要な役割を果たす可能性があり、実際の活用が困難であった従来のバンド工学による手法より有益であることが見込まれます。

さらに、よく知られている酸化物熱電材料に対して等電荷的な新規窒化物を研究し、優れた特性と興味深い異方性を明らかにし、熱電材料として有望であることを示しました。また、火力発電所の出力を向上し得る高温トッピングサイクルのための高温熱電材料として、イットリウムアルミノホウ化物や、Zrをドープしたβホウ素のような優れたp、n制御特性を有する新規ホウ化物も開発しています。

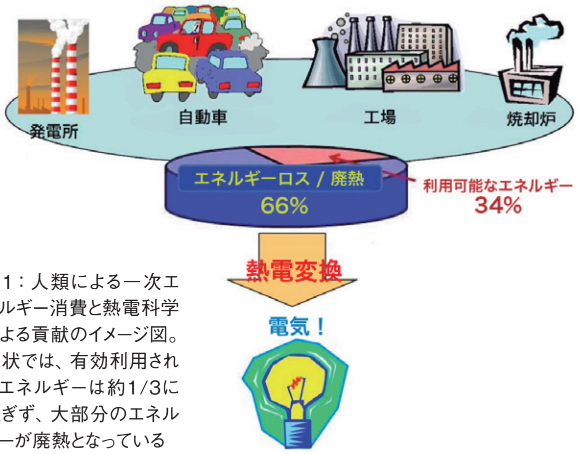


図1：人類による一次エネルギー消費と熱電科学による貢献のイメージ図。現状では、有効利用されるエネルギーは約1/3に過ぎず、大部分のエネルギーが廃熱となっている

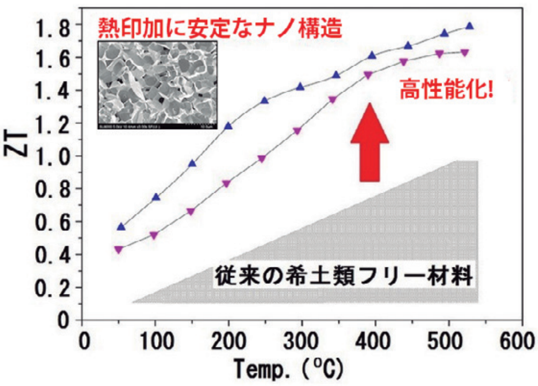


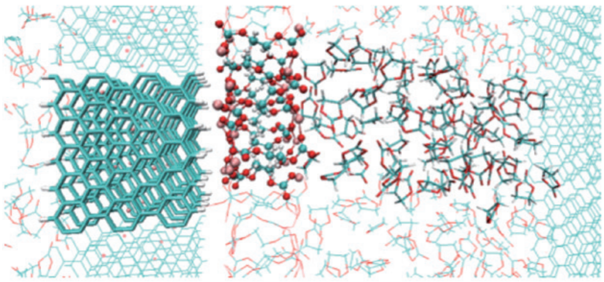
図2：新規な熱電高性能材料であるスクッテルド鉱材料の熱電性能指数ZTを示すグラフ。写真はその電子顕微鏡写真で、空孔を有する構造が確認できる

スーパーコンピュータを用いて電池・触媒材料の界面の謎を探る

次世代蓄電池・太陽電池・触媒の開発においては、「電極と電解液・電解質の間の界面」を理解して設計することが不可欠です。これは、エネルギー貯蔵・変換の効率や材料の信頼性が界面における電子の移動やイオンの輸送によって決まるからです。しかし、電池・触媒内の界面の現象を「その場」観察することはまだ難しく、また精度の高い計算解析も困難なため、界面における電子や原子の動きの解明は今なお未解決の問題となっています。

量子力学に基づいた第一原理計算は、非常に大きな計算量を必要としますが、謎の多い界面の化学反応を調べるためには必須です。そのため、MANAでは、「京」コンピュータのような大規模スーパーコンピュータで高効率計算が可能な、第一原理サンプリングプログラムの開発に成功しました。さらに実験科学者や企業の研究者と協力しながら、蓄電池などの界面に関する先端的研究に取り組んでいます。

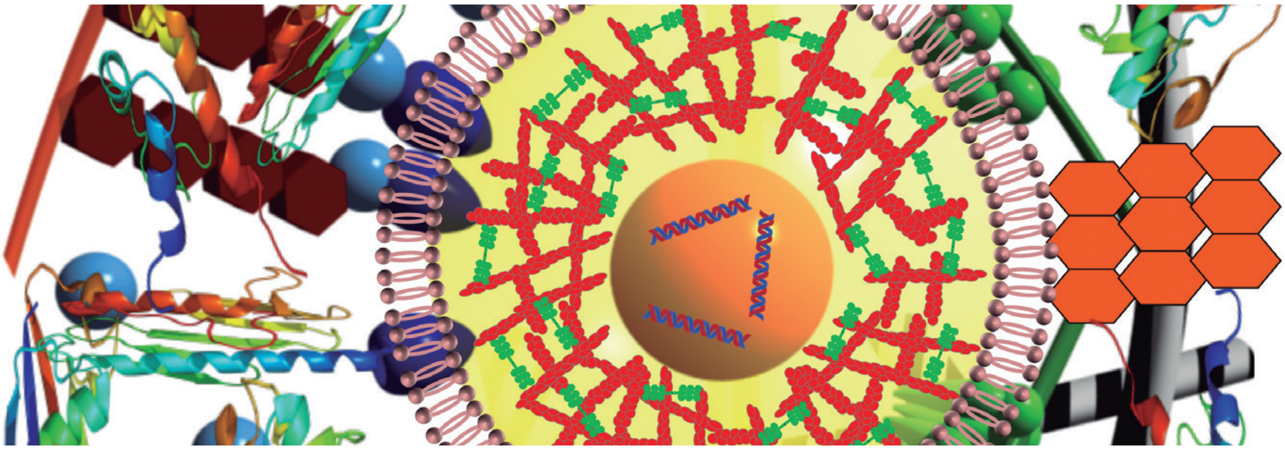
蓄電池分野では、典型的な有機電解液分子の還元分解の新たなメカニズムや、電極界面上の固体電解質界面相（SEI）被膜の形成メカニズム（図）として新たな「沖合集積（Near Shore aggregation）」機構があることを実証しました。また、最近注目されている超高濃度電解液において、その特異な酸化還元安定性やイオン輸送特性の要因も明らかにしました。色素増感太陽電池やペロブスカイト型太陽電池分野においても界面の電荷移動過程や劣化要因について明らかにしました。このような複雑かつレアイベント的な現象に関する詳細な知見は「原子スケール界面科学」という新しい学問の確立に貢献するものとなっています。さらに、MANAの計算科学研究は、社会のエネルギー構造の変革に対しても重要な役割を果たすものとなるでしょう。



MANAの第一原理計算研究により得られたリチウムイオン電池内の黒鉛負極—SEI膜—有機電解液の平衡状態のスナップショット

04 *Research Field :* Nano-Life

ナノアーキテクトニクスによる
バイオマテリアル技術の革新を通じ、健康長寿社会に貢献



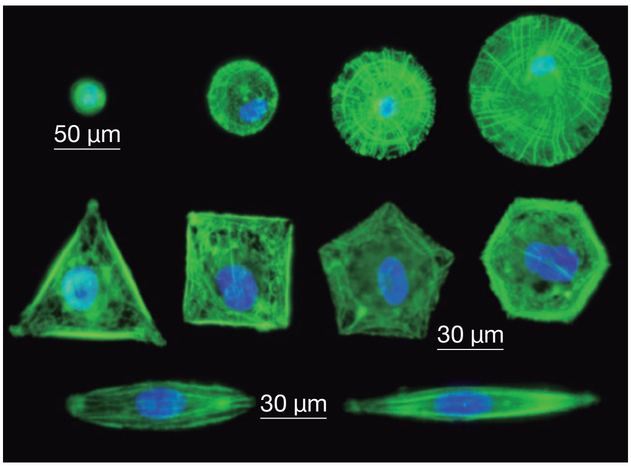
再生医療のためのナノおよびマイクロ構造をもつバイオマテリアル

細胞、細胞足場材料、生理活性分子を組み合わせることによって生体組織を再生させる方法は、病気やけがの有望な治療手段となります。特に、細胞が接着する足場材料は、その物理化学的、生物学的な作用によって細胞機能を制御し、組織再生を誘導します。足場材料は、理想的には生体内の細胞外マトリックス（ECMs）と同様のナノおよびマイクロ環境を細胞に与えることが望ましいとされています。

MANAは、細胞を取り巻く生体内ナノ微小環境を模倣した数種類の高機能バイオマテリアルの開発に成功し、これらのマテリアルによって細胞の機能を特異的に制御し、組織再生を促進できることを示しました。

その例として、逐次的に分化する間葉系幹細胞（MSCs）を脱細胞化することによって、生体内のナノ構造ECMsを模倣した段階的組織分化マトリックスを開発しました。さらに、選択的に除去可能な高分子テンプレートを用いて細胞を三次元的に培養し脱細胞化することで、生体模倣型多孔質足場材料も開発しました。自家の細胞を用いて得られたこの足場材料では、移植の際に起こりうる宿主の免疫応答が最小限に抑えられました。これらの生体模倣型ナノ構造マトリックスや足場材料は、基礎生物学の研究や組織再生に有用であることがわかりました。

また、MANAは足場材料の空孔構造をより自在に制御するために、あらかじめ調製した氷微粒子をポロゲン（空孔形成剤）として用いるという斬新な方法を開発しました。これは軟骨・皮膚・筋肉組織・毛細血管の再生に利用されます。さらにフォトリソグラフィ法を用いて様々なタイプのマイクロパターン化材料を開発し、細胞の大きさ・形・アスペクト比を単一細胞レベルで制御し、これらのファクターが幹細胞の機能に及ぼす影響を調べました。すなわち、独自に設計したマイクロパターン化材料を用いて幹細胞性、細胞ナノ力学特性、細胞 - ナノ材料相互作用、細胞分化を調べたところ、マイクロパターン化された細胞はその大きさ・形・アスペクト比に応じて様々な挙動を示しました。このことから、細胞の形態はマイクロパターンに支配され、幹細胞の運命決定に極めて重要な役割を果たすと考えられます。



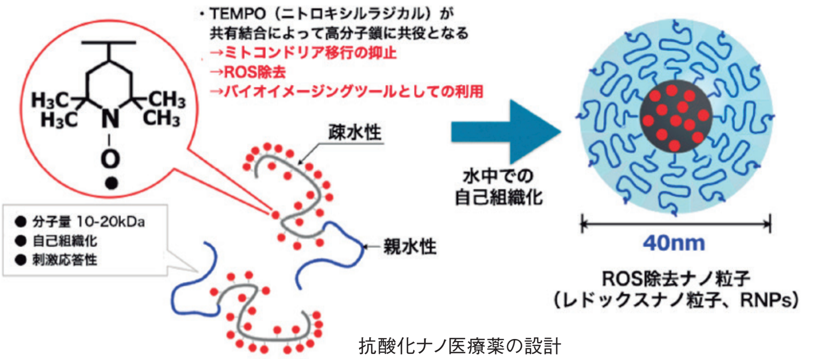
様々な幾何形状のマイクロパターンにより幹細胞の形態が制御される様子

アルツハイマー病の新規抗酸化ナノ医療

加齢にともない生活の質に大きく影響するアルツハイマー病（AD）などの神経変性疾患のリスクが上がってきます。活性酸素種（ROS）の過剰産生に由来する酸化ストレスは、老化の直接的原因として知られています。年齢を重ねると、ROSの生成が急増し、内因性抗酸化機構がROSを完全に除去し切れなくなり、酸化分子が体内に蓄積していきます。

脳内でのこのような酸化ストレスの増加は、老化が関係する神経機能障害や学習・記憶の低下に大きく関わることが報告されています。低分子量（LMW）の抗酸化物質として有望なビタミンEについて、ADの臨床試験で機能低下を遅らせたといった若干の効果が報告されたこともありますが、完全な回復は報告されていません。LMW抗酸化物質では健康な細胞内へ容易に移行し、電子伝達系などの重要な酸化還元反応を阻害するため、酸化ストレスを低下させるべく有効用量を投与することはできないのです。

抗酸化物質のこのような限界を超えるため、MANAは、図に示すように高分子の抗酸化物質を新たに設計しました。抗酸化物質を固定した両親媒性の高分子は、コアシェル型ナノ粒子（RNPs）を形成し、このナノ粒子は健康な細胞内へ取り込まれることが無いため、呼吸などの必要な反応の妨害を低減させることができます。生後17週齢の老化促進傾向マウスへRNPsを経口投与し、これにより脳内のROSが除去され認知の回復が促されるかどうかを調べたところ、治療1か月後のマウス脳内の酸化ストレスレベルはLMWニトロキシドラジカルで治療したマウスに比べて顕著に低下しました。その結果、生存神経細胞の数が増加し、認知障害が著しく改善されました。また、このRNPs治療では毒性も認められませんでした。したがって、この新規な抗酸化ナノ医療によってADを含む認知症の新たな治療法が確立されることが期待されます。



抗酸化ナノ医療薬の設計

近赤外線生物学的窓でのバイオイメージングのためのシリコンナノ結晶

半導体量子ドットは、バイオ分析やバイオイメージング用のバイオマーカーとして広く利用されています。生体内外の蛍光イメージングを達成する上で、バイオマーカーに必要とされている条件は、水溶性であること、退色性が低いこと、発光波長を粒子サイズで変調できること、発光量子収率が高いことです。しかしながら、生体の第一窓（波長=700−950nm）と呼ばれる生体透過性の高い波長領域で利用できるバイオマーカーは種類が少ない上、水銀や鉛などを構成元素に含むことが問題となっています。生体毒性の問題を抜本的に解決できるバイオマーカーとして、シリコンナノ粒子が注目されています。

MANAは、シリコンナノ粒子をバイオマーカーに用いた2光子励起イメージングに世界で初めて成功しました。図1に、開発したバイオマーカーの構造を示します。ナノ粒子はダブルシェル構造を有しており、コアであるシリコンナノ結晶粒子を炭化水素基（内殻）で覆うことで、発光量子収率を増強させました。また、両親媒性分子で外殻を形成することで水溶性を付与しています。コアの結晶サイズに依存して、発光波長は近赤外域において変調することができました。シリコンに特異な電子構造に基づく蛍光寿命は0.3ミリ秒と長いため、自家蛍光の問題を解決できました。また内殻の存在が無輻射失活のチャンネルを不活性化するため、発光量子収率は全ての近赤外波長帯で30%以上と高い値でした。さらに、対称性の高いスペクトル特性は、近赤外波長域における多色蛍光イメージングの実現を示唆しました。

本研究で開発したダブルシェル型ナノ粒子は、血清アルブミン（主要血液タンパク質）が存在する生理学的条件において長期間、コロイド安定性と発光特性を維持しました。図2に示す2光子蛍光イメージング像から、マウス胎児から分離したNIH3T3細胞が蛍光マーキングされることが確認されました。粒子は細胞基質には取り込まれますが、核には侵入していないことが分かります。2光子励起条件下における高効率発光と水溶性を併せ持つ生体に無毒なシリコン系ナノ粒子の開発は、近い将来にバイオイメージングやセラノスティクスの発展に大きく貢献すると期待されています。

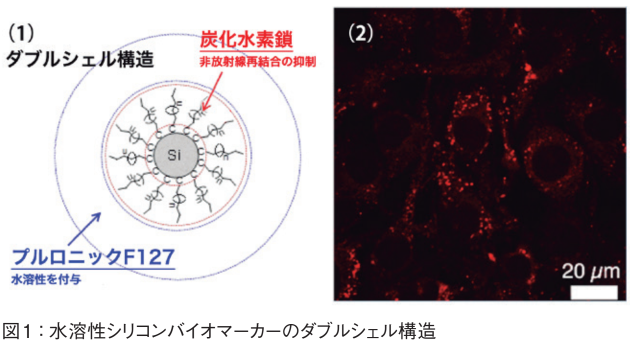
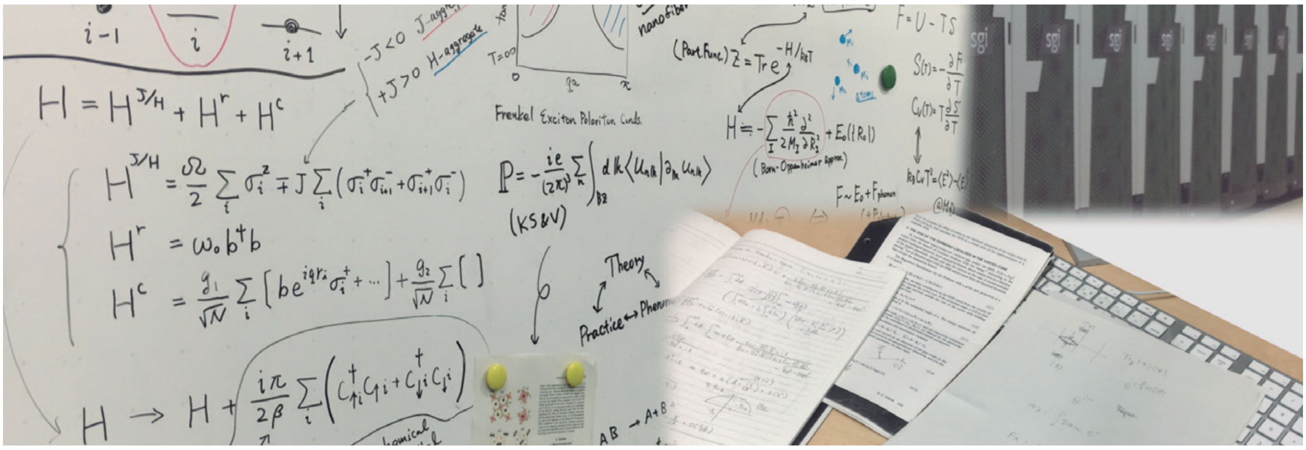


図1：水溶性シリコンバイオマーカーのダブルシェル構造
図2：共焦点蛍光顕微鏡で観察したNIH3T3細胞の蛍光顕微鏡写真

05 *Research Field :* Nano-Theory

ナノズペース領域の現象を理解し、
新しい現象の予測、新しいナノ構造材料の創出を目指す



大規模第一原理計算と実験の融合によるナノスケールデバイス設計

現代のエレクトロニクス産業は、半導体の超微細構造を制御し応用することによって発展してきました。デバイスのサイズが小さくなるにつれて、半導体ナノ構造の表面および界面構造を原子レベルで理解することがますます重要となっています。

密度汎関数理論（DFT）に基づく第一原理計算は、実験結果に依存せずに物質の原子配置や電子構造に関する信頼性の高い情報を得ることができる強力なツールです。しかし、DFT計算のコストは高く、さらに原子数Nの3乗に比例して急激に増えるため、数千個を超える原子を含む系に対して通常のDFT計算を実行するのはほとんど不可能です。このため、DFT計算で実際のナノスケールデバイスをモデリングすることは非常に困難でした。

この問題を克服するため、MANAはUniversity College Londonと共同で、線形スケーリングDFT計算コードの一つであるCONQUESTを開発しました。CONQUESTを用いると、計算コストはNに比例するにとどまるため、100万個を超える原子を含む超大規模系に対しても、構造緩和や分子動力学など、ロバストで高精度な電子状態計算を行うことができます。

さらにMANAは、CONQUESTを利用して、次世代縦型トランジスタの有力材料の一つであるGe/Siコアシェルナノワイヤについて、理論と実験を融合した研究を行いました。実験的には、コアの半径とシェルの厚さを制御した高い結晶性を持つナノワイヤを形成することが可能となっています。コアシェルナノワイヤの特性は、ナノワイヤのサイズ、SiとGeとの界面構造、不純物分布、その他の構造因子に強く影響されると予想されます。そこで理論側からは、CONQUESTを用いてナノワイヤのひずみ分布とフェルミ準位近傍の電子構造を計算することに成功しました。実験側では、界面制御されたGe/Siコアシェルナノワイヤの形成を実現し、コアシェルナノワイヤ内部に正孔ガスが蓄積されていることを確かめることに成功しました。

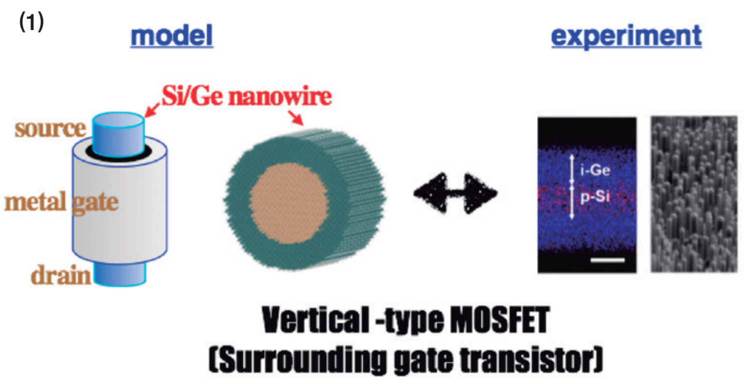


図1：透過型電子顕微鏡測定と走査型電子顕微鏡測定による、Si/Ge コアシェルナノワイヤの原子モデル、およびトランジスタ内にナノワイヤがどのように採用されているかを示す模式図

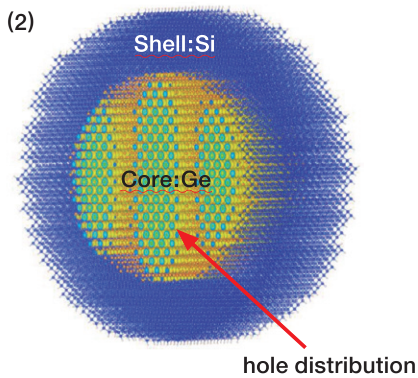


図2：Ge/Si コアシェルナノワイヤにおける正孔キャリアの分布例

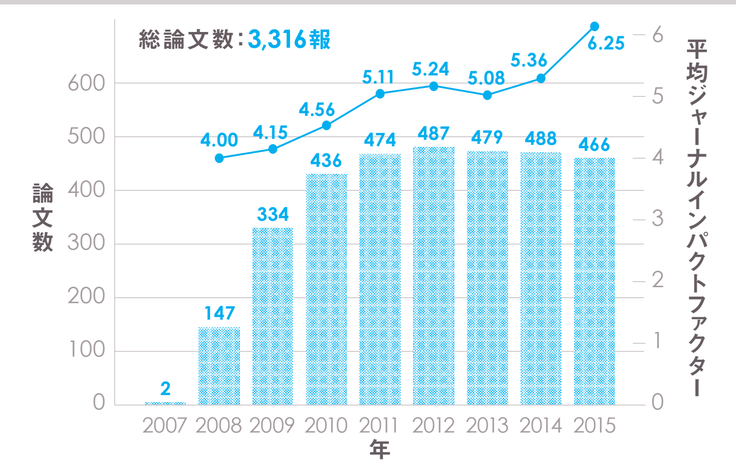
Facts & Figures

数字で見るMANAの研究成果

2007年のMANA創設以来、革新的なナノ材料研究を行うMANAが取り組んできた様々な活動記録を紹介します。

論文数

2015年、MANAに在籍する研究者が発表した論文数は466報でした。それらの論文が掲載された学術雑誌の平均インパクトファクター※は2015年において6.25であり、MANAの研究成果の質の高さが顕れています。



MANA論文（Oct 2007 – Dec 2015）

※インパクトファクター：掲載論文の引用頻度から学術雑誌の影響度を数値化した指標

TOP1%論文

Highly Cited Researchers

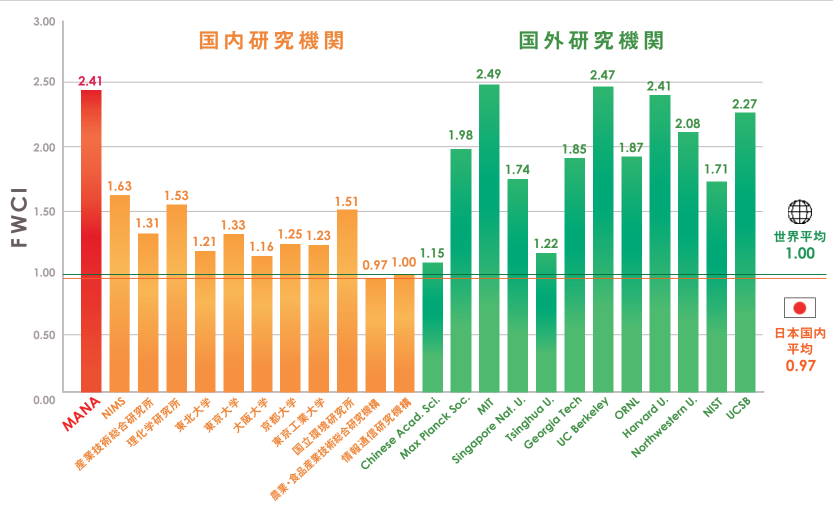
2015年までにMANAから発表された全論文3,316報のうち、118報がトムソン・ロイター社のデータベースを基に定義される高被引用論文（TOP1%論文）となっています。2014年、2015年には有賀克彦、板東義雄、デミトリ・ゴルバーグ、ゾン・リン・ワン、オマール・ヤギの5名が、2016年には、有賀克彦、板東義雄、デミトリ・ゴルバーグ、山内悠輔、葉金花、ゾン・リン・ワンの6名が高被引用論文著者である「Highly Cited Researchers」に選出されました。

特許数

ナノ材料という可能性に満ちた研究分野を扱うMANAの特許取得数は、2015年に581件に達しています。これは基礎研究から応用研究までをカバーするMANAの新材料・新技術開発への積極的な取り組みを反映しています。

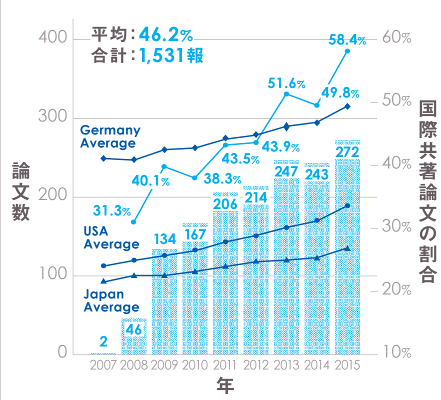
FWCI（Field Weighted Citation Impact）

FWCIとは論文のインパクトを数値化するためにエルゼビア社が提案している指標で、1文献あたりの被引用数を、同じ出版年・同じ分野・同じ文献タイプの文献の世界平均で割ったものです。MANAのFWCIは2.42と非常に高く、世界の名だたる研究機関と肩を並べています。



国際共著論文

MANAから発表される国際共著論文は年々増加傾向にあります。2013年以降、論文総数の半分以上が国際共著論文となっており、2015年における国際共著論文の割合は58.4%に達しました。



MANA国際共著論文（Oct 2007 – Dec 2015）

連係大学院

NIMSと協定を締結した大学院において、独立した専攻あるいは既設専攻に所属する教員として博士課程の学生を指導するプログラムです。現在までに筑波大学・北海道大学・早稲田大学・九州大学の4大学と協定を結んでおり、MANAでは現在までに115名の学生を受け入れています。

- 筑波大学大学院　数理物質科学研究科
  物質・材料工学専攻（開設：2004年4月）
- 北海道大学大学院　総合化学院総合化学専攻
  機能物質化学講座（開設：2008年5月、改組：2010年4月）
- 北海道大学大学院　生命科学院生命科学専攻
  フロンティア生命材料科学分野（開設2008年9月）
- 北海道大学大学院　理学院物性物理学専攻
  先端機能物質物理学分野（開設：2009年5月）
- 早稲田大学理工学術院　先進理工学研究科
  ナノ理工学専攻（開設：2008年12月）
- 九州大学大学院工学府　物質創造工学専攻 /
  材料物性工学専攻　先端ナノ材料工学講座（開設：2009年4月）

連携大学院・国際連携大学院

NIMSの研究者が連携協定締結大学院の客員教員に就任し、NIMSの各研究所内で最先端の研究を通して、大学院生を学位取得まで指導するものです。国内33大学院、国外19大学院と協定を結んでおり、現在までにMANAでは国内外から107名の学生を受け入れています。

連携大学院

- 筑波大学 大学院研究科
- 東京理科大学
  理学研究科・理工学研究科・基礎工学研究科
- 千葉工業大学
- 東京工業大学 理工学研究科・総合理工学研究科
- 九州大学 総合理工学府
- 青山学院大学 理工学研究科
- 早稲田大学 理工学術院
- 金沢工業大学 工学研究科
- 岡山大学 自然科学研究科
- 芝浦工業大学 工学研究科
- 北海道大学 情報科学研究科・工学研究院
- 横浜国立大学 工学研究院・工学府
- 鹿児島大学 理工学研究科
- 同志社大学 工学研究科
- 東北大学 理学研究科・多元物質科学研究所
- 横浜市立大学
- 東京電機大学
- 豊橋技術科学大学
- 北見工業大学
- 大阪府立大学 工学研究科
- 長岡技術科学大学
- 金沢大学
- 東京農工大学 工学府
- 名古屋工業大学 工学研究科
- 埼玉工業大学 工学研究科
- 立命館大学 理工学研究科
- 東邦大学 理学研究科
- 山梨大学
- 明治大学 理工学研究科
- 埼玉大学 理工学研究科
- お茶の水女子大学
- 千葉大学 工学研究科
- 中央大学 理工学研究科

国際連携大学院

- Flinders University (Australia)
- Xian Jiaotong University (China)
- Charles University (Czech Republic)
- University of Pardubice
  (Czech Republic)
- Budapest University
- Technology Economics (Hungary)
- Anna University (India)
- Jawaharlal Nehru Center (India)
- Yonsei University (Korea)
- Universiti Teknologi Malaysia
  (Malaysia)
- Warsaw University of Technology
  (Poland)
- Moscow State University (Russia)
- National Taiwan University (Taiwan)

MoUs

MANAは国内外の大学·研究機関とMoU（Memo-randum of Understanding）を結んでいます。共同研究や人材循環を通じた交流を通じて、MANAを中心とした国際的なナノテクノロジー・ネットワークが形成されつつあります。

2008

- Kent State University, Department of Chemistry, USA (2008年1月10日 – 2013年1月10日)
- Rensselaer Polytechnic Institute, Chemistry and Biological Engineering, USA (2008年2月28日 – 2013年2月28日)
- University of California, Los Angeles (UCLA), USA (2008年3月24日 – 2013年3月24日)
- Georgia Institute of Technology (GIT), Center for Nanostructure Characterization, USA (2008年3月6日 – 2013年3月6日)
- CNRS, Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (CEMES), France (2008年3月30日 – 2013年3月30日)
- University of Cambridge, Nanoscience Centre, UK (2008年6月20日 – 2013年6月20日)
- Indian Institute of Chemical Technology (IICT), India (2008年7月3日 – 2013年7月3日)
- University of Basel, Institute of Physics, National Center of Competence for Nanoscale Science, Switzerland (2008年7月20日 - 2013年7月20日)
- Yonsei University, Seoul, Korea (2008年9月1日 – 2013年9月1日)
- Indian Institute of Science, Education and Research, India (2008年12月19日 – 2013年12月19日)

2009

- University of Karlsruhe, Institute for Inorganic Chemistry, Supramolecular Chemistry Group, Germany (2009年1月29日 – 2014年1月29日)
- Fudan University, Department of Chemistry, New Energy and Materials Laboratory (NEML), China (2009年3月16日 – 2014年3月16日)
- Indian Institute of Technology Madras, National Centre for Catalysis Research (NCCR), India (2009年4月5日 – 2014年4月5日)
- University of Cologne, Institute of Inorganic Chemistry, Inorganic and Materials Chemistry, Germany (2009年5月28日 – 2014年5月28日)
- École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Institute of Microengineering, Switzerland (2009年7月20日 – 2014年7月20日)
- University of Rome Tor Vergata, Center for Nanoscience & Nanotechnology & Innovative Instrumentation (NAST), Italy (2009年7月30日 – 2014年7月30日)
- University of Heidelberg, Kirchhoff Institute of Physics, Germany (2009年8月31日 – 2014年8月31日)
- Loughborough University, UK (2009年10月28日 – 2014年10月28日)

2010

- Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), USA (2010年2月9日 – 2015年2月9日)
- University of Valenciennes, France (2010年5月20日 – 2015年5月20日)
- Friedrich-Alexander University, Erlangen-Nürnberg, Germany (2010年6月21日 – 2015年6月21日)
- Fudan University, Department of Materials Science, China (2010年7月23日 – 2015年7月23日)
- EWHA Womans University Seoul, Department of Chemistry and Nanoscience, Korea (2010年8月27日 – 2015年8月27日)
- Karlsruhe Institute of Technology, Germany (2010年9月16日 – 2015年9月16日)
- Univesité de la Méditerranée, Marseille, France (2010年9月20日 – 2015年9月20日)
- Anhui Key Laboratory of Nanomaterials and Nanostructures, China (2010年10月6日 – 2015年10月6日)
- Multidisciplinary Center for Development of Ceramic Materials, Brazil (2010年10月26日 – 2015年10月26日)

2011

- Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vietnam (2011年1月24日 – 2016年1月24日)
- King Saud University, Saudi Arabia (2011年1月25日 – 2016年1月25日)
- LMPG, Grenoble, France (2011年2月1日 – 2016年2月1日)
- Université de Montréal (UdeM), Canada (2011年7月4日 -)
- Flinders University, Australia (2011年7月19日 -)
- University of Melbourne, Australia (2011年9月21日 -)
- Shanghai Institute of Ceramics, China (2011年12月1日 -)

2012

- Tsinghua University, China (2012年1月28日 -)
- Hanoi University of Science and Technology (HUST), Vietnam (2012年2月7日 -)
- University of Sao Paolo, Brazil (2012年4月25日 -)
- University College London (UCL), UK (2012年10月8日 -)

2013

- Kyungpook National University, Korea (2013年1月18日 – 2014年9月27日)
- Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille (CINaM-CNRS), France (2013年5月2日 -)
- National Center for Nanoscience and Technology (NCNST), Beijing, China (2013年6月24日 -)
- Huazhong University of Science and Technology (HUST), China (2013年7月29日 -)
- Georgia Institute of Technology (GIT), Center for Nanostructure Characterization, USA (Renewal) (2013年11月25日 -)
- CNRS, Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (CEMES), France (Renewal) (2013年12月10日 -)

2014

- St. Petersburg State Electrotechnical University (LETI), Russia (2014年2月28日 -)
- University of Bristol, Bristol Centre for Nanoscience and Quantum Information (NSQI), UK (2014年5月7日 -)
- University of California Los Angeles (UCLA), The California NanoSystems Institute (CNSI), USA (Renewal) (2014年9月8日 -)
- Donostia International Physics Center (DIPC), San Sebastian, Spain (2014年9月9日 -)
- Kyungpook National University, Korea (Replacement of MOU signed on 2013 Jan 18) (2014年9月27日 -)
- University of Eastern Finland, Finland (2014年12月31日 -)

2015

- Indian Institute of Science (IISc), Bangalore, India (2015年1月13日 -)
- University of Toronto, Canada (2015年1月21日 -)
- Chongqing University of Science & Technology (CQUST), China (2015年5月15日 -)
- Paul Drude Institute for Solid State Electronics (PDI), Germany (2015年5月29日 -)
- National Cheng Kung University (CKU), Taiwan (2015年5月20日 -)
- University of Washington (UW), USA (2015年9月15日 -)
- University of Science and Technology of Hanoi (USTH), Vietnam (2015年9月24日 -)
- University of Wollongong (UOW), Australia (2015年9月29日 -)

2016

- University of Chemistry and Technology (UCT), Czech Republic (2016年1月18日 -)
- University of Sydney, Australia (2016年2月16日 -)
- University of Messina, Department of Chemical, Biological, Pharmaceutical and Environmental Science, Italy (2016年6月30日 -)
- MacDiarmid Institute for Advanced Materials and Nanotechnology, New Zealand (2016年8月18日 -)
- Vidyasirimedhi Institute of Science & Technology (VISTEC), Thailand (2016年9月15日 -)
- Korea Institute of Science and Technology (KIST), Korea (2016年9月21日 -)
- Saigon High Tech Park (SHTP Labs), Vietnam (2016年10月17日 -)
- Queensland University of Technology (QUT), Australia (2016年11月25日 -)

受賞者一覧

2008受賞

- 02.07 Alexei Belik 独立研究者,Pavuluri Srinivasu ICYS-MANA研究員 "Encouragement of Research in Materials Science Award"(日本MRS)
- 05.07 Ajayan Vinu 独立研究者 "the Asian Excellent Young researcher Lectureship Award"(日本化学会)
- 06.01 板東 義雄 最高運営責任者 "The American Ceramic Society Fellow"(The American Ceramic Society)
- 07.09 北村 健二 主任研究者 "井上春成賞"(科学技術振興機構)
- 07.16 佐々木 高義 主任研究者, 長田 実MANA研究者 "つくば賞"(茨城県科学技術振興財団)
- 09.18 魚崎 浩平 主任研究者 "ISE Fellow"(International Society of Electrochemistry)
- 09.25 樋口 昌芳 独立研究者"高分子学会日立化成賞"(高分子学会)

2009受賞

- 03.28 Ajayan Vinu 独立研究者 "進歩賞"(日本化学会)
- 04.14 長田 実 MANA研究者 "若手科学者賞"(文部科学省)
- 05.08 宝野 和博 主任研究者 "本多フロンティア賞"(本多記念会)
- 05.19 James K. Gimzewski サテライト主任研究者 "Fellow of the Royal Society"(The Royal Society)
- 09.25 中西 淳 独立研究者 "奨励賞"(日本分析化学会)
- 09.29 川上 亘作 MANA研究者 "奨励賞"(日本熱測定学会)
- 10.05 魚崎 浩平 主任研究者 "Fellow of the Electrochemical Society"(The Electrochemical Society)
- 10.26 大橋 直樹 主任研究者 "Richard M. Fulrath Award"(The American Ceramics Society)
- 12.02 Ajayan Vinu 独立研究者 "ICSB Award of Excellence"(Indian Scociety of Chemists and Biologists)

2010受賞

- 02.04 山内 悠輔 独立研究者 "井上研究奨励賞"(井上科学振興財団)
- 03.03 樋口 昌芳 独立研究者 "丸文学術賞"(丸文財団)
- 03.21 河野昌仙 MANA研究者 "若手奨励賞"(日本物理学会)
- 03.27 魚崎 浩平 主任研究者 "日本化学会賞"(日本化学会)
- 04.01 山内 悠輔 独立研究者 "日本セラミックス協会賞"(日本セラミックス協会)
- 04.13 若林 克法 独立研究者 "文部科学大臣表彰 若手科学者賞"(文部科学省)
- 05.25 辻本 吉廣 ICYS-MANA研究員 "研究進歩賞"(粉体粉末冶金協会)
- 11.11 Ajayan Vinu 独立研究者 "Friedrich Wilhelm Bessel Research Award 2010"(Alexander von Humboldt Foundation)
- 11.11 Ajayan Vinu 独立研究者 "Catalysis Society of India Award"(Catalysis Society of India)
- 12.21 青野 正和 拠点長 "Feynman Prize in Nanotechnology"(Foresight Institute)

2011受賞

- 01.17 有賀 克彦 主任研究者 "ナイスステップな研究者"(科学技術・学術政策研究所)
- 02.06 有賀 克彦 主任研究者 "ISCB Award for Excellence"(Indian Society of Chemists and Biologists)
- 02.18 樋口 昌芳 独立研究者 "Gottfried Wagener Prize"(German Innovation Award)

2012受賞

- 01.23 Françoise M. Winnik サテライト主任研究者 "Macromolecular Science and Engineering Award"(Chemical Institute of Canada)
- 02.08 佐々木 高義 主任研究者 "学術賞"(日本化学会)
- 02.14 板東 義雄 最高運営責任者, Dmitri Golberg 主任研究者 "Thomson Reuters Research Front Award"(Thomson Reuters)
- 04.14 冨中 悟史 独立研究者 "船井研究奨励賞"(船井情報科学振興財団)
- 07.25 山内 悠輔 独立研究者 "つくば奨励賞"(茨城県科学技術振興財団)
- 10.09 Zhong Lin Wang サテライト主任研究者 "Edward Orton, Jr. Memorial Lecture"(The American Ceramic Society)
- 12.17 塚越 一仁 主任研究者 "日本学術振興会賞"(日本学術振興会)

2013受賞

- 04.02 山内 悠輔 独立研究者 "PCCP Prize"(Royal Society of Chemistry)
- 04.05 有賀 克彦 主任研究者 "Fellow of the Royal Society of Chemistry"(Royal Society of Chemistry)
- 04.16 佐々木 高義 主任研究者 "文部科学大臣表彰 科学技術賞"(文部科学省)
- 04.16 Alexei A. Belik 独立研究者 "文部科学大臣表彰 若手科学者賞"(文部科学省)
- 04.16 山内 悠輔 独立研究者 "文部科学大臣表彰 若手科学者賞"(文部科学省)
- 05.29 Françoise M. Winnik サテライト主任研究者 "国際賞"(高分子学会)
- 09.03 吉川 元起 独立研究者 "つくば奨励賞"(茨城県科学技術振興財団)
- 11.07 青野 正和 拠点長 "Nanoscience Prize"(ACSIN-12)
- 12.20 山内 悠輔 独立研究者 "進歩賞"(日本化学会)

2014受賞

- 03.27 鴻池 貴子 独立研究者 "若手奨励賞"(日本物理学会)
- 04.11 Lok Kumar Shrestha MANA研究者, Jonathan Hill MANA研究者 "「美」パネル展 優秀賞"(科学技術振興機構)
- 05.12 Dmitri Golberg 主任研究者 "日本顕微鏡学会学会賞(瀬藤賞)"(日本顕微鏡学会)
- 05.26 魚崎 浩平 主任研究者 "学会賞"(日本表面科学会)
- 06.18 有賀 克彦 主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 06.18 板東 義雄 最高運営責任者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 06.18 Dmitri Golberg 主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 06.18 Zhong Lin Wang サテライト主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 06.18 Omar Yaghi サテライト主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 09.17 塚越 一仁 主任研究者, 小松 克伊 ポスドク研究員 "優秀論文賞"(応用物理学会)

2015受賞

- 01.28 吉川 元起 独立研究者 "nano tech大賞プロジェクト賞"(nano tech 2015)
- 01.30 Guoping Chen 主任研究者 "Fellow of the Royal Society of Chemistry"(Royal Society of Chemistry)
- 03.09 石井 智MANA研究者 "コニカミノルタ画像科学奨励賞"(コニカミノルタ科学技術振興財団)
- 03.18 川喜多 仁 MANA研究者 "功績賞"(日本金属学会)
- 03.31 荏原 充宏 MANA研究者 "シルバー賞"(田中貴金属記念財団)
- 06.30 館山 佳尚 グループリーダー "Gottfried Wagener Prize"(German Innovation Award)
- 07.04 石井 智MANA研究者 "安藤博記念学術奨励賞"(安藤研究所)
- 07.30 有賀 克彦 主任研究者 "貢献賞"(錯体化学会)
- 10.14 有賀 克彦 主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 10.14 板東 義雄 最高運営責任者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 10.14 Dmitri Golberg 主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 10.14 Zhong Lin Wang サテライト主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 10.14 Omar Yaghi サテライト主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 11.09 Françoise M. Winnik サテライト主任研究者 "Urgel Archambault Prize"(Association francophone pour le savoir)
- 11.10 長崎 幸夫 サテライト主任研究者 "永井賞"(日本DDS学会)
- 11.11 荏原 充宏 MANA研究者 "科学奨励賞"(日本バイオマテリアル学会)

2016受賞

- 01.04 Christian Joachim サテライト主任研究者 "Europe's Rising Stars"(French Ministry of Higher Education and Research)
- 02.19 森 孝雄 グループリーダー "プロジェクト賞(グルーンナノテクノロジー部門)"(nano tech 2016)
- 02.19 魚崎 浩平 主任研究者 "日本化学会フェロー"(日本化学会)
- 08.24 有賀 克彦 主任研究者 "Honorary Member of Materials Research Society of India"(Materials Research Society of India)
- 09.01 三成 剛生 独立研究者, Liu Xu-Yingポスドク研究員 "KIDS 金賞"(韓国情報ディスプレイ学会)
- 09.12 Françoise M. Winnik サテライト主任研究者 "Fellow of the Royal Society of Canada"(Royal Society of Canada)
- 09.29 板東 義雄 最高運営責任者 "Fellow of the Royal Society of Chemistry"(Royal Society of Chemistry)
- 09.29 Jinhua Ye 主任研究者 "Fellow of the Royal Society of Chemistry"(Royal Society of Chemistry)
- 10.28 石井 智 MANA研究者"研究開発奨励賞"(エヌエフ基金)
- 11.28 有賀 克彦 主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 11.28 板東 義雄 最高運営責任者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 11.28 Dmitri Golberg 主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 11.28 山内 悠輔 主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 11.28 Jinhua Ye 主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 11.28 Zhong Lin Wang サテライト主任研究者 "Highly cited researchers"(Thomson Reuters)
- 12.08 山内 悠輔 主任研究者 "ナイスステップな研究者"(科学技術・学術政策研究所)

カンファレンス ＆ シンポジウム

2008

- 02.22 — The 1st MANA Seminar entitled "Nanotechnology, a Key to Sustainability" was given by Dr. Heinrich Rohrer (Nobel Laureate in Physics 1986 and MANA Advisor)
- 03.10-13 — The 1st MANA International Symposium
- 07.28-08.01 — The 5th NIMS-IRC-UCLA Nanotechnology Summer School

2009

- 02.25-27 — The 2nd MANA International Symposium
- 06.15-17 — The 8th Japan-France Workshop on Nanomaterials
- 07.03 — The 1st MANA-NSC Joint Workshop on Fusion of Nanotechnology and Bioscience at University of Cambridge, UK
- 07.27-31 — The 6th MANA-NSC-CNSI Nanotechnology Students' Summer School at UCLA, USA
- 09.20-22 — XJTU-NIMS/MANA Workshop on Materials Science 2009 at Xi'an Jiaotong University, China
- 10.10-12 — Tsukuba-Shinchu Bilateral Symposium on "Advanced Materials Science and Technology" at National Tsing Hua University, Taiwan
- 10.13 — MANA-URTV Joint Workshop on Nanostructured Materials for Sustainable evelopment at University Rome Tor Vergata, Italy
- 10.13-14 — The 1st MANA-CEMES Joint Workshop on Fusion of Theory and Experiment at the MANA Satellite in CNRS Toulouse, France
- 11.10 — Nanjing University-Anhui Normal University-Hokkaido University-MANA Joint symposium at Nanjing University, China
- 12.10 — The Osaka University-MANA/NIMS Joint Symposium on "Advanced Structural and Functional Materials Design" at Osaka University

2010

- 01.14 — The 1st NIMS/MANA-Waseda University Joint Symposium on "Advanced Materials Designed at Nano- and Meso-scales toward Practical Chemical Wisdom" at Waseda University
- 03.03-05 — The 3rd MANA International Symposium
- 03.24-26 — The Workshop on "Materials Nanoarchitectonics for Sustainable Development" as a part of the "Invitation Program for Advanced Research Institutions in Japan" sponsored by the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), in Gora, Hakone, Japan
- 06.14-15 — The joint IBM and NIMS/MANA symposium on "Characterization and manipulation at the atomic scale"
- 08.27 — The 1st NIMS-EWHA workshop on "Advanced Functional Materials" (NEWAM-10)
- 10.28 — The 1st MANA Science Café "Melting Pot Club" on "What is nanotechnology?"
- 11.24-26 — The 9th Japan-French International Workshop on nanomaterials in Toulouse, France
- 12.01 — The 2nd NIMS/MANA-Waseda University Joint Symposium

2011

- 01.19 — The satellite workshop "Dirac Electron Systems 2011" of the workshop "Graphene Workshop in Tsukuba 2011"
- 01.27-28 — The 1st MANA Grand Challenge Meeting in Miura Peninsula, Kanagawa
- 02.28 — The workshop on "Advanced Functional Nanomaterials" in Chennai, India
- 03.02-04 — The 4th MANA International Symposium
- 03.05 — Prof. Heinrich Rohrer's Science Class 2011
- 09.05-08 — The 7th Japan-UK-USA Nanotechnology Students' Summer School at the MANA Satellite at University of Cambridge, UK
- 09.17 — Prof. Kroto's Science Class 2011
- 10.07 — The Osaka University-MANA/NIMS Joint Symposium on "Advanced Structural and Functional Materials Design" at Osaka University
- 10.31 — The NIMS/MANA-Flinders University Joint Symposium on "Nanoscience and Nanotechnology"
- 11.01 — The 3rd NIMS/MANA-Waseda University Joint Symposium at Waseda University
- 12.17-18 — MANA exhibited a booth at "Science Festa in Kyoto 2011"

2012

- 02.16-20 — MANA participated in the WPI Joint Exhibition at the 2012 AAAS Annual Meeting in Vancouver, Canada
- 02.29-03.02 — The 5th MANA International Symposium
- 04.26-27 — The 2nd MANA Grand Challenge Meeting in Nasu, Tochigi
- 05.10 — The Australia/MANA joint workshop on "Nanoarchitectonics for Innovative Materials & Systems"
- 07.19 — The 1st UdeM-MANA Workshop on "Nano-Life" in Montreal, Canada

2012

- 08.27-31 — The 8th MANA-Cambridge/UCL-UCLA Nanotechnology Summer School
- 10.01 — The PCCP-MANA Symposium on "Nanotechnology, Materials and Physical Chemistry"
- 10.03 — The MANA 5th Anniversary Memorial Symposium
- 11.07 — The NSQI-MANA Joint Symposium
- 11.12-13 — The 3rd MANA Grand Challenge Meeting (for young researchers) at Miura Peninsula, Kanagawa
- 11.24 — The 2nd WPI Joint Symposium: Inspiring Insights into Pioneering Scientific Research

2013

- 01.29-30 — The 2nd Canada-Japan Nanotechnology Workshop at Tokyo Big Sight.
- 02.14-18 — MANA participated in the WPI Joint Exhibition at the 2013 AAAS Annual Meeting in Boston, USA
- 02.27-03.01 — The 6th MANA International Symposium
- 03.11 — The 4th NIMS/MANA-Waseda University International Joint Symposium
- 03.18 — The Osaka University-NIMS/MANA Joint Symposium on "Advanced Structural and Functional Materials Design"
- 03.19 — The International Symposium MASA 2013 on "Material Architectonics for Sustainable Action"
- 06.28-29 — The International Workshop on "Thermoelectric Research & Thermal Management Technology"
- 08.06-08 — MANA participated in the "Summer Science Camp" for high school students
- 08.19-20 — 6th MANA Site Visit by the WPI Program Committee
- 10.09-11 — The Swiss-Japanese Nanoscience Workshop on "Materials Phenomena at Small Scale"
- 11.09-10 — MANA represented by MANA's Smart Biomaterials Group participated in the event "Science Agora 2013" at Odaiba, Tokyo

2014

- 01.29-31 — The first edition of the TNT Japan (Trends in Nanotechnology) conference at Tokyo Big Sight with a "MANA Day" on January 30
- 03.03-04 — The MANA/ICYS Reunion Workshop
- 03.05-07 — The 7th MANA International Symposium
- 03.11-12 — The Japan-Taiwan Joint Workshop on "Nanospace Materials" at Fukuoka Institute of Technology
- 03.24 — The 5th NIMS/MANA-Waseda University Joint Symposium
- 03.24-25 — The International Symposium on Smart Biomaterials
- 04.01-02 — The International Workshop Topology in the New Frontiers of Materials Science
- 06.22-26 — The 12th International Workshop on Beam Injection Assessment of Microstructures in Semiconductors (BIAMS 12)
- 07.18 — The International Symposium on Material Architectonics for Sustainable Action (MASA 2014)
- 11.26-28 — The 2nd International Symposium on the Functionality of Organized Nanostructures (FON'14) at the National Museum of Emerging Science and Innovation in Odaiba, Tokyo

2015

- 02.25-26 — The 4th MANA Grand Challenge Meeting in Nasu, Tochigi
- 03.11-13 — The 8th MANA International Symposium
- 06.29-07.03 — The 9th Nanotechnology Summer School with students from Japan, Canada, US, Australia, and France
- 07.29 — The 6th NIMS/MANA-Waseda University Joint Symposium at Waseda University
- 07.29-30 — The International Symposium on Nanoarchitectonics for Mechanobiology
- 10.15-16 — The MANA-RSC Symposium: Materials for Energy Generation and Storage
- 10.16 — 8th Follow-up Meeting by the WPI Follow-Up Committee
- 11.27-28 — The 5th MANA Grand Challenge Meeting (together with the Institute for Solid State Physics (ISSP) of the University of Tokyo) in Nasu, Tochigi

2016

- 01.08, 15 — The 6th MANA Grand Challenge Meeting with Tokyo University of Science
- 03.09-11 — The 9th MANA International Symposium
- 07.27-28 — The 2nd International Symposium on Nanoarchitectonics for Mechanobiology
- 12.17-18 — The 2nd Japan-Taiwan Joint Workshop on Nanospace Materials

MANA メンバー

（氏名　最終役職　MANA在籍期間）

青野 正和	拠点長 / 主任研究者(PI)	2007-
板東 義雄	最高運営責任者/主任研究者(PI)	2007-
藤田 高弘	事務部門長	2007-2014
佐々木 高義	副拠点長 / 主任研究者(PI)	2015-
中山 知信	事務部門長 / グループリーダー	2015-

ナノマテリアル分野　NANO-Materials Field

ソフト化学グループ

佐々木 高義	副拠点長/主任研究者(PI)	2007-
Renzhi Ma	准主任研究者	2008-
海老名 保男	主幹研究員	2008-
坂井 伸之	主任研究員	2013-

機能性ナノシートグループ

長田 実	主任研究者(PI)	2007-
相澤 俊	主席研究員	2016-
谷口 貴章	主任研究員	2015-

メソスケール物質化学グループ

山内 悠輔	主任研究者(PI)	2007-
Joel Henzie	主任研究員	2012-
井出 裕介	主任研究員	2012-
冨中 悟史	主任研究員	2010-

ナノチューブグループ

Dmitri Golberg	主任研究者(PI)	2007-
三留 正則	主席研究員	2007-
左右田 龍太郎	主席研究員	2008-
川本 直幸	主任研究員	2009-

超分子グループ

有賀 克彦	主任研究者(PI)	2007-
Jonathan P. Hill	主席研究員	2007-
中西 和嘉	主任研究員	2013-
Lok Kumar Shrestha	主任研究員	2010-

フロンティア分子グループ

中西 尚志	グループリーダー	2014-
田代 健太郎	主幹研究員	2008-
石原 伸輔	主任研究員	2012-

半導体デバイス材料グループ

知京 豊裕	主任研究者(PI)	2007/2011-
関口 隆史	上席研究員	2011-
川喜多 仁	主席研究員	2009-
吉武 道子	主席研究員	2011-
柳生 進二郎	主幹研究員	2011-
山下 良之	主幹研究員	2011-
Jun Chen	主任研究員	2008-
長田 貴弘	主任研究員	2011-

ナノシステム分野　NANO-System Field

ナノ機能集積グループ

中山 知信	事務部門長/グループリーダー	2008-
荒川 秀雄	主幹研究員	2009-
川井 茂樹	主幹研究員	2016-
新ヶ谷 義隆	主任研究員	2008-

超薄膜エレクトロニクスグループ

塚越 一仁	主任研究者(PI)	2008-
加藤 誠一	主任研究員	2016-

ナノシステム物性理論グループ

古月 暁	主任研究者(PI)	2007-
苅宿 俊風	研究員	2016-
川上 拓人	NIMS特別研究員	2013-

ナノフロンティア超電導材料グループ

高野 義彦	主任研究者(PI)	2016-
竹屋 浩幸	主席研究員	2016-

ナノイオニクスデバイスグループ

寺部 一弥	主任研究者(PI)	2008-
大川 祐司	主席研究員	2008-
櫻井 亮	主幹研究員	2007-
鶴岡 徹	主幹研究員	2007-

ナノシステム分野　NANO-System Field

ナノイオニクスデバイスグループ

土屋 敬志	主任研究員	2016-
Song-Ju Kim	NIMS特別研究員	2013-

表面量子相物質グループ

内橋 隆	グループリーダー	2008-
長岡 克己	主任研究員	2008-
山口 尚秀	主任研究員	2016-

量子デバイスグループ

若山 裕	グループリーダー	2011-
中払 周	主幹研究員	2013-
早川 竜馬	主任研究員	2010-
森山 悟史	主任研究員	2007-

ナノパワー分野　NANO-Power Field

光触媒材料グループ

葉 金花	主任研究者(PI)	2007-
押切 光丈	主幹研究員	2016-
加古 哲也	主任研究員	2016-

ナノ光制御グループ

長尾 忠昭	グループリーダー	2007-
石井 智	研究員	2014-

熱エネルギー変換材料グループ

森 孝雄	主任研究者(PI)	2008-
道上 勇一	主席研究員	2016-
辻井 直人	主幹研究員	2016-
大久保 勇男	主任研究員	2012-
佐藤 宗英	主任研究員	2009-2010/2016-
Daiming Tang	研究員	2012-
Rudder Wu	研究員	2015-

半導体ナノ構造物質グループ

深田 直樹	グループリーダー	2007-
Wipakorn Jevasuwan	研究員	2014-

併任研究者

魚崎 浩平	主任研究者(PI)	2008-
（エネルギー・環境材料研究拠点 拠点長）		
高田 和典	主任研究者(PI)	2008-
（エネルギー・環境材料研究拠点 副拠点長）		
館山 佳尚	主任研究者(PI)	2007-
（エネルギー・環境材料研究拠点 界面計算科学グループ グループリーダー）		

ナノライフ分野　NANO-Life Field

生体組織再生材料グループ

陳 国平	主任研究者(PI)	2008-
川添 直輝	主幹研究員	2008-

医療応用ソフトマターグループ

川上 亘作	グループリーダー	2008-
片岡 知歩	主任研究員	2008-
白井 暢子	主幹エンジニア	2008-

ナノメカニカルセンサグループ

吉川 元起	グループリーダー	2009-
柴 弘太	研究員	2014-

メカノバイオロジーグループ

中西 淳	グループリーダー	2007-
荏原 充宏	准主任研究者	2010-
吉川 千晶	主任研究員	2007-

上席研究員

小林 尚俊	上席研究員	2011-

ナノセオリー分野　NANO-Theory Field

材料特性理論グループ

佐々木 泰造	主任研究者(PI)	2016-
大野 隆央	特命研究員	2007/2016-
新井 正男	主席研究員	2016-
速水 渉	主幹研究員	2016-
小林 一昭	主幹研究員	2016-
河野 昌仙	主幹研究員	2007-

ナノセオリー分野　NANO-Theory Field

材料特性理論グループ

西野 正理	主幹研究員	2016-
野々村 禎彦	主幹研究員	2016-
Igor V Solovyev	主幹研究員	2016-
末原 茂	主幹研究員	2016-
田中 秋広	主幹研究員	2007-2008/2016-
井上 純一	主任研究員	2016-
清水 順也	主幹エンジニア	2009-

量子物性シミュレーショングループ

宮崎 剛	主任研究者(PI)	2016-
中田 彩子	主任研究員	2016-
奈良 純	主任研究員	2016-
田村 亮	研究員	2016-

サテライト主任研究者

Zhong Lin Wang	主任研究者(PI)	2007-
James K. Gimzewski	主任研究者(PI)	2007-
Christian Joachim	主任研究者(PI)	2007-
長崎 幸夫	主任研究者(PI)	2007-
Francoise M. Winnik	主任研究者(PI)	2011-
David Bowler	主任研究者(PI)	2013-

独立研究者

荒船 竜一	独立研究者	2010-
鴻池 貴子	独立研究者	2014-
Jan Labuta	独立研究者	2016-
三成 剛生	独立研究者	2009-
Liwen Sang	独立研究者	2012-
白幡 直人	独立研究者	2007/2011-
梅澤 直人	独立研究者	2016-

ICYS-MANA研究員

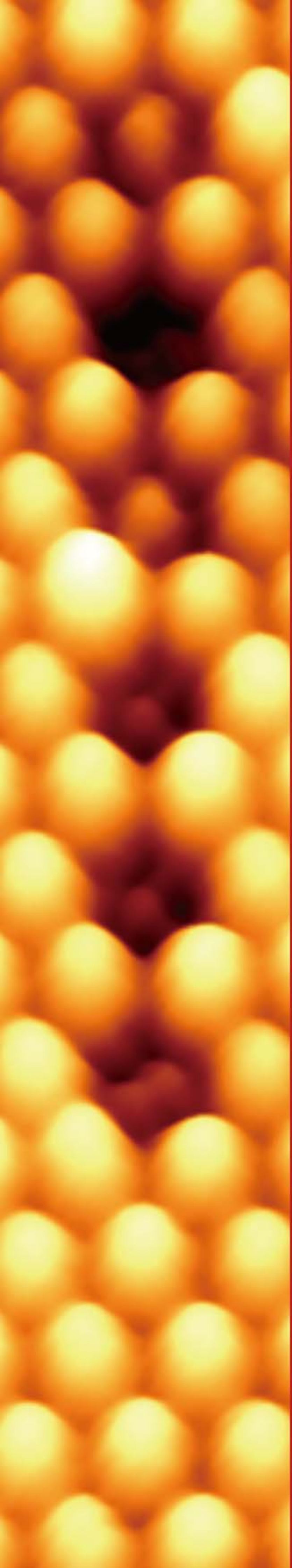
Ovidiu Cretu	ICYS-MANA研究員	2016-
Alexandre J-Y. Fiori	ICYS-MANA研究員	2015-
今村 岳	ICYS-MANA研究員	2016-
Thanh Cuong Nguyen	ICYS-MANA研究員	2015-
Curtis James O'kelly	ICYS-MANA研究員	2016-
Gaulthier Rydzek	ICYS-MANA研究員	2014-
宇都 甲一郎	ICYS-MANA研究員	2016-
Xuebin Wang	ICYS-MANA研究員	2014-
吉澤 俊介	ICYS-MANA研究員	2015-

MANAファウンドリ

生田目 俊秀	統括マネージャー	2009-
大井 暁彦	主任エンジニア	2009-
池田 直樹	主任エンジニア	2016-

過去メンバー（氏名　最終役職　MANA在籍期間）

室町 英治	主任研究者(PI)	2007-2010
目 義雄	主任研究者(PI)	2007-2011
藤田 高弘	事務部門長	2007-2014
北村 健二	主任研究者(PI)	2007-2011
宝野 和博	主任研究者(PI)	2007-2011
大橋 直樹	主任研究者(PI)	2007-2011
藤田 大介	主任研究者(PI)	2007-2011
長谷川 剛	主任研究者(PI)	2007-2015
Omar Yaghi	主任研究者(PI)	2007-2016
門脇 和男	主任研究者(PI)	2007-2013
高柳 英明	主任研究者(PI)	2007-2015
Mark Welland	主任研究者(PI)	2007-2012
Enrico Traversa	主任研究者(PI)	2009-2012
韓 礼元	主任研究者(PI)	2008-2011
宮原 裕二	主任研究者(PI)	2008-2010
Christoph Gerber	主任研究者(PI)	2008
冨重 圭一	主任研究者(PI)	2008-2010
青柳 隆夫	主任研究者(PI)	2010-2015
小出 康夫	基幹研究者	2007
花方 信孝	グループリーダー	2007/2011-2016
木吉 司	基幹研究者	2007
清水 禎	基幹研究者	2007
三石 和貴	基幹研究者	2007
吉川 英樹	基幹研究者	2007
北澤 英明	基幹研究者	2007
谷口 尚	基幹研究者	2007
Chengchun Tang	MANA研究者	2007-2010
櫻井 裕也	MANA研究者	2007
廣田 憲之	MANA研究者	2007
坂口 勲	MANA研究者	2007
安達 裕	MANA研究者	2007
窪田 陽一	MANA研究者	2007
鷺坂 恵介	MANA研究者	2007
小澤 忠司	MANA研究者	2008-2015
大西 剛	MANA研究者	2008-2016
Chunyi Zhi	MANA研究者	2008-2012
久保 理	MANA研究者	2008-2012
Emiliana Fabbri	MANA研究者	2008-2012
Ashraful Islam	MANA研究者	2008-2011
田口 哲志	MANA研究者	2008-2016
Martin Pumera	MANA研究者	2008-2009
菊池 正紀	グループリーダー	2008-2016
末次 寧	MANA研究者	2008-2016
山本 玲子	グループリーダー	2008-2016
丸山 典夫	MANA研究者	2008-2013
廣本 祥子	MANA研究者	2008-2016
谷口 彰良	グループリーダー	2008-2016
山﨑 智彦	MANA研究者	2008-2016
奥田 順子	MANA研究者	2008-2010
野口 秀典	MANA研究者	2009-2016
柳田 真利	MANA研究者	2009-2011
長沼 環	MANA研究者	2010-2016
Forte Giancarlo	MANA研究者	2010-2013
Ji Qingmin	MANA研究者	2011-2015
後藤 真宏	MANA研究者	2011-2016
中根 茂行	MANA研究者	2011-2016
貝塚 芳久	MANA研究者	2011-2016
木野 日織	MANA研究者	2012-2016
濱田 幾太郎	MANA研究者	2013-2016
Piotr Kujawa	MANA研究者	2013-2014
坂牛 健	MANA研究者	2015-2016
樋口 昌芳	独立研究者	2007-2011
津田 俊輔	独立研究者	2007-2011
Alexei A. Belik	独立研究者	2007-2016
Ajayan Vinu	独立研究者	2007-2011
Lionel Vayssier	独立研究者	2008-2012
Daniele Pergolesi	独立研究者	2008-2012
若林 克法	独立研究者	2009-2015
渡邉 恵理子	独立研究者	2009-2010
Cesar Pay Gomez	ICYS-MANA研究員	2008-2009
Xiaosheng Fang	ICYS-MANA研究員	2008-2011
Liu Canhua	ICYS-MANA研究員	2008-2010
Lee Michael Vernon	ICYS-MANA研究員	2008-2010
Ujjal Gautam	ICYS-MANA研究員	2008-2011
井村 将隆	ICYS-MANA研究員	2008-2011
柴田 竜雄	ICYS-MANA研究員	2008-2011
白井 康裕	ICYS-MANA研究員	2008-2010
Pavuluri Srinivasu	ICYS-MANA研究員	2008-2011
Robert Scipioni	ICYS-MANA研究員	2008
Richard Charvet	ICYS-MANA研究員	2008
Somobrata Acharya	ICYS-MANA研究員	2008
Samuel Ordnez Sanchez	ICYS-MANA研究員	2008-2010
Jesse Williams	ICYS-MANA研究員	2009-2011
Yuanjian Zhang	ICYS-MANA研究員	2009-2012
Fatin Hajjaj	ICYS-MANA研究員	2010-2013
Jung-Sub Wi	ICYS-MANA研究員	2010-2012
辻本 吉廣	ICYS-MANA研究員	2010-2012
Tianyou Zhai	ICYS-MANA研究員	2010-2013
植木 久憲	ICYS-MANA研究員	2010-2011
Christopher Patrick Royall	ICYS-MANA研究員	2011
渡辺 賢	ICYS-MANA研究員	2011-2013
Xianlong Wei	ICYS-MANA研究員	2011-2012
Hicham Hamoudi	ICYS-MANA研究員	2012-2015
Songlin Li	ICYS-MANA研究員	2011-2014
Ming Hu	ICYS-MANA研究員	2012-2013
Sudipta Dutta	ICYS-MANA研究員	2013-2015
小土橋 洋平	ICYS-MANA研究員	2013-2016
Fengxia Geng	ICYS-MANA研究員	2013-2014
Xi Wang	ICYS-MANA研究員	2013-2016
Huynh Thien Ngo	ICYS-MANA研究員	2013-2016
Hamish Hei-man Yeung	ICYS-MANA研究員	2014-2016
Karolin Jiptner	ICYS-MANA研究員	2015



World Premier International
Research Center Initiative

International Center for
Materials Nanoarchitetonics

National Institute for
Materials Science

国際ナノアーキテクトニクス研究拠点
**International Center for
Materials Nanoarchitectonics (MANA)**

305-0044 茨城県つくば市並木 1-1
Phone 029-860-4709
Fax 029-860-4706
E-mail mana@nims.go.jp

http://www.nims.go.jp/mana/