

世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI) 自己点検評価報告書 (中間評価用)

| | | | |
|--------|-------------------|---------|-------|
| ホスト機関名 | 独立行政法人物質・材料研究機構 | ホスト機関長名 | 潮田 資勝 |
| 拠 点 名 | 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 | 拠 点 長 名 | 青野 正和 |

報告書概要 (2 ページ)

1. 拠点規模

2011年3月末現在、MANAの構成員は232名で、そのうち197名が研究者である。外国籍研究者は113名で57%を占めており、WPIプログラムの最終目標である30%以上をはるかに超えている。女性研究者は38名で19%を占めており、2007年度末の13名、11%と比して、飛躍的に伸びている。

主任研究者(PI)は28名である(NIMS20名、サテライト8名)。PI28名の分野別の内訳は、ナノマテリアル9、ナノシステム11、ナノグリーン6、ナノバイオ2である。

MANAは、国内では筑波大学、東京理科大学、海外ではカリフォルニア大学ロサンゼルス校、ジョージア工科大学、ケンブリッジ大学、フランス国立科学研究センター・材料解析構造研究所の6機関にサテライトを置いている。これらのサテライトはMANAの各分野の研究の一翼を担いつつ、MANAに所属する若手研究者の育成の場となっている。

2. 研究水準

2011年3月1日現在、トムソンロイター社のESIデータベースの材料科学分野の直近の5年間の研究機関別被引用数で、NIMSは世界5位にランクされた。NIMSのサイテーションの約5割がMANAに所属する研究者が書いた論文によるものであり、MANAに所属する研究者数の比率(18%)からするとMANAの寄与は大である。

2010年度は顕著な研究成果が実を結び始め、新聞の報道数は約3倍に急増した。特筆すべき研究成果を以下に列挙する。

- 人工光合成に繋がる光触媒材料
- 100万分の1の消費電力で作動する新トランジスタ
- 世界最高性能の薄膜コンデンサ素子

- 小型固体電解質型燃料電池に適した高性能電解質材料

MANAは第一級の装置群を集めたMANAファウンドリを有しているほか、MANAの研究者はNIMSが数多く保有する世界最先端、高性能の研究設備を利用できる。またMANAはNIMS最新のビルに居を構えており、2012年には新研究棟も完成し分野融合の一層の推進が期待される。

3. 異分野融合

若手研究者による融合研究の促進をねらい、融合研究促進助成制度を導入した。この中のテーマから最先端・次世代研究開発支援プログラムや科研費若手Aにも採択されるなど、大きな成果をあげている。

2011年3月までに199回開催されたMANAセミナーは、MANA内外の研究者がホットな研究トピックスを提供し、MANAの分野の異なる研究者と議論しあう場である。毎回まさにメルティングポットの活況を呈しており、分野融合の推進に一役買っている。

異分野の研究者を集めて合宿形式のグランドチャレンジミーティングを行っている。異分野融合を推進し若手研究者の挑戦意欲をかきたてるのに大変有益である。

4. 国際化

外国籍研究者が過半数を占めるほか、MANAを訪問する国内外の研究者は数多く、世界中から研究者が集まる国際的な拠点となっている。またこれまでに29の海外の研究機関とMOUを締結し、共同研究の実施や人材の交流を進めている。MANAがハブとなって世界のナノテク拠点を繋ぐネットワークの構築が進んでいる。

ICYSはNIMSのパーマネント研究者の登竜門として完全に定着

している。定期的に行っている国際公募には、世界中から多数の応募がある。

MANA事務部門は、国籍・年齢に関わらず、すべての研究者に対して分け隔てなく技術的・事務的業務を支援しており、「研究者が研究に専念できる環境を提供する」というWPI事務部門のミッションがほぼ実現している。

5. システム改革

拠点長、最高運営責任者、事務部門長の三役が、拠点運営について随時協議し即断即決する体制が整っている。

MANAがNIMS本体のシステム改革の一部（国際化、人材育成）を推進することがその第3期中期計画に明確に位置付けられた。ホスト機関のNIMSは、MANAにおける英語公用語化の取組みをNIMS全体に波及させるため、2010年度より若手の定年制事務職員全員を対象に英語能力向上プログラムを開始している。

6. 大学との連携

MANAは大学ではない研究機関に属しているため、大学との連携を強化している。2011年3月までに国内外の大学と合計18回のワークショップを開催している。

またNIMSは筑波大学、北海道大学、早稲田大学と連係大学院を開設している。教職のポジションにいるMANAの研究者は20名で、31名の博士課程後期の学生がこれらの研究者の指導のもとに研究に勤んでいる。また、国際連携大学院の協定を結んでいる海外の8大学から25名の学生を受け入れた。インターンシップの学生も89名受け入れ、うち80名が外国籍であった。

7. 若手育成

3D制度は、複数のメンターによる研究指導で自立性の強化、複数の研究テーマを持つことによる学際性の強化、複数の所属による独立心の強化によって、若手研究者の育成に極めて有用である。MANAの若手研究者の多くが、NIMSグループリーダーへの昇任、NIMSパーマネント職の獲得、内外の研究機関へのキャリアアップなどを果たした。

8. 研究資金の確保

過去3年半の間に、拠点に参画する研究者が獲得した研究資金の合計は、78.2億円である。

毎年、MANAの研究者は大型の競争的資金を獲得し続けて、外部資金獲得額は順調に増えており、2010年度の外部資金獲得総額は、2008年度と比べて1.63倍に増加している。

9. アクションプラン

✓ MANAで実行されているサイエンスの独自性の明確化

研究者や一般市民を読者対象として、ナノアーキテクトゥクスについて解説した科学読み物を出版する。原著論文誌にMANAの主要な研究者によるMANA特集号を出版し、ナノアーキテクトゥクスの概念の独自性を広めるとともにMANAの認知度を上げる。

✓ 新しい材料科学を創成するための壮大な挑戦の必要性

「壮大な挑戦」を可能にするため、合宿形式の「MANAグランドチャレンジミーティング」を開始して異分野融合を推進し若手研究者の挑戦意欲をかきたてる風土作りをしている。また独創的だがリスクな研究を助成する「MANAグランドチャレンジ研究助成制度」を2011年度より実施し、制度面で後押しをしている。

✓ ナノバイオ分野の強化

2010年9月付けで青柳隆夫博士を新たにナノバイオの分野コーディネータ兼主任研究者に任命し、研究内容と研究体制を見直した。

研究目標を、材料自体が持続的に生体組織の治癒効果を促す「マテリアルセラピー」を可能にする生体材料の創出に変更した。研究実施体制としては、2011年4月付けで陳国平博士とモンリオール大学のWinnik教授を新たなPIに任命してPIを4名とした。

1. 拠点構想の概要

【応募時】

国際的に開かれた環境の下に世界の優れた研究者、特に将来を担う若手研究者を結集し、新しい材料技術体系であるナノアーキテクニクスに基づいて、持続可能な発展に資する新しい物質・材料を開発し提供する。

ナノアーキテクニクスは、ナノ構造すなわち原子や分子の集団としてのナノスケールの構造ユニットを意図した配置に配列させるための技術体系である。材料に対する過酷な要求に答え、革新的な機能や性能を実現するために極めて有力な手法である。拠点ではこれを持続可能な発展に資する新しい物質・材料に開発のために最大限に活用する。すなわち、拠点の研究上の達成目標は、ナノアーキテクニクスに基づいた新しい材料開発パラダイムによる『21世紀の持続可能な社会の実現にとって必要な新技術を可能ならしめる革新的材料の開発』である。

研究達成目標を実現するために、NIMS及び内外の研究機関から優れた能力と実績をもつ22人の主任研究者を選定し、プロジェクトを開始する。プロジェクト期間中に他の外部機関研究者の参画を求め、最終的には、アジアの研究機関からの招聘も念頭に置き、27名程度まで主任研究者を増やす予定である。拠点ではこれらの主任研究者の下に優秀な若手研究者を結集し、テクニカルスタッフを含めて総勢200名程度の陣容を実現する。

拠点においては、優秀な多国籍の若手研究者を集め、メルティングポットの研究環境を構築する。メルティングポット環境に触発された若手研究者の自由な発想を最大限に尊重することで、研究の活性化と材料基礎基盤分野におけるイノベーションを目指す。またこのメルティングポット環境を若手研究者の育成のために活用し、NIMSの将来を担う若手テニユア研究員を育成する場とする。拠点においては異分野の融合と若手研究者の育成を徹底して推し進める。

【今後】

21世紀の持続可能な社会を実現するため、MANAは新しい材料・システムを創製し画期的なグリーンイノベーション、ライフイノベーションを生み出していく。

拠点の規模は、主任研究者は25名程度、拠点の総研究者数は200名程度を維持し、多国籍、異分野、老若男女の研究者がメルティングポット環境で切磋琢磨し、画期的な研究を創出するような拠点形成を目指す。

【現状】

「ナノアーキテクニクス」は、ナノスケールの世界を「分析的」に見るこれまでの視点から、ナノスケールの構造要素が互いに連携し、単独では見せなかった新機能を発現することに目を向けた「総合的」な視点へ目を転じ、それに必要なナノテクノロジーを再構築する、材料開発の新しいパラダイムである。

MANAは、ナノアーキテクニクスの実現を、5つのキーテクノロジーすなわち制御された自己組織化、化学的ナノ構造操作、外場を利用した材料制御、新しい原子・分子操作、理論的モデル化・設計、の再構築によって進めている。そして、このナノアーキテクニクスを駆使して、ナノマテリアル、ナノシステム、ナノグリーン、ナノバイオの4つの研究分野において革新的な新材料の開発に取り組んでいる。

この目標を達成するために、NIMS及び内外の研究機関から優れた能力と実績をもつ28名の主任研究者を選定し研究を進めている（NIMS20名、サテライト8名）。主任研究者28名の分野別の内訳は、ナノマテリアル9、ナノシステム11、ナノグリーン6、ナノバイオ2である。

拠点の総規模は、2011年3月末現在232名である。そのうち研究者は197名を占め、外国籍研究者は113名で57%となった。また女性研究者数は38名、19%であり、過去1年間で16名、率にして7%増加した。

若手研究者数は169名であり、世界22カ国から多数の若手研究者が一堂に会し、互いに切磋琢磨して能力向上を図る環境が実現している。これらの若手研究者の中から6名がグループリーダーに昇任し、ポスドク16名がNIMSのパーマナント研究職に採用されている。また他の研究機関でポジションを得た若手研究者も数多く、MANAにおいて次世代を担う優秀な若手研究者を育成するというねらいが実現している。

2. 拠点の研究活動

2-1. 応募時の計画

<研究分野>

21世紀は間違いなく、人類が初めて地球の大きさと限界を実感として認識する世紀である。人類の未来は、エネルギー、環境、資源・食料に関する深刻な制約の下で、持続可能な発展への道筋を見つけることができるかどうかにかかっている。人類共通のこの課題に対して、わが国が貢献し得る最も有力な分野は材料である。材料はすべての科学技術を基盤として支える土台であり、かつ、わが国が最も優位性を発揮できる分野である。実際、自動車、電機、エレクトロニクスなどの基幹産業におけるわが国の成功はその多くを材料に依っている。21世紀のわが国の産業、社会が材料に依存し続けることはほとんど自明であり、また、「持続可能な発展」が材料のイノベーションなくして成立しないことも明らかである。正に材料という分野は人類の生命線である。拠点では、21世紀が求める材料の開発に向けて、ナノアーキテクトニクスと名付ける新しい材料技術体系によって材料研究におけるパラダイムシフトを達成する。ナノアーキテクトニクスは、ナノ構造すなわち原子や分子の集団としてのナノスケールの構造ユニットを意図した配置に配列させるための技術体系であり、ナノテクノロジーがナノサイエンスの域を脱して実用にまで発展するために不可欠の技術分野である。また、ナノアーキテクトニクスは材料、物理、化学などに幅広く関係する典型的な学際分野でもある。

<研究達成目標>

研究の達成目標を『21世紀の持続可能な社会の実現にとって必要な新技術を可能ならしめる革新的材料の開発』に置く。そして次の3つをより具体的な目標とする。

- 1) 環境、エネルギー、資源に関わる革新的材料の開発
例：超伝導材料(薄膜超伝導ダイヤモンド)
電池関連材料(全固体2次電池材料)
触媒関連材料(可視光活性光触媒)
- 2) 情報通信技術を革新するナノエレクトロニクスのための革新的材料の開発
例：量子情報デバイス(液相エピタキシャル量子ドット)
原子エレクトロニクス(原子スイッチ回路)
フォトニックデバイス(疑似位相整合素子)
- 3) 診断、治療、再生に革新をもたらす新技術を可能にする革新的材料の開発
例：DNAチップ(ナノピラーアレイチップ)
バイオマテリアル(高生体親和性再生材料)

ナノアーキテクトニクスにおいて用いられる技術は4つに大別できる。すなわち、「原子・分子操作新技術」「外場誘起材料制御」「化学的ナノ構造操作」「制御された自己組織化」である(図1を参照)。また、理論、計算機実験からのアプローチも研究の効率的推進のために極めて重要である。

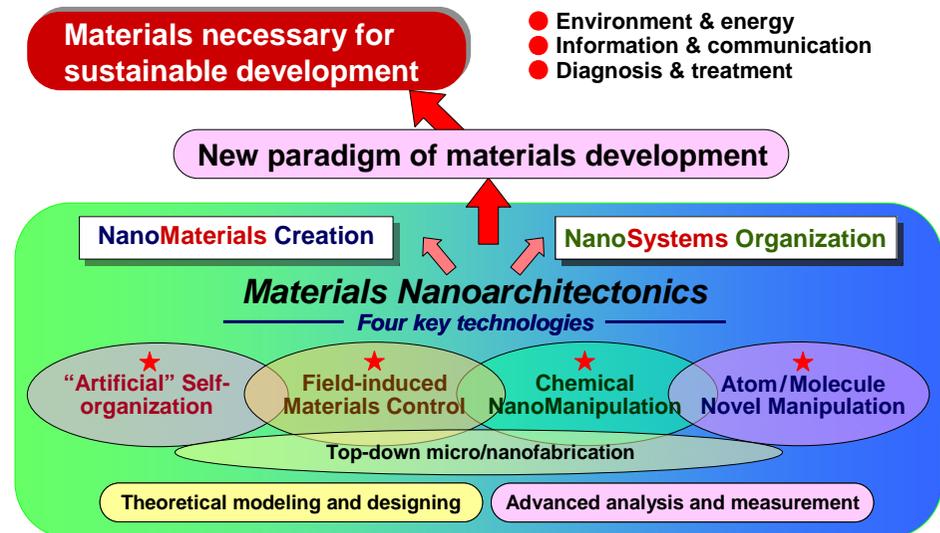


図1 ナノアーキテクトニクスによる材料開発の新パラダイム

2-2. これまでの拠点の研究成果

2-2-1. 拠点における研究活動とその成果（8ページ以内）

MANAは2007年に発足以来、マテリアル・ナノアーキテククスという新しい技術体系に基づいて、既存のナノテクノロジーを革新し、新材料開発における方法論のパラダイムシフトを起こし、将来の持続的な社会を実現するための新材料開発を推進している。マテリアル・ナノアーキテククスとは、ナノ構造ユニットの相互の連携機能を組織的に利用して革新的な機能を持つ新材料や新デバイスの実現を目指すものであり、5つのキーテクノロジーから構成されている。すなわち、1) 制御された自己組織化、2) 外場を利用した材料制御、3) 化学的ナノ構造操作、4) 新しい原子・分子操作、5) 理論的モデル化・設計、である。

MANAは2007年の発足時においては上述の5つのキーテクノロジー分野に基づいて研究組織の編成を行っていたが、その後2008年に4つの研究分野、すなわち、1) ナノマテリアル、2) ナノシステム、3) ナノグリーン、4) ナノバイオ、に組織の再編を行った（図2）。

2-2-2に記載された研究業績の年度別件数の推移からもわかるように、MANAの査読付き論文数や特許数などの研究業績は発足時から飛躍的に向上している。さらに、MANAの研究者が獲得した受賞件数も同様に飛躍的な拡大が見られる。特に、ファインマン賞、本多フロンティア賞、つくば賞などの価値ある賞がMANAの研究者に与えられたことは、MANAの成果が広く社会に認知されるようになってきたことを示すものである。また、プレス発表件数は発足時が30件であったのに対して、2010年度は89件と約3倍に増大するなど、MANAの研究活動の拡大が見てとれる。

以下に、4つの研究分野の研究成果を示す。

ナノマテリアル分野

本分野では新しい物性や機能の増強を期待して、無機から有機にわたる広範な物質系で新規ナノスケール物質を創製することを目標とした。気相ならびに液相プロセスに基づく様々な合成技術を駆使して、1次元物質としてのナノチューブ、ナノワイヤー、2次元のナノシート、3次元物質であるナノ粒子の合成を行い、これらの組成、構造を詳細に解析するとともに、電子的、磁氣的、光学的、機械的特性などを明らかにすることを目指した。特にTEMとSPMを結合させた先端的ナノ解析技術を適用して、ナノ物質単体の物性測定に注力した。またソフト化学的もしくはコロイド化学的プロセスにより得られたナノ物質を様々な組織化、さらには異種物質との複合化することによって新規ナノ構造材料の創製を目指した。これらの集積化、すなわちマテリアル・ナノアーキテククスの実現には、制御された自己組織化、化学的ナノ構造操作、外場を利用した材料制御、新しい原子・分子操作などの実験的手段と理論的モデル化・設計といった要素技術を活用した。このような取り組みにより、通常バルク材料では達成できない高度な機能性を発現させ、様々な応用を開拓することを目標とした。

1次元ナノスケール物質に関しては、様々な合成法の適用により、BN、ZnO、ZnS、CdS、In₂Se₃など多彩なナノチューブやナノワイヤーの合成に成功し、これらが有用な熱的、電子的、光学的特性を有することを明らかにした。そのなかで特に注目される成果として高純度BNナノチューブの大量合成を可能とするCVD法の開発が挙げられる。すなわちLi₂Oを反応系に加えることにより、小口径（4層～5層）ナノチューブの高速合成が可能となった。さらに、このようにして得られた高純度BNナノチューブを各種ポリマーと混ぜてマットとし、乾燥後、100～200℃でホットプレスするという簡便なプロセスにより、ポリマーマトリックス中に均一に分散できることを示した。この方法により30重量%という高いナノチューブ含量を達成した。得られたナノコンポジット

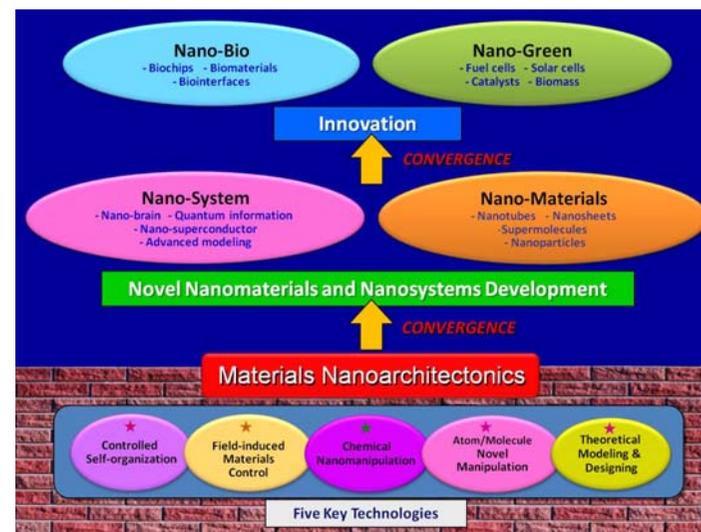


図2 MANAの4つの研究分野

材料は高い機械的特性に加えて、BNナノチューブの優れた熱的特性を反映して高い熱伝導率を示すことを明らかにした。これらの特性からこの材料は放熱基板としての応用が期待されており、実際その実用化を目指して民間企業との共同研究がスタートしている。

加速電圧300kV電子顕微鏡内のTEM-AFMホルダー（ナノファウンドリ装置）を活用してナノ物質単体の物性測定を行った。例えばCやBNナノチューブを導電性SiカンチレバーとW電極の間にはさみ、後者を100-300 nm移動させながらナノチューブに働く力を記録することにより、単層Cナノチューブと多層BNナノチューブの引張り強度をそれぞれ100 GPa、33 GPaと初めて決定した。また同様な測定により、BNナノチューブを変形させることにより、電気伝導性が增大するという興味深い現象も見出された。さらにCナノチューブがナノピペットとして働くことも明らかにした。すなわちCuIが詰まったCナノチューブとW電極間に電圧を印加することにより、 10^{-12} グラムに相当する極微量のCuIをナノチューブ内部から制御して取り出せることを示した。以上の特性や挙動は、TEMとSPMを組み合わせた先進的ナノ解析技術によっては初めて明らかにされたものである。

層状化合物の単層剥離というユニークなプロセスにより2次元ナノ物質であるナノシートの合成研究が行われた。Ti席の一部を磁性元素で置換した層状チタン酸化物に四級アンモニウムイオンをインターカレーションすることによって単層剥離した。得られたナノシート $Ti_{1-x}M_xO_2$ ($M = Co, Fe, Mn$)は強磁性ならびに磁気光学効果を示すことを見出した。また様々な層状ペロブスカイト化合物を合成し、剥離することにより、 $Eu_{0.56}Ta_2O_7$ and $Ca_2Nb_3O_{10}$ などの一連のナノシートを合成し、これらが光触媒性、蛍光特性、誘電特性など様々な有用な機能性を示すことを明らかにした。アニオン性のこれら酸化物ナノシートに加えて、反対電荷を持つ水酸化物ナノシートの合成に成功した。全て遷移金属からなる層状複水酸化物(LDH)を我々が独自に開発したトポタクティック合成法(2価遷移金属から構成されるブルサイト型層状結晶を予め合成し、これをソフト化学的に酸化してLDHに変換)に合成し、得られた六角板状結晶サンプルをホルムアミドなど有機溶媒により溶媒和させることにより、組成式 $M_{1-x}^{2+}M'_x^{3+}(OH)_2$ ($M = Co, Ni, Fe, Zn, M' = Co, Fe$)で示される厚さ0.8 nmの水酸化物ナノシートを合成した。これらのナノシートはレドックス性や磁気光学特性を示すことを明らかにした。さらに希土類元素の塩を均一沈殿させることにより、新しい層状水酸化物化合物群を発見した。これら層状水酸化物はアニオン交換性を示し、層間にドデシルスルホン基を導入するとホルムアミド中で単層剥離でき、 $Eu(OH)_2 \cdot 5xH_2O$ などの蛍光特性を持つ新規ナノシートが得られることを見出した。

このようにして得られた酸化物ならびに水酸化物ナノシートは液媒体中に単分散したコロイドとして得られるため、機能性ビルディングブロックとして有用であることを示した。すなわち静電的自己組織化法やラングミュア・プロジェクト法を適用することにより、各種基板上にナノシートをレイヤーバイレイヤー累積できることを実証した。最適化された条件のもとでは、ナノシートを基板表面で重なり、隙間を抑えて緻密に配列できること、このモノレイヤー累積を反復することで高秩序多層構造が構築可能であり、形成されるナノシート膜は様々な応用が可能であることを示した。例えば $Ca_2Nb_3O_{10}$ ならびに $Sr_2Nb_3O_{10}$ ナノシート膜は(図3)、非常に優れた誘電・絶縁性($\epsilon_r = 210-230, J_c < 10^{-7} A cm^{-2}$ at 1 V)を示すことを見いだした。これは $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ を含む現行材料と比較しても最高の性能であり、この成果を様々な用途につなげるべく、民間企業との共同研究を展開している。一方、 $LaNb_2O_7$ と $Ca_2Nb_3O_{10}$ という2種類のナノシートを交互に積層すると強誘電性が発現することを突き止めた。それぞれのナノシートは常誘電であるにも関わらず、ナノレベルで組み合わせると異種界面を形成することによって(ナノアーキテクトニクス)、強誘電性が得られるという興味深い振る舞いが明らかになった。

また機能有機分子を設計的に合成して、超分子の概念に基づいて組織化することにより、多様な有機ナノ構造システムを構築した。例えば、ウラシル(U)とチミン(T)という炭素一つしか構造上の違いのない二つの核酸塩基を認識するものとしてアームドシクロノナンという分子を新たに合成した。それを水面上に単分子膜として展開し、この単分子膜を圧縮しながら内在するアームドシクロノナン分子を適宜歪ませ、核酸塩基に対する最適認識構造をとるように人為的に調整した。この時に加える表面圧などの条件を精密にコントロールすることにより、水相中の核酸塩基TとUが単分子膜への認識吸着する挙動を最大64倍の差を持って制御することに成功した。このような分子認識はDNAとRNAによっても達成することができず、その意味でこの系は自然を上回る性能を有するという事もできる。また本手法は分子機械や機能膜を水面上に展開し、外部からのマニュアル操作により分子の動き、配置をナ

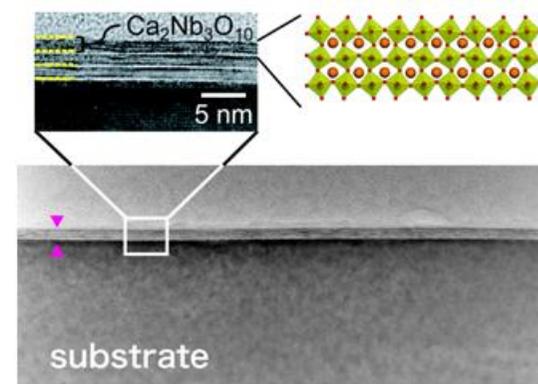


図3 $Ca_2Nb_3O_{10}$ ナノシート3層膜(断面TEM像)

ノメートルレベルで制御して、機能を変化させうることを示している。この核酸塩基識別法はDNAの遺伝配列の精密分析や、遺伝子疾患の検出などにも応用可能と期待される。

ナノシステム分野

この分野の研究目標は、ナノ構造が相互に連携して生み出す機能に注目し、それらの連携機能を組織的に利用するナノシステムをナノアーキテクニクスを駆使して開拓することである。これまで、次の3つの範疇の研究に焦点を合わせてきた。すなわち、1) 現状をはるかに超える高度な情報の処理と通信を可能にする革新的ナノデバイスの開発、2) そのために必要な新しいナノ計測法の開発、および 3) それらを支えかつ先導する理論研究である。

革新的なナノデバイスに関しては、今日のコンピューターを支えているシリコンCMOS デバイスの限界を超える新しいナノデバイスを開拓するために、固体電解質、超伝導体、グラフェン、有機物質などを用いた新しいナノデバイスの研究を進めた。さらに、今日のコンピューターのアルゴリズムとアーキテクチャーを越える、脳神経回路網に学んだ新しい情報処理ナノシステムの開拓に挑戦した。新しいナノ計測法に関しては、ナノアーキテクニクスにとって重要な、ナノシステム内部の信号伝達を解析しうるマルチ走査プローブ顕微鏡、ナノスケールでの磁性の解析を可能にする新しいスピン分極型走査トンネル顕微鏡、バイオナノシステム（細胞など）の任意の局所の単分子高感度分析を可能にする特殊走査プローブ法、超高感度の多分子並列検出法の開発を行なった。理論研究に関しては、超伝導体が中心的役割を果たす新しいナノデバイスの理論的研究、分子エレクトロニクスの実現にとって必要な分子配線の化学反応機構の理論的解明などを進めた。

上で述べた3つの範疇の研究に関して、具体的に以下の興味深い研究成果が得られた。我々が開発した原子スイッチに関して次の5つの著しい発展がみられた。1) 原子スイッチを、安定性と信頼性を向上させ、プログラム可能なICのスイッチング回路に集積して搭載することに成功し、すでに市場投入が可能な技術水準に達した。2) 原子スイッチは、これまで2端子スイッチとして開発されてきたが、3端子の原子スイッチ（原子トランジスター）の試作に成功し、原子スイッチの用途が拡大した。3) 原子スイッチは、脳神経網のシナプスに類似して、入力信号の短期記憶と長期記憶をおこなう学習機能をもつことが分かり、それを用いれば脳神経網型ネットワークを無機物質によって実現しうる道が開けた。4) 固体電解質ではなく柔らかい高分子電解質の薄膜を用いた原子スイッチの試作に成功し、フレキシブルな原子スイッチネットワークの実現が可能であることがわかった。5) 光導電性分子によって電極ギャップを満たした光応答型の原子スイッチの試作に成功し、人工網膜を無機物質によって実現する道が開けた。1)～5)の発展は、原子スイッチによってきわめて広範な用途のナノシステムが実現可能であることを示しており、明るい展望を描くことができる。

単分子レベルの機能をエレクトロニクスに利用する試みもなされた。 C_{60} 分子の薄膜において、走査プローブを用いることにより、任意の局所の C_{60} 分子を2量体化や3量体化できること、またそれらの多量体をもとの単量体に戻せることを発見し、この現象を利用して、200 テラビット/平方インチまでの超高密度メモリーが実現できることを示した。また、単一の機能分子を狙って、

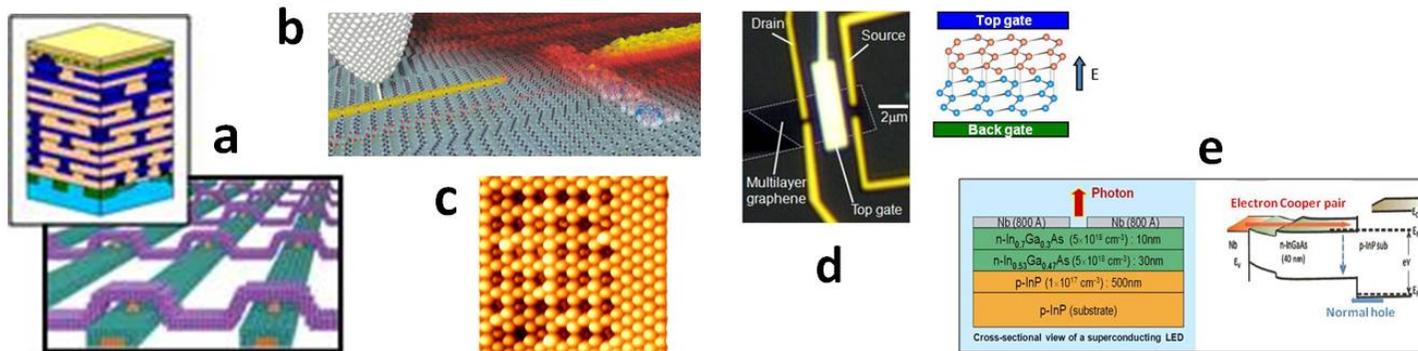


図4 原子スイッチの集積化(a)、分子ワイヤーの創製 (b)、 C_{60} を用いた単一分子レベルのデータ貯蔵素子(c)、グラフェンデバイス(d)、超伝導LED (e)。

連鎖重合反応によって導電性の直鎖高分子を配線し、かつ接点で化学的なハンダづけをすることが可能であることを示し、分子エレクトロニクスの実現に

見通しを開いた。

グラフェンや有機薄膜などパイ電子が主役を演じる物質を用いた新しい電子デバイスを開発した。グラフェンについては、2層のグラフェン膜にゲート電極によって強い電界を印加するとバンドギャップが開くことを見出し、そのギャップ幅を制御することによる新デバイスを実現した。また、超伝導を利用したいくつかの革新的なデバイスもまた開発した。超伝導量子干渉磁束計 (SQUID) と半導体量子ドットを組み合わせ、1個～数個のスピンさえ検出できる究極的に高感度のSQUIDを実現した。超伝導体中のクーパペア電子と常伝導体中の正孔との再結合を利用した、量子論的に絡み合った光子ペアを必要に応じて発生しうる超伝導発光素子を開発した。これらは、量子情報処理の目的への応用が期待できる。

上で述べた種類の研究は、新しいナノスケール計測技術の開発によって大いに加速されよう。我々は、ナノスケール構造の内部を原子分解能で構造観察しながら、任意のある点からある点への信号伝達 (電気伝導など) を自在に測定できる4探針走査プローブ顕微鏡、磁性プローブを用いることなくナノスケールの磁性の解析を可能にした新しいスピン分極走査トンネル顕微鏡、特異なプラズモン特性をもつ物質のナノロッドとラマン分光を併用した、バイオナノシステム (細胞など) の任意の局所 (50 nm程度) の単分子分析を可能にする新しい走査プローブ法、ピエゾ抵抗膜を用いた超高感度の超並列分子検出法、エネルギー可変の放射光X線の併用によって元素分析をも可能にした走査トンネル顕微鏡など、きわめて有用な新しいナノスケール計測法の開発をおこなった。理論研究については、具体的には、酸化物高温超伝導体に内在するジョセフソン接合によるテラヘルツ電磁波の発生、非局所的な電子ペアの量子論的な絡み合い、太陽電池の色素増感、分子ロジックゲートの理論的研究を行なった。

ナノグリーン分野

本分野において、効率的エネルギー/物質変換システムの構築という化学者/材料科学者にとっての最も重要で挑戦的な課題の解決を目指す。天然のシステムでは光吸収体、電子リレー、触媒 (酵素) といった種々の機能を持った有機物や生物分子が高度に配向して配列している結果、太陽エネルギーによって化学物質が高エネルギー物質や仕事、他の化合物に高い効率で変換される。一方、現在の技術ではエネルギー/物質の変換には無機物質が用いられ、効率と寿命のさらなる向上が求められている。

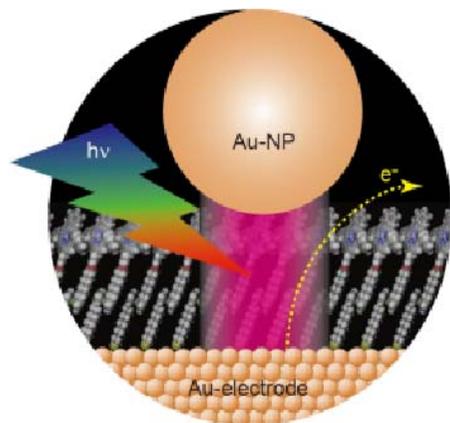


図5 自己組織化単分子層における光誘起電子移動の金ナノ粒子の吸着によるプラズモン増強のモデル図。

ナノグリーン分野の研究グループの主な研究の方向は金属、半導体および有機分子を『表面ナノアーキテクニクス』の概念にしたがって原子・分子分解能で配列させることによって高効率界面エネルギー変換システムを構築しようとするものである。具体的には以下の研究を進めてきた。(1) 合理的な設計に基づく原子、分子およびナノクラスターの高度配向、配列による光エネルギー変換界面の構築、(2) 固体酸化物のエピタキシャル成長による化学エネルギー変換界面の構築、(3) 自在に原子や分子を配列することによって高効率触媒を合成する基盤的手法の確立、および(4) 界面構造と界面電子移動過程の高空間・時間分解能での実験的・理論的解明。

すでに光エネルギーの電気および化学エネルギーへの変換に関していくつかの重要な成果を上げている。光 (太陽) エネルギーの変換において最も重要な課題は太陽光の幅広いスペクトルを有効に利用することである。このような観点で、近赤外光を吸収する色素増感太陽電池用の新規色素と可視光によって水を酸化可能な新規光触媒 (Ag_3PO_4) の開発に成功した。また、金表面に形成したポルフィリン-フェロセン結合分子の自己組織化単分子層上に近赤外領域の光学アンテナとして働く金ナノ粒子を配置することによって光誘起アップヒル電子移動の効率がプラズモン増強されることを実証した (図5)。

光エネルギーの化学エネルギーへの変換、つまり人工光合成は電気への変換に比べて、界面における高効率かつ選択的な反応が求められるためより困難である。当分野では二酸化炭素を還元可能なメソポーラス ZnGa_2O_4 の室温合成に成功している。また、Si表面に電子移動機能を持つ分子層と触媒活性を持った金属錯体を配列することによって光電気化学的水素発生/二酸化炭素還元を実現した。

太陽や風力といった自然エネルギーを用いる場合には、需要と供給の時間的、空間的ギャップが非常に大きく、効率的なエネルギーの貯蔵/輸送システムの開発が不可欠である。このような観点で二次電池と燃料電池が非常に重要である。二次電池は最も高度に発展したエネルギー貯蔵システムであるが、

効率や安全性といった多くの解決すべき問題が存在する。当分野では全固体Liイオン電池の開発に取り組んでいる。また、太陽エネルギーによって水素が製造される場合、水素を電気に変換する燃料電池が必要である。いずれの場合も、電池性能を向上させるためには高い伝導度をもった電解質と界面構造の制御が必要である。固体酸化燃料電池やLiイオン電池の固体電解質、Liイオン電池のカソードや集電体など高度に配向した金属酸化物薄膜の析出をパルスレーザー析出法 (Pulsed laser deposition: PLD) を用いて行った。例えば、中温領域で最高のイオン伝導性を示す高度に組織化したイットリウム添加ジルコン酸バリウムが合成し、マイクロ固体酸化燃料電池を構築した(図6)。また、高品質LiCoO₂カソード薄膜やエピタキシャル成長の基板として用いられる集電体であるSrRuO₃単結晶をPLDによって調製した。

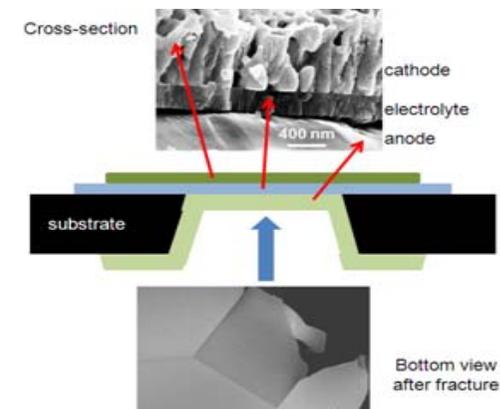


図6 マイクロ固体酸化燃料電池のモデルとSEM像。

原子や分子を自在に配列する一般的手法の確立は、特定の反応に対する高効率触媒を合理的な設計に基づき合成するために非常に重要である。このような観点から燃料電池用電極触媒を目標に、金属-有機分子配列の固体合成と多核金属錯体を原料とする原子レベルで混合された合金金属触媒調製の新しい手法を確立した。

高効率エネルギー変換システムを構築するためには固液界面の構造を高い空間・時間分解能でその場決定可能な手法が必要である。界面分子構造決定法として、和周波発生分光法と新規ギャップモードラマン分光法を開発した。また、フェムト秒可視光ポンプ-IRプローブ法によって界面電子移動ダイナミクスを追跡した。

ナノバイオ分野

本分野では、すぐれた機能を有するバイオマテリアルや検査診断などのデバイスの開発研究を強力に推進する。具体的には生体の持つ複雑な機能を理解し、ナノアーキテクチャの概念を導入した材料研究との融合により新材料・デバイスを開発する。

人体を構成する最小単位は「細胞」である。細胞の集団とそれを支える接着タンパク質などの生体マトリックスによって「組織」ができ、さらにそれらが秩序だって構成されて「臓器」となって機能を発揮する。すなわち、人体は極めて緻密なナノ構造を基盤に、それらの階層構造によって成り立っている。また、生体の機能に関してもその仕組みは大変緻密に設計されている。分子レベル、ナノレベルから材料の設計を行うナノテクノロジーをベースとした材料開発が大変有効である。しかしながらそれらの戦略において、たとえば力学的な性質を生体に似せようとしたとき、単一材料よりはむしろ異種材料を複合化させて初めて実現されるものも多い。優れた生体材料を開発するには、生体の仕組みを理解し多方面からのアプローチが必須である。

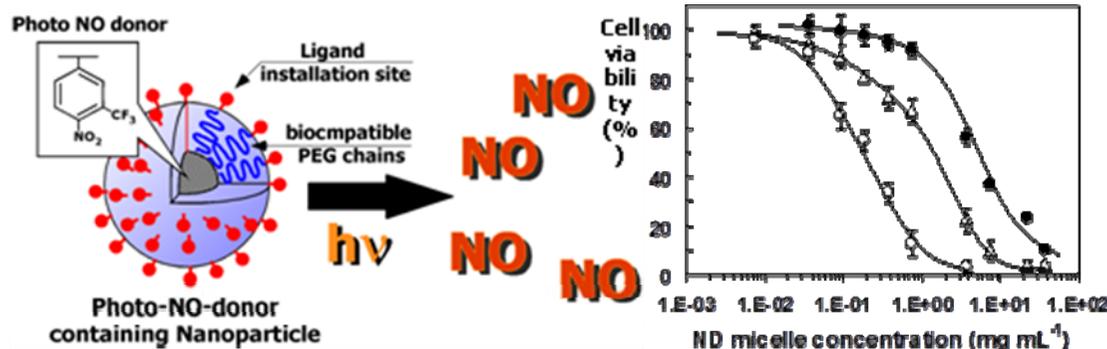


図7 新しいケモセラピーのためのNO光ドナーを有する高分子ミセルの概念図
右図はモデルガン細胞のHeLa細胞の生存率を表す。○および△はUV光を照射したとき、●はUV光の照射無し

最近の研究トピックスとしては、両親媒性ブロックコポリマーの自己集合、組織化によるコア-シェル型のナノ粒子を用いたナノメディスンに関する研究がある。NO(一酸化窒素)は生体内で様々な役割を果たしていることが既に明らかにされているが、過剰のNOの生成は抗ガン活性を発揮することが知られている。そこで、光照射によってNOを生成する新しい化学療法のためのナノ粒子のデザインを行った。4-ニトロ-3-フルオロメチルフェニル基を有するセグメントとポリエチレングリコール(PEG)セグメントからなるブロックコポリマーを合成した。このブロックコポリマーの自己集合によって得られる高分子ミセル(ナノ粒子)を用いて、光照射によるNOの放出実験をESRとGriess法によって確認した。この高分子ミセルは、EPR効果によってガン部位に送達され、腫瘍組織

への光照射によってNOを発生し、抗がん活性を示すが、HeLa細胞（ガン細胞モデル）を用いてin vitroでその効果を確認した。図7にNO-ミセルの濃度と細胞の生存率の関係を示した。光照射をしない場合は低毒性であり、IC50(50%致死量)は4.9mg/Lであった。これはシエル部のPEGの高い生体適合性のためである。UV光を照射した場合は、顕著な殺細胞活性を発現し、IC50は3分照射で1.9mg/L、10分照射で0.2mg/Lと高活性を示した。光照射のみでは、細胞に影響を与えないことから、光に反応して発生するNOとオキシラジカルが発生し、殺細胞活性を発揮したものである。

一方、再狭窄を効果的に抑制する薬物溶出ステントの研究においても大きな進展が得られた。一般のステントでは処置後の時間経過とともに再狭窄が発生する問題点があったが、再狭窄を効果的に予防するタミバロテンをアルカリ処理ゼラチンと架橋剤の反応性クエン酸からなるマトリックスから徐放させることにより解決した。これはタミバロテンが1-2週間にわたりゆっくり徐放し炎症を抑制し平滑な血管内皮形成が促進されるものである。ブタをもちいた動物実験の結果、血栓は観察されず、正常の血管と見間違うほど平滑であった。早期に臨床応用されることが望まれる。

MANAにおける融合研究

MANAは融合研究を加速するために、2009年に新たに「MANA融合研究助成制度」を創設した。本プログラムは若手研究者を対象にし、異分野間の融合を促進させる目的で、1件当たり約2年間で1千万円の研究助成を行った。18件の応募があり、6つの課題が採択された。下記にその内の4課題の研究成果を示す。

1. 自己組織化プロセスを利用した新規機能性シリコン系エネルギー変換材料の創製

本研究の目的は、ナノ構造体を機能的に複合化することで、Si原料の使用量を削減し、且つ高い変換効率を両立した新規太陽電池材料を開発することにある。ポイントは、従来の微細加工に優れたリソグラフィ技術と、簡便で低コストの化学的手法が得意とする自己組織化技術をうまく融合させることで、リソグラフィのみでは作製不可能な特殊な3次元構造からなるn-ZnO/p-Si太陽電池材料を作製することにある。太陽電池の変換効率を上げるためには、広い波長域にわたって分布する太陽光を効率よく吸収する必要がある。そこで、Si材料の紫外域での光吸収効率を補うためにZnOナノ構造をn型層として利用し、光閉じ込め効果による可視域での吸収効率を改善するために、Si基板にホールアレイを形成したものをp型層として利用する点が新規な点である。また、0次元のSiナノ結晶および1次元のSiナノワイヤを複合化した特殊なナノワイヤ構造の形成も行い、バルクSi太陽電池の理論的最大変換効率28%を凌ぐ、新規高効率太陽電池材料の開発を目指した。p型層としてリソグラフィ技術により直径4μmのホールアレイを形成したSi基板を、ホール内部にn型層としてZnOを導入した新しい構造のn-ZnO/p-Si太陽電池材料を作製することに成功した。図8に示すように、構造、材料、そして作製法に至るまで新たな試みを行えたのは融合研究の成果といえる。

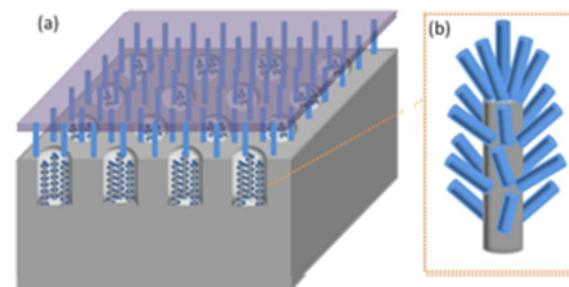


図8 (a) Siマイクロホール内に形成されたn-ZnO/p-Si 3Dヘテロ接合構造と(b) マイクロホール内のZnO/Si 3Dヘテロ構造の拡大図。

本研究で得られた成果とそこで生まれたアイデアは、最近採択された最先端・次世代研究開発プログラムの研究課題に繋がっている。

2. 固体表面における光分解反応の体系的理解と新規バイオ界面材料創成への展開

一部の芳香族化合物は近紫外光の吸収を受けて特定の化学結合が切断する。2-ニトロベンジル基は、この種の化合物の中で最も一般的な光分解性官能基であり、合成化学における保護基や、生化学・細胞生物学における生理活性物質の機能調節（ケージド化合物）の用途など有機溶媒・水中の化学反応の制御に広く利用されてきた。最近では、マイクロ流体デバイスやパターンニングなど固体表面でも利用されてきているが、溶液中と比べ、固体表面での反応機構に関する研究は少ないのが現状であった。そこで本プロジェクトでは、固体表面における2-ニトロベンジル基の分子機構を体系的に理解することを目的とした。研究グループは、生体分析化学、光物理、計算科学という全くバックグラウンドが異なる3人のMANA独立研究者より構成され、各自が光分解性表面の精密設計、界面ソフトマターの分析、反応過程シミュレーションを担当する。特に、それぞれの担当における結果を共有することによって、表面

設計・解析・計算に反映させ、共同研究を強力に推進した。

まず、金やSiO₂表面で自己組織化単分子膜（SAM）を形成する光分解性分子を複数合成した。これらの分子は、細胞の動的パターンニングや光応答性タンパク質デリバリーに有用であった。一方、SAM修飾基板の紫外可視および赤外分光スペクトルを解析したところ、通常の溶液中の光分解反応における主生成物であるニトロソ基がほとんど産生していないことを突きとめた。さらに、固体表面における2-ニトロベンジル基の分子密度が高くなると、光分解の量子効率が低下することを見出した。これらの現象は、固定表面では分子が密集して存在するために、生成物同士の二次的な反応や、立体障害による反応の妨害が起こりやすいためと予想される。そこで、新たに、UV-Visスペクトルの時間分解測定を行う装置の開発を行ったが、窒素レーザーと検出器が干渉しあう問題に直面しており、まだ計測には至っていない。また、上述の結果に関する計算科学的な考察も現在進めているところである。以上のように、固体表面での光反応の詳細な理解には、さらに研究を推進する必要があるが、現時点の結果のみでも、十分に本融合研究の正当性を支持するものと言える。

3. ナノふるいを持った超高感度センサー —医療・バイオ・環境・セキュリティーなど様々な分野への応用に期待

“感度”と“選択性”は、あらゆるセンサーに必要とされる重要な基本特性であるが、実際の応用に向けた利便性を維持しながら、この両特性をセンサー素子上で実現するのは、非常に困難な課題である。本研究では、カンチレバーアレイセンサーに着目し、異分野の技術を融合することによってこの課題の克服を目指す。センサーの検出過程では、センサー表面における標的分子と受容体層の相互作用が重要であるため、分子レベルで制御された材料開発が必要不可欠である。メソポーラス材料は、作製条件を変えることで大きさを自由に設計できるナノレベルの孔が空いた材料である。そのため、分子の「ナノふるい」として最適な材料の一つであると考えられるが、カンチレバー表面への被覆の難しさもあり、これまでこの材料をカンチレバーセンサーに応用した例は無い。そこで、本研究では、利便性の高い piezo 抵抗カンチレバーセンサーに着目し、それを高感度化しつつ、メソポーラス材料との融合を可能にする構造にすることで、これまでに無い感度と選択性を有する新たなセンサー素子の開発を目的とする。

我々は、piezo 抵抗カンチレバーの一番の弱点である感度の低さを克服し、またセンサー表面の被覆を容易にするため、解析とシミュレーションを駆使して網羅的な構造最適化を行った。その結果、カンチレバーの常識を覆す革新的な構造を持つ膜型表面応力センサー（Membrane-type Surface stress Sensor; MSS; 図9）の開発に成功した。このMSSのプロトタイプを実際に作製し、実験を行った結果、従来のカンチレバー型のセンサーに比べ、20倍以上の感度の実証に成功した。これは既にレーザー読み取り方式のセンサーと同程度の感度であり、さらに、膜やブリッジ部分の大きさを少し変えるだけで、さらに数桁以上の超高感度化が可能であることも、シミュレーションにより明らかになった。このMSSは、中央の円形の膜を中心とした対称的な構造のため、カンチレバー構造では困難であったメソポーラス材料などの特殊な膜による被覆が容易になった。その結果我々は、挿入図にあるように、MSSセンサー表面を高品質なメソポーラス炭素薄膜によって被覆することに成功した。現在このセンサーを用いて、ナノふるいとしてメソポーラス材料がもたらす選択性の評価実験を行っている。

本研究で開発された、高感度かつ高選択性を有する新奇ナノメカニカルセンサーは、医療・バイオ・環境・セキュリティーなど、様々な分野での広範な応用が期待される。

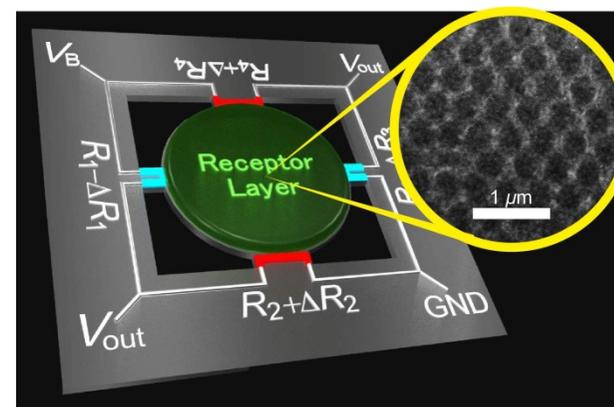


図9 新たに開発したナノふるいを持った膜型表面応力センサー(MSS)。挿入図:MSSに被覆されたメソポーラス薄膜の電子顕微鏡像。

4. ナノ微細加工と有機合成化学の融合によるグラフェンの構造制御と物性解明

2004年の単層グラフェン剥離の実現以来、この魅力的な物質の研究は非常に関心を集めている。特に、この材料の電気的特性を持つ大きなポテンシャルを引き出すために、グラフェンのエッジ構造が注目されている。本研究の目的は将来の量子デバイスに向けてグラフェンのエッジ構造を分子または原子レベルで制御することである。我々は化学修飾によってグラフェンシートのエッジ構造を制御するために、トップダウンのナノ微細加工技術と有機合成化学を融合した新しい材料加工技術の開発を目指す。本融合研究による新しいデバイス作製技術の開発とキャラクタリゼーションを通して、分子スケールに

近づく極微細なグラフェンナノ量子デバイスを作ることが可能になると考えられる。

この研究ではグラファイトおよびグラフェンの酸化するために選択的酸化法を導入した。グラフェンは sp^2 結合した炭素原子が蜂の巣に敷きつめられた単原子層からなる平面シートである。しかし、すべての6個の炭素原子を有するリングが sp^2 結合で構成されるというわけではない。グラフェンのエッジでは、 sp^2 と sp^3 の両方の結合があると考えられる。この場合、 sp^3 結合の欠陥となっている部分は、適当な化学的条件下で、 sp^2 結合の部分と比べてより容易に反応すると考えられる。我々はグラフェンのエッジだけに選択的な弱い酸化による修飾を行った。そして、-COOH基、-OH基、および他の官能基がグラフェンのエッジ構造に導入されたことを熱重量分析、ラマン分光測定、およびX線光電子分光法を用いて解析し確認した。これらの実験結果は、グラフェンのエッジを化学的手法によって構造制御するための重要なステップである。今後、デバイス加工プロセスにこの化学修飾手法を適用していく予定である。

2-2-2 研究業績等（以下の各項目について総件数・年度別件数（表に記入）を記載）

A. 査読つき論文（掲載済みあるいは掲載が決まっているもの）

計1,545件

| | | | | | |
|-----------|-----|--------|-----|--------|-----|
| 平成19・20年度 | 444 | 平成21年度 | 522 | 平成22年度 | 579 |
|-----------|-----|--------|-----|--------|-----|

B. 国際会議・国際研究集会での招待講演・基調講演等

計766件

| | | | | | |
|-----------|-----|--------|-----|--------|-----|
| 平成19・20年度 | 282 | 平成21年度 | 237 | 平成22年度 | 247 |
|-----------|-----|--------|-----|--------|-----|

C. 国際会議での一般講演

計：口頭241件、ポスター423件

| 平成19・0年度 | 口頭 | ポスター | 平成21年度 | 口頭 | ポスター | 平成22年度 | 口頭 | ポスター |
|----------|----|------|--------|----|------|--------|----|------|
| | 5 | 15 | | 75 | 139 | | 81 | 149 |

D. 国内の学会及び研究集会での招待講演

計458件

| | | | | | |
|-----------|-----|--------|-----|--------|-----|
| 平成19・20年度 | 177 | 平成21年度 | 149 | 平成22年度 | 132 |
|-----------|-----|--------|-----|--------|-----|

E. 国内の学会及び研究集会での一般講演

計：口頭233件、ポスター489件

| 平成1・20度 | 口頭 | ポスター | 平成21年度 | 口頭 | ポスター | 平成22年度 | 口頭 | ポスター |
|---------|----|------|--------|----|------|--------|----|------|
| | 93 | 195 | | 80 | 167 | | 60 | 127 |

F. 書籍（学術図書、専門書等）

計51冊

| | | | | | |
|-----------|----|--------|----|--------|---|
| 平成19・20年度 | 16 | 平成21年度 | 26 | 平成22年度 | 9 |
|-----------|----|--------|----|--------|---|

G. 産業財産権

計：登録済み64件、出願中191件

| 平成19・20年度 | 登録済み | 出願中 | 平成2年度 | 登録済み | 出願中 | 平成22年度 | 登録済み | 出願中 |
|-----------|------|-----|-------|------|-----|--------|------|-----|
| | 20 | 8 | | 4 | 60 | | 30 | 47 |

H. 主要な賞の受賞（内定が公表されているものを含む）

計114件

| | | | | | |
|-----------|----|--------|----|--------|----|
| 平成19・20年度 | 30 | 平成21年度 | 39 | 平成22年度 | 45 |
|-----------|----|--------|----|--------|----|

2-3. 今後の方針・具体的計画（4ページ以内）

MANAはマテリアル・ナノアーキテクトゥクスの研究コンセプトをさらに深化させ、材料研究の新しいパラダイムを確立し、21世紀の持続可能な社会の実現に必要とされる新材料の開発に挑戦し続ける。何よりもまず、MANAのこれまでのユニークな研究成果であるナノシート、ナノチューブ、原子スイッチ、分子デバイス、超伝導デバイス、可視光域光触媒、人工骨などに係わる優れた新材料を、数年以内を目途に実用材料として世に投入し、明日の社会に大きく貢献したい。MANAは、さらに重要な中長期的方針として、ナノアーキテクトゥクスを駆使した壮大な挑戦（グランドチャレンジ）に立ち向かう。その方向として、室温ナノ超伝導体の実現、脳神経網型の無機物質ナノネットワーク回路の実現、人工光合成ナノシステムの実現、ナノエネルギー（ナノスケールでの力学的、熱的、化学的な発電）の開拓を考えている。これらの実現には、4研究分野（ナノマテリアル、ナノシステム、ナノグリーン、ナノバイオ）の密接な協力による融合研究が必要とされる。そのために、若手研究者を中心にした「MANA融合研究助成制度」を2年前に創設して良い成果を上げたが、さらに「MANAグランドチャレンジ研究助成制度」を発足させる。

以下に、各4分野における研究の動向と今後の取り組みについて述べる。

<研究分野>

ナノマテリアル分野

本分野においては、過去10年以上にわたって新規ナノスケール物質の創製を目指した研究が全世界的に精力的に行われ、多彩なナノチューブ、ナノワイヤ、ナノロッド、ナノシート、ナノ粒子の合成が達成され、ナノスケールに基づく様々な新しい特性や現象が発見された。これらの研究は新しい科学技術分野を創成したと言え、多くのイノベーションやブレークスルーが生まれ出された。しかしながらこれらナノ物質の合成研究においては、ナノメートル領域でのサイズと形状に主な関心が払われてきたとは言え、通常、材料の機能化において重要なポイントとなる組成、構造の精密な制御には注意が向けられてこなかった。そこで、MANAにおいてはこの点に着目して第二世代ともよべるナノスケール物質群の創製を計画している。ナノスケール物質にドーピングや酸化状態の制御、欠陥や構造歪みの意図的な導入により、高度な機能の発現、制御が可能となると期待される。我々はすでにこのアプローチが有効であることを伺わせるいくつかの結果を得ている。例えばBNナノチューブを化学的手法によりフッ化したところ、絶縁体から半導体に変換されたことを示す電気伝導度の上昇を確認している。また酸化チタンナノシートTi席の一部をCo、Fe、Mnなどの磁性元素で置換することにより、室温強磁性が発現し、興味深いことにこの性質に関連して現れる磁気光学機能がこれら磁性元素の種類とその導入量、置換モードに強く依存することを見出している。このこと

は逆に言えば、これらのパラメータ（ナノシートの組成）を調整することにより、磁気特性を制御できることを示している。これらの有望なデータを踏まえて、我々はナノスケール物質の組成と構造の精密な制御により、広範な新機能の開拓につながる可能性が高いと考えている。

もうひとつの重要な目標は「マテリアル・ナノアーキテクニクス」に向けた、より先進的な集積化技術の確立である。いうまでもなく、ナノスケール物質の精密な組織化や様々な機能物質との複合化は、単一材料では達成できないような最先端の高度な機能を実現する上での最重要課題となる。特に、これらの集積化、複合化には化学的なプロセスが重要かつ効果的と考えられる。我々はこれまで静電的自己組織化法やラングミュア・ブロッジェット法などの要素技術を蓄積してきており、今後これらをナノスケール物質やこれと複合化させる機能物質に合わせてカスタマイズ、高度化を行っていく必要がある。また全く新しい原理に基づく集積化技術の開発にも挑戦する。さらにはこれらの集積化プロセスを磁場、電場の下で行うことにより、ナノ物質の配向や配列をより高度に制御することも試みる。このような戦略、組成、構造が精密に制御されたナノ物質とそれらの設計的な集積化、に基づいて、次世代エレクトロニクスの発展やエネルギー・環境問題を解決し持続可能な人間社会の実現に寄与する新規ナノシステム、材料、デバイスの開発を目指す。

ナノシステム分野

本分野において、我々はこれまで多くの優れた成果を上げることができたと自負している。したがって、研究の方向はこれからも基本的に変えない。すなわち、現状をはるかに超える高度な情報の処理と通信を可能にする革新的ナノデバイスの開発、そのために必要な新しいナノ計測法の開発、それらを支えかつ先導する理論的研究の3方向の研究を進める。しかしながら、これまでの実績をもとに、より壮大な挑戦を行なう。すなわち、MANAの4つの大きい挑戦、1) ナノシステム室温超伝導体の実現、2) 脳神経回路型の無機物質ナノネットワーク回路の実現、3) 人工光合成ナノシステムの実現、4) “ナノエネルギー”（ユビキタスな[いたる所に存在する]ナノスケールでの力学的、熱的、化学的な発電）の開拓に中心的な貢献をする。具体的には、以下の研究を目指す。なお、それらの研究は他の3つ研究分野との密接な協力による融合研究として進められることを指摘しておく。

我々が開発した原子スイッチは、ある条件において入力信号や時間経過によって構造が可塑的に変化し、それは脳神経網におけるシナプスに似た変化であることが、これまでの研究によって判明した。そこで、原子スイッチを集積して脳神経網に類似の演算記憶回路を構築する研究を進め、明るい見通しを得ることができた。ここで用いられる一つの重要な方法は、「自己機能化」(self-functionalization)の語で象徴される。この方法は、従来の「自己集合」(self-assembly)や「自己組織化」(self-organization)と質的に異なる。MANAは、基本とするナノアーキテクニクスの概念を支える5つのキーテクノロジーの中に「制御された自己組織化」と「外場を利用した材料制御」を掲げている。「自己機能化」は、両者を特殊な条件で結合することによって生まれてきたものである。ナノシステム分野では、この研究をさらに展開させることに全力を注ぐ。これはまったく新しい試みであり、大きい挑戦である。また、我々はこれまでの研究において、マイクロメートルからナノメートルのスケールの局所に、ある強い外場を与える方法を開発することができた。この方法のある種の物質に適用すれば、かなりの高温でも超伝導であるナノシステムを構築できる可能性があると考えている。

人工光合成は、科学者の究極的な目標の一つである。MANAは、この目標の実現に貢献したい。その研究の化学的な側面は他の分野（ナノグリーン、ナノマテリアル）との密接な協力で大いに依拠し、ナノシステム分野としては、プラズモニクスに関するこれまでの豊富な経験を生かし、新しい可視光ナノアンテナシステムによる太陽光の有効利用の側面から貢献をしたい。“ナノエネルギー”については、ユビキタスなナノスケールの発電のいくつかの可能性について積極的な研究を平行に進める予定であるが、さし当りは、原子スイッチの研究の過程で見出された新しいナノ電池の研究に焦点を合わせる。

ナノアーキテクニクスの研究は新しいナノ計測法の開発によって大いに加速されるので、我々は新しいナノ計測法の開発にも力を注ぐ。とくに、ナノスケールの物理的および化学的な機能を計測しうる新しい方法の開発を進める。また、理論的研究はナノシステム分野において極めて重要な位置を占めている。実際、これまでに重要な成果を上げてきた。新しい超伝導デバイスの提案などが例である。そのようなデバイスが実験的に実証できれば素晴らしい。

ナノグリーン分野

再生可能エネルギー、効率的エネルギー貯蔵・輸送システム、高効率・高選択的物質変換プロセスに関する要求がますます（特に東日本大震災以降）増加することから、本分野では現在実施中の（1）合理的な設計に基づく原子、分子およびナノクラスターの高度配向、配列による光エネルギー変換界面の構築、（2）高度に制御した手法による化学エネルギー変換/貯蔵界面の構築、（3）自在に原子や分子を配列することによって高効率触媒を合成する

基盤的手法の確立、および（４）界面構造と界面電子移動過程の高空間・時間分解能での実験的・理論的解明を引き続き行う。

『光エネルギー変換界面』の究極の目標は人工光合成の実現である。水分解と二酸化炭素還元のための光触媒/光電気化学システムをバンドエンジニアリング（バルク構造）のみならず表面における原子、分子の精密な配列制御（表面ナノアーキテクトニクス）に基づいて開発する。このような観点から、選択的二酸化炭素還元触媒を可能とする原子・分子触媒を現在開発中である。さらに、高い効率と安定性をもつ有機太陽電池も開発する。例えばプラズモン増強光エネルギー変換と高分子電解質/イオン液体利用色素増感太陽電池を検討する。一方、『化学エネルギー変換界面』の究極の目標は全固体二次電池の実現である。Liイオン電池は多くの特徴を持っているが、エネルギー/パワー密度が低いことと安全に対する懸念から比較的小さい装置に限られている。安全性の観点からは全固体電池は理想的である。しかし、固体電解質の伝導度が低いため、全効率が非常に低くなる。PLD法をさらに精密化し、高エネルギー/パワー密度と高い安全性を持つLiイオン蓄電池用電極と電解質の精密制御エピタキシャル析出を実現する。より高いエネルギー/パワー密度を実現するために、Li/空気などの次世代電池も検討する。Li/空気電池の理論エネルギー/パワー密度は非常に高いが、反応速度が遅いため、実際の特性はまだ低い。素過程を明らかにし、電極触媒を開発する。

上述の通り、光エネルギーおよび化学エネルギーの高効率変換システム実現の鍵は適当な『高効率触媒』の開発である。殆どの反応は多段階で進むため、各素過程を加速する原子や分子を制御配列する必要がある、この目標を実現するための新規手法を開発する。多核金属錯体や金属-有機分子を用いる合金触媒や芳香族分子を用いる窒素ドーピング炭素触媒のボトムアップ法（化学合成）による調製を採用する。さらに、原子利用効率の向上と触媒の安定性の向上のために分子層内に分子触媒を閉じこめる手法を開発する。

上述の研究を実施する上で、『界面構造と電子移動ダイナミクス』の理解が必要であり、そのために固液界面過程を原子・分子レベルの空間分解能とフェムト秒レベルの時間分解で追跡する必要がある。さらに、電子構造のその場決定が不可欠である。幾何構造についてはその場STM/AFMと表面X線散乱法を日常的に用いている。溶液中での時間分解測定にはフェムト秒可視光ポンプ-IRプローブシステムを用いているが、現在表面過程をそのような高い時間分解能で測定する手法はない。そのため、表面選択的分光法である表面和周波発生分光(SFG)を利用したフェムト秒可視光ポンプ-SFGプローブ法を開発する。さらに界面電子構造のその場決定のために硬X線を利用したXPSシステムを構築中である。

ナノバイオ分野

本分野では、これまで人工臓器、再生医療、診断用デバイスに関する研究を行ってきた。高額なコストがかかってしまう現在の再生医学の問題点を克服するために、これからますますバイオマテリアルの研究が重要なものになってくる。実際にES細胞やiPS細胞を用いた再生医療では、多くの臨床医や細胞プロセッシング設備など高額な費用が余儀なくされる。このような背景のもとで、細胞を用いない低コストの治療技術が求められている。そこでナノバイオ分野では、“マテリアルセラピー”と名付けた研究を開始した。すなわち、ナノアーキテクトニクスをベースとしたナノ材料を設計することによって、スマートナノ粒子、有機・無機・金属のハイブリッドバイオマテリアル、細胞の機能をコントロールする新規マトリックス材料、ナノ集合体をベースとしたナノメディスン、光化学をベースとしたDDSと細胞機能制御の5テーマを実現させる。

第一のスマートナノ粒子では、予病のための低侵襲診断や心臓病治療のための新しい材料研究を展開する。第二のハイブリッドバイオマテリアルではこれまで進めてきた他種類の材料から構成されたステント研究から得られた結果を活かし、異種材料の複合化を検討し骨とのマッチングが良好な比較的強度が要求される材料などの研究を行う。第三は細胞を取り巻く環境（細胞外マトリックス）を自由に設計し、細胞の分化の方向や増殖などをコントロールする。また、バイオイメージングや低侵襲治療を目的に、緻密に設計された高分子を用いたナノメディスンを実現する。また、光化学をベースとしたDDSおよび細胞機能制御では、安全性が高くまた侵入深度が深い赤外光を用いて、ナノ微粒子の表面プラズモン光による光感受性ドラッグデリバリーおよびイメージングを実現する。ナノ構造の精密設計が極めて重要であり、微粒子の形状や表面構造の設計、光反応性官能基の化学に関する研究を行う。さらに、薬物の担持やターゲティングを実現するパイロット分子の開発やその固定化法の検討、イメージングに関する研究も共同で行う。また、光造形技術を駆使して様々なナノ構造が制御された表面を構築する。循環器病（心筋梗塞）の治療を目的に、血管内皮前駆細胞の表面への接着およびその表面上での増殖挙動を精査し、当該細胞の増殖・回収のために、そのパターン最適化に関する研究を行う。さらにパターンの形状および性状のコントロールを他の材料と組み合わせて行い、細胞の接着性・増殖性を調べる診断システムへ展開する研究も行う。

〈研究達成目標〉

ナノマテリアル分野では、第一に20種類以上の新規ナノチューブ、ナノロッド、ナノシート、ナノ粒子を創製し、新規現象の発見や機能の増強を目指す。これにより1次元～3次元形状のナノスケール物質のライブラリーの充実を図る。第二には、ソフト化学、コロイド化学、超分子化学などに基づく室温溶液プロセスにより、得られたナノスケール物質を集積化し、高い構造秩序を持つナノ構造体を構築するための「ケミカルナノテクノロジー」または「ソフトナノアーキテクトニクス」技術確立する。このようなアプローチを通じて、エレクトロニクスや環境／エネルギー技術の進展に貢献しうる様々な新規機能性材料やナノデバイスの開発を目指す。例えば、1) 低消費電力で動作する高性能キャパシタ、2) 優れた機械的強度と熱伝導度を持つ透明放熱基板、3) 長時間にわたって薬剤を放出する自動 ON/OFF 型のDDSなどを具体的ターゲットとして研究開発を行う。

ナノシステム分野ではこれまでの研究の継続と次に示す壮大な挑戦研究を推進する。原子スイッチの自己集積による脳神経網型の演算記憶回路のプロトタイプを実現したい。これは、脳型コンピューターの実現に向けて大きい一歩を踏み出すことになり、コンピューターの科学と技術に革命的な波及効果を及ぼすことが期待される。次に、グラフェンや有機薄膜を用いた新しい電子デバイス、超伝導材料を用いた量子力学的に絡み合った光子ペアの発生源、超高感度の超電導量子干渉磁束計 (SQUID) なども実現したい。また、導電性高分子による分子配線と化学的ハンダづけの成果をさらに発展させ、分子トンネルダイオードを始めとする分子デバイスのプロトタイプをいくつか実現して、分子エレクトロニクスの実現に見通しをつけたい。さらに、あるナノスケールの予定されたシステムを構築し、3次元バルク材料によっては実現できない高温超伝導を実現することを目指す。目標は室温での超伝導であるが、そのためにはいくつかのハードルを越えなければならない。

一方、人工光合成は科学の一つの究極的目標と言える。MANAは、その実現に積極的な貢献をしたい。ナノシステム分野としては、プラズモニクスについてのこれまでの豊富な経験を生かして、可視光ナノアンテナシステムによる太陽光の有効利用の観点からその貢献をしたい。新しいナノ計測法の開発については、チューニングフォーク型の4探針原子間力顕微鏡を市販装置として一般研究者が利用できるまでにその信頼性と操作性を改善するとともに、新しいスピン分極走査トンネル顕微鏡、バイオナノシステム (細胞など) の任意の局所 (~50 nm) の単分子分析を可能にする新しい走査プローブ法、ピエゾ抵抗膜を用いた超高感度の超並列分子検出法、エネルギー可変の放射光X線の併用によって元素分析をも可能にした走査トンネル顕微鏡など、我々が発明したナノ計測法をさらに発展させる。さらに、ナノシステム分野では理論研究による支援と先導をきわめて重要視している。今後とも、第一原理計算法を駆使して実験研究との連携を図ること (太陽電池の色素増感、分子配線の動的な化学過程など)、新しい超伝導デバイスの提案、分子ロジックゲートの理論的研究などを進める。

ナノグリーン分野においては以下の研究を集中して行う。(1) 新規光触媒、固定化分子触媒、およびプラズモンアンテナを活用した人工光合成の構築と犠牲試薬なしの水分解の実現、(2) 酸化還元ポリマーを利用した新構造有機太陽電池、(3) 高伝導度の電解質を用い、現在の数倍のパワー密度を示す新規構造Liイオン電池のPLDによる形成、(4) 多核金属錯体の吸着・熱分解による白金触媒の数倍の原子あたり反応速度を示すメタノール酸化電極触媒の調製、(5) 白金触媒の数倍の反応速度と高い二酸化炭素還元選択性を示す固定化分子触媒の新規調製法の確立を目指す。

ナノバイオ分野においては、ナノアーキテクトニクスをベースとしたバイオマテリアルの次世代の医療への貢献を目指す。これまでの研究を継続して行っているナノ・ミクロ構造が緻密に制御されたヒドロキシアパタイト-コラーゲン複合体および、薬物溶出型ステントの臨床試験を行う。これらは動物実験によりその高い性能の実現が期待できる。また、DDSに関してはPEG化ポリマーミセルによるNOの光に応答した殺細胞機能を活かした抗ガン剤への応用を図る。すでに、担ガン動物を用いた系でその効果が実証されており、臨床応用が大いに期待されている、さらに、スマート・バイオマテリアルにより抗炎症効果を発現するナノ粒子や光化学をベースとしたDDSおよびイメージングへの研究展開を進めたい。

〈主な変更点〉

特になし。

3. 運営

【応募時の計画】

1. 事務部門の構成

NIMSは、ICYSの活動を通じて英語を公用語とした研究運営を2003年から今日までの約5年間行ってきた実績がある。従って、ICYSで培ってきた経験やノウハウを活かした効率的で国際的な事務運営ができる大きな利点がある。すでに、事務手続き規定、物品購入、出張等のすべてのドキュメントは日本語と英語で作成されており、その結果、外国人研究者が言葉の障害無く研究に専念できる事務支援環境がほぼ出来上がっている。

ICYSの経験から、英語を公用語とした事務部門の効率的な運営を行うために、企画、総務、技術支援の3グループを設置する。事務部門を企画係、人事係、庶務係、会計係、用度係などに細分化することは、業務の効率化に反し、特に外国人対応においては不都合である。一人ができるだけ幅広く事務処理を遂行する事務システム構築が重要である。

- ・ **企画グループ**：ポストドク等の若手研究者のリクルート活動や採用、研究者の定期的な業績評価、シンポジウム開催や広報出版等の採用や企画に関する業務を行う。企画グループリーダー（NIMSの中堅研究者が担当）のもとで、約5名のスタッフで運営する。
- ・ **総務グループ**：研究者の勤務管理、給料、出張、物品購入の庶務・会計事務を行う。総務グループリーダー（NIMSの事務系職員で、ICYSで実績を積んだ経験者）のもとで約15名のスタッフで運営する。特に、所属する研究者の事務量を軽減させるために、約10名の秘書を雇用し、研究者に代わりすべての事務処理を行う。総務グループに所属する事務職員はTOEIC約800点以上の英語力を有する秘書を採用する。
- ・ **技術支援グループ**：拠点で利用する共用装置の維持や管理、研究者からの依頼業務や研究補助等の技術支援業務を行う。ルーティーンの実験は可能な限り、テクニシャンが行える体制にする。そのために、英語が話せ、研究実績の有るNIMSのOB研究者（定年退職者でPh. D取得）を最終的には約15名雇用し、NIMSとの併任職員も含めて高度な技術支援を行う体制を構築する。

【これまでの取り組みと現状】

1. 事務部門の構成

拠点設立当初に設置した企画、総務、技術支援の3チームに加え、2010年4月からアウトリーチチームを追加した。現在、総勢21名で全員が英語に堪能である。

- ・ **企画チーム**：研究計画・業績のまとめ、海外サテライトとの連絡、ネットワークの構築、シンポジウムの企画・運営等を3名で担当している。外国籍研究者や海外研究機関との接触が多いため、外国籍のNIMSパーマネント研究者をリーダーに置いている。
- ・ **総務チーム**：国籍・年齢に関わらず「研究者が研究に専念できる環境」の提供を旗印に、事務・庶務的業務を12名でフルサポートしている。業務別にスタッフを配置するのではなく、研究グループや複数の若手研究者に対応してスタッフを置き、幅広く事務処理を遂行しきめ細かく対応しているのが特徴。事務・庶務に精通し外国籍研究者の対応に慣れたNIMSの事務職経験者をリーダーに置き、全体を統率している。
- ・ **技術支援チーム**：NIMSあるいは企業で経験を積んだベテラン4名により、共用研究設備の維持・管理、実験の指導・補助、安全衛生管理等の研究支援業務を行う。外国籍研究者に対しては、外部競争的資金申請時にコンサルタントも行っている。リーダーはNIMS研究職経験者が勤める。
- ・ **アウトリーチチーム**：科学技術に対する国民の支持を獲得するため、WPIの活動を社会・国民に広く知らしめる広報活動を強化する目的で、従来のメディア、ウェブ、刊行物等を通じた情報発信に加えて、双方向型コミュニケーション活動を強化している。現在2名で対応しており、リーダーはアウトリーチに長けたスタッフを外部から採用した。

2. 拠点内の意志決定システム

拠点は拠点長のリーダーシップが強く発揮できる意思決定システム構築を基本とする。また、本拠点はできるだけ会議を少なくし、研究者が研究に専念できる運営を心がける。

主任研究者会議：拠点長がリードする主任研究者会議を定期的（月に1回程度）に開催し、拠点運営全般の事項について審議・報告し、拠点長のリーダーシップを徹底する。また、主任研究者は所属するすべての若手研究者や大学院生に主任者会議報告を行い、拠点長の意思を徹底させる。

アドバイザー：外部有識者をアドバイザーとして任命し拠点運営全般について助言を得る。

3. 拠点長とホスト機関側の権限の分担

拠点長：拠点長は拠点内での運営全般に関する権限を有する。即ち、NIMS在籍者を除き拠点長は拠点に招聘される主任研究者や若手研究者等の研究者の採用と契約更新、給料、研究費、スペース配分等の権限を有する。また、同じくNIMS在籍者を除き事務系職員の採用や契約更新の権限もまた有する。

理事長：理事長はホスト機関側の責任者として拠点運営を最大限に支援し、拠点内の運営に関しては拠点長の権限を最大限に尊重する。但し、運営委員会およびNIMS理事会の助言がある場合等においては、理事長は拠点長や外部招聘の主任研究者等の交代人事を行う。また、必要に応じて、拠点運営に必要な様々な追加措置、例えば実験スペースの拡充や拠点に所属するNIMS研究者の追加配置などの措置を講じる。

2. 拠点内の意志決定システム

2008年10月1日より拠点長の下に「最高運営責任者」を設置し、拠点長のマネジメント上の負担を軽くし拠点運営の効率化とスピードアップを図った。事務部門長が事務管理業務を掌理するのに対して、最高運営責任者は研究業務を掌理する。拠点運営上の懸案に対して、拠点長、最高運営責任者、事務部門長の三役が随時協議し即断即決する体制が整い、三役が拠点運営について打ち合わせるMANA幹部会は、2009年度と2010年度で39回開催された。

本拠点では、研究者が研究に専念できるように会議等の開催は必要最小限に止めているが、節目においては主任研究者会議や全体ミーティングを開催して拠点全体のコミュニケーションを図るように心がけている。使用言語は英語である。

現在、5名の外部有識者にアドバイザーをお願いしている。拠点運営全般に関する助言をはじめ、個々の研究に対しての貴重なサジェスションもいただいているほか、小中学生を対象とした科学教室の講師を勤めるなど、アウトリーチ活動にも協力していただいている。

3. 拠点長とホスト機関側の権限の分担

拠点長：拠点長は、拠点予算や研究スペース等のリソース配分に関する権限を有している。また、NIMSパーマネント職員を除いて、拠点に招聘される主任研究者、ポスドク等の若手研究者、任期制の事務職員等の採用と契約更新に関する権限を有している。

理事長：理事長は、ホスト機関であるNIMSの責任者として拠点運営を最大限に支援し、拠点内の運営に関しては拠点長の権限を最大限に尊重している。但し、拠点に参加するNIMSパーマネント職員の任免については、拠点長の意見を参考にして理事長が決定する。

【今後の方針・具体的計画】

1. 事務部門の構成

企画、総務、技術支援、アウトリーチの4チーム体制を維持していく。MANAファウンドリは、ホスト機関であるNIMSから運営に係る経費の支援を受けているが、MANA内の一組織として事務部門が体制・運用・整備等についての指導・助言を行う。

2. 拠点内の意志決定システム

拠点長、最高運営責任者、事務部門長の三役体制は、拠点運営に効率的であるので今後もこれを維持していく。主任研究者会議や全体ミーティングはコミュニケーションを図るうえで重要であるため、研究に支障が生じない程度で若干開催頻度を多くする。

3. 拠点長とホスト機関側の権限の分担

権限の分担については今後も変更しない。2011年度から拠点長がNIMSの運営会議（経営会議に当たる）のメンバーとして出席しNIMSの運営について議論をすることになった。これにより、NIMSとMANAの意志疎通はこれまで以上に図ることができるようになるものと期待される。

4. 研究体制（拠点形成する研究者、サテライト等）

4-1. 「ホスト機関内に構築される中核」の研究者数 全体構成

| | | 応募時の最終目標 | 平成20年度末 | 平成21年度末 | 平成22年度末 | 最終目標 (平成26年10月頃) |
|--------|--------|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 研究者 | | 167 <84, 50%> | 165 <86, 52%> [13, 7.9%] | 181 <94, 51.9%> [22, 12.2%] | 197 <113, 57.4%> [38, 19.3%] | 200 <120, 60%> [50, 25%] |
| 内 訳 | 主任研究者 | 27 <10, 37%> | 30 <10, 33%> [1, 3%] | 30 <9, 30%> [1, 3.3%] | 28 <9, 32%> [1, 3.5%] | 25 <10, 40%> [3, 12%] |
| | その他研究者 | 140 <74, 53%> | 130 <73, 56%> [14, 11%] | 151 <85, 56.3%> [21, 13.9%] | 169 <104, 61.5%> [37, 21.9%] | 175 <110, 63%> [47, 27%] |
| 研究支援員数 | | 20 | 13 | 16 | 16 | 12 |
| 事務スタッフ | | 22 | 19 | 17 | 19 | 18 |
| 合計 | | 209 | 197 | 214 | 232 | 230 |

その他特記事項

- ・ ナノバイオ強化の一環として、モントリオール大学のWinnik教授を2011年4月付けで主任研究者に任命。
- ・ ローマ大学の材料科学・工学科のTraversa教授をフルタイムのPIとして雇用することに成功（2009年1月着任）。
- ・ 若手研究者の抜擢としては、MANA研究者のDr. TangがHebei University of TechnologyのDeanに、I C Y S – M A N A 研究員のSanchez博士がLeibniz Institute for Solid State and Materials Research Dresdenのグループリーダーに任用されたこと等、多数の例がある。

4-2. サテライト等

【応募時の計画】

i) サテライト機関（機関別に記すこと）

筑波大学

同大学の門脇教授や長崎教授はNIMSが必ずしも得意でない超伝導や有機化学の研究において世界をリードするトップ研究者であり、本拠点の研究活動を補完するために、同大学に2つのサテライトラボを設置し、研究活動の一翼を担うとともに、筑波大学に対する拠点の橋頭堡としての役割を果たす。同ラボには本拠点で雇用する若手研究者が数名常駐し、研究を行う。また、人材育成においては、NIMSはすでに同大学にNIMSが主導的に運営する大学院大学である数理物質科学研究科物質・材料工学専攻を設置している。本拠点の設置により、さらに同大学院の強化・拡充を図るために、本拠点に所属するNIMSの主任研究者を全員同専攻の併任教授とし、ジュニア研究員として研究に参画できる優秀な大学院生数の拡充を図る。

東京理科大学

NIMSにはいない超伝導デバイスのトップ研究者である高柳教授が同大学より参画し、本拠点の研究活動を補完し、拠点の研究業務の一翼を担う。本サテライトは共同研究の実施など、東京理科大学との積極的な連携を進めるための拠点の橋頭堡としての役割を果たす。

【これまでの連携状況】

i) サテライト機関（機関別に記すこと）

MANAにおいては外部主任研究者が所属する研究機関にサテライト機関を設置することとしている。現在、国内では筑波大学、東京理科大学、海外ではカリフォルニア大学ロサンゼルス校、ジョージア工科大学、ケンブリッジ大学、フランス国立科学研究センター(CNRS)・材料解析構造研究所(CEMES)の6機関がMANAのサテライトである。これらのサテライトはMANAの各分野の研究の一翼を担いつつ、MANAの所属する若手研究者の育成の場となっている。

筑波大学

PIの門脇和男教授は、ナノシステム分野で高温超伝導体を用いた超伝導量子ナノサイエンスの最先端基礎研究を実施している。特に、MANA雇いの研究員2名および大学院生5名とともに、高温超伝導体を微細加工したメサ構造からの強力なテラヘルツ波の発見とその発振機構の解明や、トポロジカル絶縁体や多自由度超伝導体の電子物性の基礎研究を進めている。またPIの胡博士と共同研究を行っている。

PIの長崎幸夫教授は、ナノバイオ分野で新規ナノバイオイメージング、ナノ診断およびナノ治療を可能にする材料設計の創製と、新しいバイオツール創出に関する研究を実施している。長崎グループでは3名のポスドクとともに、筑波大学サテライトの講師2名、博士後期課程学生11名、博士前期課程学生17名が研究を推進している。また新任PIのWinnik教授（モントリオール大学）やMANA独立研究者の中西博士と共同研究を進めている。

また筑波大学には最大の「NIMS連係大学院」が設置されており、MANAは10名の教員と13名の博士課程大学院生を擁し、MANAにおいて研究活動を展開している。

東京理科大学

PIの高柳英明教授はつくばを本拠地とし、MANA内に居室と研究スペースを確保している。3名のMANAリサーチアソシエイト（ポスドク）とともに、東京理科大学サテライトの助教2名や大学院生と、ナノシステム分野においてナノ超伝導量子干渉計(nano-SQUID)を開発し、新規超伝導デバイスに関する研究を実施している。またNIMS内のグループと量子

ケンブリッジ大学

Mark Welland 教授は、英国のInterdisciplinary Research Center in Nanotechnology (IRC) のDirectorとして、電子線による超微細加工と新しいナノ構造の創製を中心に世界のナノサイエンスおよびナノテクノロジーを先導するとともに、英国首相の科学顧問として活躍してきた。彼は nanostructure fabricationの研究に関して研究に参加し、拠点の研究業務の一翼を担う。本サテライトはケンブリッジ大学における拠点の橋頭堡としての役割を果たす。

UCLA

James Gimzewski 教授は、走査トンネル顕微鏡が発明された直後からIBM Zurich Research Instituteにおいて今日のナノサイエンスとナノテクノロジーの基礎を築いてきた研究者として著名である。数年前にUCLAに移ってからはナノテクノロジーとバイオテクノロジーの融合に関する研究を行うとともに、ごく最近では卓上規模の核融合装置を実現するなど、独創性に富む研究を行ってきた。ナノ構造の新機能発現とその計測に関して本研究拠点の研究に参加する。本サテライトは、拠点の研究業務の一翼を担うとともに、UCLAにおける拠点の橋頭堡としての役割を果たす。

ジョージア工科大学

Z. Wang教授は被引用総回数(total cited numbers)が15000回を越え、ナノテクノロジーの研究分野で世界のトップ25位内に入る卓越した研究者である。特に、同教授が発見したZnOナノベルトはピエゾ素子、バイオセンサーなどへの応用を切り拓く新素材として注目されている(被引用回数1519回)。本サテライトではField-induced materials controlの研究を行い、主として電子材料分野において拠点の研究業務の一翼を担うとともに、ジョージア工科大学における拠点の橋頭堡としての役割を果たす。

輸送現象に関する共同研究も展開している。

ケンブリッジ大学

PIのMark E. Welland教授は、ナノシステム分野において、生体系の機能に触発された材料を高効率太陽電池に適用する研究を実施している。ナノテクノロジーの異分野共同研究(IRC)でパートナーとなっているロンドン大学も加わり、ケンブリッジ大学ではWelland教授が実験を、ロンドン大学はDavid Bowler博士が計算を担当している。

2009年7月にはケンブリッジ大学でMANAとの合同ワークショップを開催した。Bowler博士とMANA独立研究者の館山博士は頻繁に行き来をして研究交流を重ねている。また、大学院生の育成の場として、MANAはケンブリッジ大学サテライトの大学院生3名を受け入れているほか、2011年9月にはケンブリッジ大学サテライトにおいて日・英・米ナノテクノロジーサマースクールを開催する予定である。

UCLA

PIのJames K. Gimzewski教授は、ナノシステム分野において、脳機能を模倣する神経回路網に関する研究を実施している。Gimzewski 教授は3年半に11回MANAを訪問、合計157日間滞在して、原子スイッチの学習機能を利用した新しいニューロコンピューテーション回路等に関する共同研究を展開している。Gimzewski教授は2010年1月にNHK番組「未来への提言」で特集され、番組中でMANAとの共同研究も紹介された。

また2008年10月から2009年3月にかけてMANAリサーチアソシエイト(ポスドク)の派遣、2009年7月に日・英・米ナノテクノロジーサマースクールの開催、2010年10月から2011年3月にかけてMANA事務部門スタッフのインターン研修など、UCLAは若手研究者、大学院生、若手事務職の育成の場となっている。

ジョージア工科大学

PIのZhong Lin Wang教授は、ナノマテリアル分野において、生体系に触発されたフォトニック構造と機械的エネルギーを取り出すナノ発電機に関する研究を実施している。

Wang教授はMANA独立研究者の深田博士のメンターでもあり、深田博士はジョージア工科大学をこれまでに9回訪問、合計16週間滞在してナノデバイスに関する共同研究を進めており、その成果はACS Nano誌に発表されている。またWang教授のポスドクが深田博士のMANAリサーチアソシエイトになるなど、人材交流も進んでいる。

CNRS

Christian Joachim教授は、ナノ構造の電子状態とくに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る。一方で、実験家と理論家を共に含むグループを組織して、単分子デバイスの実現に情熱を燃やしている。本研究拠点には、ナノ構造の新機能の理論的研究に関して参加し、理論面で拠点の研究業務の一翼を担う。本サテライトはCNRSにおける拠点の橋頭堡としての役割を果たす。

ii) 連携先機関（機関別に記すこと）

連携機関：本拠点との共同研究や若手研究者の交流や研修の場とする。NIMSが既にMOUを締結しているアジア、ヨーロッパ、アメリカ、東欧など約130機関の中から主要な機関、たとえば中国科学院物理研究所（中国）、KAIST（韓国）、マックスプランク研究所（ドイツ）、Charles University（チェコ）、UCSB（アメリカ）などを約30機関を連携機関とする。平成19年12月までに10機関と、平成20年12月までにさらに20機関と新たにMOU締結を行う。

海外事務所：本拠点やNIMSとの海外連携強化のための事務オフィスをCNSI、University of Washingtonに設置する。海外におけるリクルート、研究動向などの調査を行う。特に、アメリカではDARPA、NSFなどの米国政府系の資金の獲得、海外の人材とのコンタクト窓口、海外企業とのコンタクト窓口、海外の大学との連携の窓口などの役割を担う。

CNRS

PIのChristian Joachim博士は、ナノシステム分野において、ナノ計算回路のデザイン・製作・原子操作、表面電子相互接続の理論に関する研究を実施している。

CEMESにおいて、これまで2回の研究交流の催しが行われている。2009年10月には計算科学者と実験科学者の融合を図る目的でMANAとの合同ワークショップを開催し、2010年11月には日仏ナノ材料ワークショップを開催した。また、CEMESの大学院生1名が2009年8月から10月にかけてMANAに滞在し、MANA研究者の指導のもとに研究を行った。

ii) 連携先機関（機関別に記すこと）

2009年4月に、MANAはインド化学技術研究所（Indian Institute of Chemical Technology, IICT）とナノポーラス触媒材料に関する共同研究を開始した。2年間にわたりIICTに年間500万円を提供し、IICTの優秀な研究者と協業することにより本研究を加速させることができた。共同研究では、NIMSで開発した材料にナノメタルや金属酸化物粒子を加えて新しい機能が付加され、11報の論文が発表された。またMANAとIICTの人材交流も行われ、IICTにおいて国際ワークショップを開催した。

またNIMSは、2008年4月に米国シアトルのワシントン大学に海外オフィスを開設し、米国のニーズに合った共同研究を行うとともに、研究者、学生、事務系職員の交流を進めてきた。MANAのPIの北村健二博士はここを活動の拠点とし、2009年6月にベンチャー会社NIMBUS Technologies LLC（NIMBUS）を立ち上げた。北村氏の研究成果である医療用赤外光源、テラヘルツ光源を米国において事業展開することがねらいであった。

MANAがハブとなって世界のナノテク拠点を繋ぐネットワークを構築することはMANAのミッションのひとつであるが、これまでに29の海外の研究機関（ヨーロッパ13、アジア9、アメリカ5、南米1、中東1）とMOUを締結し、共同研究の実施や人材の交流を進めている。

【今後の方針・具体的計画】

i) サテライト機関（機関別に記すこと）

筑波大学、東京理科大学、カリフォルニア大学ロサンゼルス校、ジョージア工科大学、ケンブリッジ大学、フランス国立科学研究センター・材料解析構造研究所の6機関に設置しているサテライトについては、3年間の活動報告書の提出を求め審査した結果、いずれのサテライトもMANAの研究の重要な

部分を担いつつ若手研究者育成の場となっていることから、さらに契約を継続することとする。

また2011年度から、新任P IのWinnik教授が所属するモントリオール大学を新たなサテライト機関とする予定である。

また、サテライトP IとMANA研究者との共同研究をこれまで以上に促進するために、2012年に完成予定の新研究棟にラボを設置する予定である。

ii) 連携先機関（機関別に記すこと）

インド化学技術研究所（IICT）との共同研究、ワシントン大学の海外オフィスについては2011年3月をもっていったん終了するが、この間に培った人的ネットワークをもとに今後も両機関とは研究協力を続けていく。

なおナノバイオ強化の一環として、2011年度より東京女子医科大学先端生命医科学研究所にバイオマテリアルメディカルイノベーションラボを置く。MANAで新たに開発した生体材料などについて細胞・動物実験を行なうことにより、新規生体材料の設計基盤技術を確立することが目的である。

MANAが世界のナノテク研究機関のハブとなるために、主要な研究機関との間で研究協力や人的交流を促進する。特にMANAの若手研究者をこれらの機関に積極的に派遣する。

5. 環境整備

【応募時】

1. 研究者が研究に専念できる環境

研究者が研究に専念できる環境を構築するには、1) 出張、物品購入などの事務手続きを研究者の意向に沿って、迅速に処理できる事務支援体制の整備、2) 装置のメンテナンス、依頼業務、実験補助などのテクニシヤンの充実、3) 意思伝達のための会議をできるだけ少なくする、4) 家族を含めた生活支援、などが必要である。とりわけ、本拠点は参画する研究員の半数は外国人であるために、外国人研究者が言葉の障害なく研究に没頭できるような英語の公用語の運営体制を整備する。

英語による事務支援体制：ICYSの5年間の経験から、英語を公用語とした事務支援を既に実施してきており、その経験者を本拠点の事務職員として配置し、そのもとで非常勤の事務職員を新規に採用する。また、主任研究者のもとに、英語が堪能な秘書を採用し、研究者の意向に沿った事務処理を行う。（平成19年12月末までに10名、平成20年3月末までに合計20名を採用）。

・**事務ドキュメントのバイリンガル化：**事務手続き等のすべてのドキュメントは日本語と英語で作成し、研究者の事務を軽減する。また、翻訳や通訳者を置き、外国人研究員への支援を充実する。さらに、若手、ベテランを問わず日本人研究者や事務職員に対する英語教育を実施し、日本人スタッフ全体の英語能力の向上を図る（平成20年3月にバイリンガル

【これまでの進捗状況】

1. 研究者が研究に専念できる環境

MANA事務部門は、国籍・年齢に関わらず、すべての研究者に対して分け隔てなく技術的・事務的業務を支援しており、「研究以外の職務を減免し研究者が研究に専念できる環境を提供する」というWP I事務部門のミッションがほぼ実現している。

英語による事務支援体制：事務部門の職員は21名で、全員が英語に堪能である。外国籍の研究者が半数以上を占めているが、4チームが協力して、英語を公用語とし日本的な「痒い所まで手が届く」サービスを国籍に関係なくすべての研究者に即断即決で提供する体制が整っている。

・**事務ドキュメントのバイリンガル化：**主要なガイドブック、書類、イントラネットなどはほぼバイリンガル化されているほか、英語による会議開催やメールによる連絡等が徹底されている。また外国籍研究者の科研費などの外部競争的資金獲得を促進するため、英語によるインストラクションや申請書作成の支援も行っている。

化完成)。

- ・生活支援：家探し、医療、教育、配偶者の職探しなど生活基盤の面で家族を含めた外国人研究者向けのサポート体制を充実させ、外国人が来日する際に発生する様々なバリアーの徹底した除去を行う。専任のスタッフを1名採用する。(平成19年10月)。
- ・特許専門官：外国人が日本語で特許を申請するために、英語のできる特許専門官を雇用する。
- ・テクニシヤンの充実と装置の開放：テクニシヤンを十分に配置することにより、NIMSが所有する世界最高レベルの大型装置(超高压電子顕微鏡、強磁場マグネット、Spring-8の専用ビームライン、ナノファクトリー)を開放し、研究者がこれらの設備を自由に利用できる体制を構築する。また、大型設備以外のNIMSの先端設備についても、装置の共用化を進める。また、研究補助者等の支援職員を充実させ、研究者に代わりルーティーンの実験補助を行う。テクニシヤン等にはNIMSを定年退官した研究者OBなどを約20名採用する。(平成19年12月末までに5名、平成20年3月までに5名、さらに平成20年12月末に10名の合計20名を採用)。

2. スタートアップのための研究資金提供

外部から招聘した研究者が直ちに自身のラボを立ち上げることができるように、スタートアップ研究資金を支給する。外部招聘の主任研究者の内、NIMSで研究活動を行う場合には、約2000万のスタートアップ資金を配分する。サテライト研究機関で研究を実施する主任研究者には、年間の研究費として1000万円を支給する。ポストドク等の若手研究者については、1000万円以下のスタートアップ研究資金を必要に応じて配分する。また、年間の個人研究費として300万円以下を配分する。1人の主任研究者には平均してポストドク等の若手研究者約3名、NIMSの研究者約2名、ジュニア研究員(大学院生)約2名が1つのグループを形成して研究を推進する。

3. ポストドク国際公募体制

ポストドク等の優秀な若手研究者の確保は本拠点運営の人材育成の面で極めて重要である。幸い、ICYSプロジェクトにおいて、これまでに約70カ国から約1000名の応募者があり、その中から優秀な若手を約25カ国で約50人選抜してきた実績を持つ。ICYSのこれまでのリクルート活動のノウハウを活かして、優秀な若手研究者を確保する。また、大学院生等の確保と研究指導の拡充を図る。中国、インドを始めとするアジア諸国は若手研究者

- ・生活支援：外国籍研究者の生活立ち上げ支援について、科学技術国際交流センター(JISTEC)に業務を委託している。委託費は全額NIMSが負担している。またMANA独自に、外国籍研究者を対象とした日本語教室と日本文化研修を実施している。日本語教室は3年間で延べ315名が参加し、日本文化研修はほぼ月1回のペースで開催し3年間の延べ参加者は462名であった。
- ・特許専門官：21年度まで英語の堪能な特許専門官をMANAでパートタイム雇用し、MANAにおける研究成果の知的財産化を行った。22年度からはNIMSがフルタイムの特許専門官を雇用して本業務を引き継いだ。これまでにMANAから国内166件、海外25件の特許出願をした。
- ・テクニシヤンの充実と装置の開放：事務部門の技術支援チームとして現在4名が実験補助、装置メンテナンス等に従事している。4名のうち3名はNIMSおよび企業を定年退職した元研究職であり、知識が豊富であるばかりでなく英語も堪能で、外国籍も含めた若手研究者の良き相談相手となっている。さらに拠点発足以降これまで、25件の共用研究設備を導入し研究インフラの充実を図っている。

2. スタートアップのための研究資金提供

外部招聘のPIのうち、拠点内にて研究活動を行う2名のPI(高柳、Yaghi)と2009年度に採用されたPI(Traversa)にスタートアップ資金を充当した。

サテライトについて、国内4名、海外4名のPIには、それぞれ1,000万~2000万円/年の範囲で研究運営費を充当した。14名の独立研究者についてはそれぞれ300万円/年を、14名のICYS*-MANA研究員にはそれぞれ200万円/年を、スタートアップ資金として充当した。

*ICYS: International Center for Young Scientists

3. ポストドク国際公募体制

の有力な供給元となる。さらに、女性研究者や女性大学院生の確保には格別の努力を払う。

ポスドク等若手研究者の確保

- ・ **国際公募**：Nature等の国際誌を通じた国際公募とNIMSが提携する約130以上の研究機関長等の推薦公募により行う。若手研究者とはPh.D取得後10年以内とする。
- ・ **多国籍若手研究集団**：本拠点では異分野・異文化・異民族の多国籍若手研究者が造り出す刺激的な国際環境（ICYSではこのような国際環境をMelting Potと命名）が若手研究者の研究活動や人材育成の両面において不可欠な研究環境であることが、ICYSの活動で証明された。そのため、本拠点においても異分野の多国籍若手研究者集団を構築する。約20カ国以上の異なる国籍を有するポスドク等約70名を採用する（平成20年3月までに30名、平成21年3月までに40人で合計で約70名を採用）。
- ・ **応募方法と採用**：応募様式には3年間の研究計画を提案させる。研究計画のオリジナリティや研究者としての将来性を重視して、書類審査と面接審査の2段階で選考する（約5%の合格率を想定）。面接は応募者を本拠点に招聘し、約1時間のインタビューにより合否を決定する（拠点長を委員長とする約6名の主任研究者で採用委員会を構成）。ポスドクは初年度約30名、2年目以降は常時約70名を確保する。雇用期間は2年間で、業績評価によりさらに1年間の延長を認める。雇用期間を最大で3年としたのは、ポスドク等のキャリアアップを優先し、NIMSへの研究職員採用を促進させるためである。

ジュニア研究員（大学院生）の確保

ポスドク等若手研究者の確保：MANAにおいては、ICYS-MANA研究員とMANAリサーチアソシエイトというふたつのポスドク研究員のポジションがある。前者はスーパーバイザーを持たず独立して自らの研究テーマを遂行するポスドクで、NIMS定年制研究職のキャリアパスと位置付けられている。すなわち、パーマネントの研究者となるためには一度ICYS研究員となる必要があり、ホスト機関のNIMSが定期的に国際公募して採用している。後者はPI及び独立研究者に配属される通常のポスドクであり、各PIあるいは独立研究者が候補者を探し、MANAの三役が審査して採用を決めている。

- ・ **国際公募**：拠点発足以来、ICYS-MANA研究員の国際公募を6回行い、応募者総数426名の中から19名を採用した。
- ・ **多国籍若手研究集団**：2011年3月末現在、ICYS-MANA研究員は15名で、うち外国人は9名。MANAリサーチアソシエイトは64名、うち外国人は56名。合わせてポスドク研究員は79名を数え、そのうち外国人は65（82%）であり、国際色豊かな多国籍若手ポスドク集団が実現している。

大学院生（ジュニア研究員）の確保：NIMSは筑波大学、北海道大学、早稲田大学と協定を結んで「NIMS連係大学院」を運営し、NIMSの第一線の研究者が大学院生に対して最先端の研究について指導している。2011年3月末現在、20名のMANAの研究者が連係大学院の教員である。特に優れた能力を有する連係大学院生は「NIMSジュニア研究員」として、NIMSの研究業務への貢献について賃金を支給される。2011年3月現在、MA

- ・ **筑波大学大学院**：NIMSと筑波大学が共同で運営する筑波大学大学院数理物質科学研究科物質・材料工学専攻は2004年4月に第1期生を受け入れて以来、入学試験を英語で実施するなど、国際化に注力した結果、現在博士課程の在学生の半数以上が外国人学生である。この制度を拡張し、中国やインド等の海外からの優秀な大学院生を確保し、ジュニア研究員として研究の一翼を担わせる。特に、本拠点形成と同時に修士課程の授業を筑波大学の教官ならびに物質・材料工学専攻教官が相補的に分担しつつ、必修単位をすべて英語で履修できるような英語カリキュラムを整える。また、全大学院生にNIMSジュニア研究員として世界水準の研究アシスタントシップ（毎月約20万）を給付することにより、学費・生活費の不安を持たずに学業研究に専念できる環境を与える。
- ・ **国際連携大学院**：NIMSで既に実施しているチェコのCharles Univやオーストラリアのクイーンズ大学などとの国際連携大学院制度を拡充して、優秀な大学院生を本拠点の主任研究者のもとで研究に参画させる。

若手研究者の人材育成：本拠点の特徴の一つは世界トップレベルの主任研究者の下で、次代を担う優秀な若手研究者を育成してゆくことである。そのために、本拠点ではICYSでの取り組みをさらに発展させるものである。

NAに籍を置くジュニア研究員は31名、うち外国人は28名である。

NIMS関係大学院の規模

| 大学名 | 教員数 | 学生数 |
|-------|-----|-----|
| 筑波大学 | 10 | 13 |
| 北海道大学 | 5 | 13 |
| 早稲田大学 | 5 | 5 |

- ・ **筑波大学大学院**：2009年9月から、修士課程に必修単位をすべて英語で履修できるカリキュラムを導入した。海外の優秀な学生を修士課程からNIMS関係大学院に取り込むことがこのねらいである。
- ・ **国際連携大学院**：国際連携大学院は、海外の著名な大学院と提携して博士後期課程の学生を数カ月から1年間受け入れ、NIMS研究者が研究指導をするプログラムである。MANAは、2011年3月までにモスクワ大学（ロシア）、カレル大学・パデュビッセ大学（チェコ）、ワルシャワ工科大（ポーランド）、西安交通大学（中国）、延世大学（韓国）、ジャワハルラル・ネール先端科学研究センター、アンナ大学（ともにインド）から合計25名の学生を受け入れている。
- ・ **インターンシップ**：NIMSではインターンシップ制度を設けて、連携大学院などの協定を結んでいない国内外からの大学からも積極的に学生を受け入れ、材料・ナノテクの研究に従事する機会を提供している。MANAは2011年3月までに89名を受け入れた。うち80名が外国籍である。これにはアメリカNSFの「学部生のための研究体験プログラム」による学部生11名の受け入れを含む。

若手研究者の育成

・ **Melting Potによる育成**：世界から多国籍の優秀な若者が1つの拠点に集まり、刺激の中で才能を開花させる国際環境を構築する。そのために、20カ国以上の異なる国籍を持つ若手研究者約60名を集結させる。

・ **メンター制度**：Ph. D取得後10年以内の若手研究者の自立性を高めるために、世界トップレベルの主任研究者がメンターとなり、若手研究者の自主性を尊重した研究アドバイスを行う。ICYSの5年間において、メンター制度が若手研究者の自立性の向上、研究スコープの拡大、独創性の発揮などに極めてであることが証明された。

・ **3Dによる人材育成**：若手研究者の自立性を高め、幅広い知識や経験を持った学際力を養うには、3Dと呼ばれる人材育成を実施する必要がある。即ち、Double-mentor、Double-discipline、Double-affiliationである。複数のメンターによる研究指導で自立性の強化、複数の研究テーマを持つことによる学際性の強化、複数の所属による独立心の強化である。そのために、サテライト機関や海外連携機関を活用する。本拠点に所属するジュニア研究員（大学院生）についても3Dによる人材育成を図る。

・ **キャリアデベロップメント**：本拠点での上記の人材育成の結果、若手研究者をNIMSのパーマnent研究職員として採用するだけでなく、国内外の研究機関に准教授等のポジションにキャリアデベロップメントさせる。

4. 英語を使用言語とする事務スタッフ機能

既に述べたように、NIMSはICYSプロジェクトを通じて、英語の公用語による研究運営を実施してきており、既に事務系職員の育成やノウハウを蓄積している。英語公用語の実施においては、研究者よりはむしろ事務系職員の英語能力の改善と事務手続き資料等の英文化がその成否の鍵となる。日本においては、英語と日本語のバイリンガルによるドキュメント作成や意思伝達が効果的である。本拠点ではICYSでの経験を持つ、約5名の事務経験者を参画させる。英語の公用語のために、下記を整備する。

・ **Life in NIMS**：来日手続きや生活情報等を詳しく記載したLife in NIMSを作製する（約30ページ）。ICYSで作製した小冊子を一部改定する。

・ **Melting Potによる育成**：2011年3月末現在、MANAにおける若手研究者数*は、22カ国から169名である。世界中から多数の若手研究者が一堂に会し、互いに切磋琢磨して能力向上を図ることができる環境が実現している。

*若手研究者：MANA研究者、独立研究者、ICYS-MANA研究員、MANAリサーチアソシエイト、大学院生

・ **メンター制度**：MANA研究者と独立研究者は、本人が希望するメンターを各々提案することができる。ICYS-MANA研究員には、自立的に研究が可能な環境を与えたいうでメンターを割り当てる。このように、若手研究者の自主性を尊重しつつ研究アドバイスを与える体勢を整えている。

・ **3Dによる人材育成**：3D制度は、グローバル感覚を有する多面的な若手研究者を育てるのに極めて有用なことから、MANA研究者、独立研究者だけに止まらず、2009年度からICYS-MANA研究員に対しても本制度を適用することとした。これまでに延べ32名がこの制度を利用している。

・ **キャリアデベロップメント**：2011年4月までに、MANA研究者2名及び独立研究者4名がグループリーダーに昇格し、12名のICYS-MANA研究員がNIMSの定年制研究者に採用された。このほか、MANA研究者1名が河北工業大学の学部長に、ICYS-MANA研究員1名がライプニッツ固体物理・材料研究所のグループリーダーに任用されるなど、MANAは着実に、若手研究者のキャリアデベロップメントに向けて重要な役割を果たしている。

4. 英語を使用言語とする事務スタッフ機能

MANAは、外国籍研究者を含むすべての研究者に対して事務的サービスを迅速に提供することにおいてほぼ完璧な環境にある。事務部門のスタッフは、あらゆる事態に対応できる経験と知識を備えており、ある外国籍研究者をして「アメリカやヨーロッパのいくつかの機関で研究をしてきたが、MANAがベストの研究環境である」とまで言わしめているほどである。

またMANAのスタッフが中心となって、NIMSの新任研究者に対して英語によるオリエンテーションとラボツアーを定期的に開催している。就業規則、福利厚生、研究関連事務（購買、出張等）、知的財産、研究倫理、外部資金申請、安全衛生など研究活動に必要な情報の提供と、主要な研究施設

- ・ **NIMS Research Guide** : NIMS での研究活動に関する情報を作製する (約 50 ページ)。ICYS で作製した小冊子を一部改定する。
- ・ **各種事務ドキュメントのバイリンガル化** : 出張、物品購入、給料、規則などのドキュメントをバイリンガル化する (約 100 ページ)。すでに、ICYS で作成済みであるが、これを一部改定する。
- ・ **主任研究者会議** : 月に 1 回開催する同会議は英語対応で実施する。
- ・ **イントラネット** : インターネットを用いた拠点内の事務連絡は英語と日本語のバイリンガルで行う。

5. 研究成果評価システムと能力連動型俸給制度の導入

本拠点はNIMS本体とは異なる給料システムを構築し、優秀な研究者を確保し、そして処遇できる弾力的な給料体系を構築する。年俸制などすでにICYSで実施してきた制度をさらに拡充させる。

- ・ **年俸制** : 外部から招聘の任期付き主任研究者やポストドク等の任期付き若手研究者の給料は年俸制とする。年俸制は既にICYSで実施済みなので、その経験を活用する。外部から招聘する任期付き主任研究者の年俸は実績に基づき1000~2000万円とする。ポストドク等の任期付き若手研究者は約500万円程度以上とし、業績により査定する。
- ・ **給料の査定と契約更新** : 拠点長は若手研究者の研究実績を評価したうえで、次年度の給料を決める。給料は年功序列とせず、研究実績をもとに同年齢でも成績によりボーナスに対して約50%以上の格差が生じ得るようにする。
- ・ **業績評価委員会** : 若手研究者の研究実績を毎年 1 回評価する (拠点長が委員長で数人の主任研究者で構成)。契約更新、次年度の給料と研究費等を査定する。
- ・ **拠点評価委員会** : 外部の有識者からなる拠点評価委員会 (半数程度を外国人、委員長は外部有識者を任命) を設置し、拠点の運営や研究活動についての評価を行う。この際、拠点長と主任研究者の業績評価も行う。理事長は、拠点評価委員会での結果を受けて、拠点長の年俸を決定する。主任研究者の任期は5年とし、3年目で中間評価を行う。また、5年後の評価で優れた実績を残したものはさらに5年の継続を認める。主任研究

の見学を通して、NIMSでの研究を可及的速やかに立ち上げることができるよう配慮している。

そのほか、英語による会議開催やメールによる連絡等が徹底されているほか、主要なガイドブック、書類、イントラネットなどはほぼバイリンガル化されている。

またホスト機関のNIMSは、2010年度から40歳以下の若手定年制事務職員全員に対して毎年TOEICを受験させ、点数に応じてスクーリング付き通信教育や海外語学研修を課すなど、事務職員の英語能力向上に本格的に取り組み始めた。TOEIC700点以上の成績優秀者に対してMANAサテライトのUCLAにおける6か月間のインターン研修制度も開始し、初年度はMANA事務部門の松本が選抜された。

5. 研究成果評価システムと能力連動型俸給制度の導入

PIを含むMANAの主たる研究者はNIMSのパーマネント研究職である。NIMSのパーマネント研究職に対しては、毎年、論文、特許等の研究成果等を評価する個人業績評価を実施している。論文については、インパクトの高いジャーナルに発表するほど、また共著者よりも筆頭著者である方が高いポイントが得られる。特許は、単なる出願よりも登録、さらには実施許諾に至った方が高ポイントを得られる仕組みとなっている。2010年の業績評価はNIMSパーマネント研究職399名を対象に行われたが、トップ20にMANA所属の研究者13名 (PI 8名、MANA研究者2名、独立研究者3名) がはいており、MANAの研究者が優れた業績をあげていることを示している。

業績評価の結果は翌年度のボーナスに反映され、高い業績をあげた研究者に対しては評価ポイントに応じた業績加算額が支払われる。ボーナス総額はNIMS全体でゼロサムとなっており、高業績のMANAの研究者は、平均よりも多い業績加算額を得ている。2010年に高い業績をあげたPIと独立研究者を例にとると、2011年にそれぞれNIMS標準の約2.5倍、約4倍の業績加算額を得ることになっている。

MANA内部評価委員会は外部の有識者10名から構成され、ケンブリッジ大学のCheetham教授が委員長を務めている。これまでに2回、2008年3月12日と2010年3月10日に内部評価委員会が開催され、拠点の運営や研究活動について評価を受けた。WPIプログラム委員会の指摘事項と同様に、出されたアドバイスと提案についてはアクションプランを作成して対応している。

者は若返りや新規分野の導入等、拠点の硬直化を防ぐ観点から、発足後5年後には全体の1/4程度は入れ替わることとする。但し、拠点に所属する研究者のうち、NIMSに籍を持つ研究者の給料は本拠点での業績評価結果に基づきNIMS側が負担する。

6. 世界トップレベルに見合う施設・設備環境の整備

- ・ **本拠点のスペース**：本拠点の研究活動のためにNIMSは全体で約10,000m²のスペースを提供する。
- ・ **実験スペース**：自立的に研究を推進するポストドク等の若手研究者等に限って、ナノ・生体材料研究棟に居室と実験室を配分する（全体で約4000m²）。実験スペースとして、約1/2スパンを与える。外部招聘の主任研究者には必要十分なスペースを配分する。
- ・ **個室とカフェテリア**：若手研究者が研究に没頭しやすく、且つ居住環境のよい個室（約12m²）スペースを提供する。特に、Melting Pot環境を実践するために、居室を同場所1ヶ所に集約するとともに、カフェテリアなどの雑談の場所を十分に確保する。ICYSで用いている個室を本拠点で活用し、さらに不足分の約10の個室部屋を新規に整備する。
- ・ **研究設備**：共通性が高く、世界最高レベルの先端装置（例えば、超高性能電子顕微鏡など）を計画的に整備してゆく。

7. 世界トップレベルの国際的な研究集会の開催

材料研究分野での世界のトップ拠点としての存在感を示すために、国際研究集会を年に1回開催する（300人規模）。また、ワークショップを適宜開催し、この分野での世界のトップ研究者の交流の場とする。また、若手研究者の育成のためのサマースクールを毎年、夏に開催する。

6. 世界トップレベルに見合う施設・設備環境の整備

2008年10月1日より、旧ナノ材料・生体材料研究棟の全棟13,000m²をMANA棟として、主要な研究者を集結させてMANAの主要活動スペースとしている。その他にも、新任のPIのために、MANA棟外に実験室や居室の整備をした（約600m²）。

またMANA棟5階の渡り廊下に、カフェテリア、プレゼンコーナー、ディスプレイコーナーを新装して、メルティングポット環境のさらなる充実を図った。

なお、2009年度の一次補正予算で新MANA棟の建設が認められた。床面積6,000m²の新棟は、現在のMANA棟の南側に隣接する形で2012年初めに完成する予定である。カフェテリアを含むメルティングポットゾーンを備え、ナノマテリアル、ナノシステム、ナノグリーン、ナノバイオの4分野間の更なる融合を図り、拠点の活動の活性化が期待できる。

このほか、NIMSナノテクノロジー融合支援センターのうち、MANA棟に設置されるナノ造形ラインを切り離し、2009年4月付けでMANAファウンドリとしてMANAの直接運営とした。MANAファウンドリの全スタッフ数は13名である。MANAが目指すナノアーキテクトニクスによる新材料・新システムの創製をより推進することがそのねらいである。なおMANAファウンドリの運営に係る経費は、全額ホスト機関からのサポートによる。

また、MANAは2011年3月までに25件（総額4億3,000万円）の共通研究設備を整備し、研究インフラの向上に努めた。

7. 世界トップレベルの国際的な研究集会の開催

MANA国際シンポジウムは、毎年その規模を拡大しており、2011年3月に開催された第4回シンポジウムでは、400名以上の参加者を数えた。MANAは、通常のワークショップのほか、ノーベル賞受賞者ノボセロフ博士を招いて開催した「ディラック電子系に関する国際ワークショップ」等、若手研究者によって企画、実行されるワークショップも実施しており、その数は順調に増えている。

平成19・20年度：10件

| 代表例（会議名称と開催地） | 参加人数 |
|-----------------------------------|--------------------|
| 名称：MANA国際シンポジウム2008 場所：茨城県つくば市 | 国内：154名 海外：108名 |
| 名称：MANA国際シンポジウム2009 場所：茨城県つくば市 | 国内：175名 海外：135名 |

平成21年度：13件

| 代表例（会議名称と開催地） | 参加人数 |
|---|--------------------|
| 名称：ナノテクノロジーと材料科学の未来に関するシンポジウム2009 場所：茨城県つくば市 | 国内：108名 海外：43名 |
| 名称：MANA国際シンポジウム2010 場所：茨城県つくば市 | 国内：191名 海外：135名 |

平成22年度：8件

| 代表例（会議名称と開催地） | 参加人数 |
|------------------------------------|--------------------|
| 日仏ナノマテリアルワークショップ 場所：フランス、トゥールーズ | 国内：30名 海外：45名 |
| 名称：MANA国際シンポジウム2010 場所：茨城県つくば市 | 国内：276名 海外：130名 |

8. その他取組み

本拠点の最大の特徴は、世界トップレベルの主任研究者とそのもとに集まる若手研究者が世界をリードする優れた研究成果を発信する研究センターだけではなく、在籍する若手研究者がリーダーとして育成され、キャリアアップしていく人材育成センターである点である。主任研究者のアイデアを活かすだけでなく、若手研究者の新鮮且つ斬新な発想をも活かそうとするのが本拠点の特徴である。その実現のために、本拠点の若手研究者の外国人比率は50%以上とする。本拠点の強みは、ICYSプロジェクト5年間で取り組んできた英語の公用語による研究運営法や若手研究者の人材育成法の成果をもとに、それをさらに拡充・発展させることができる点である。

国際的に魅力ある研究環境を作るには、以下の点に留意するべきである。

- **英語の公用語化**：語学的なバリアーを除去し、外国人研究者が日本語がわからなくても全ての仕事ができる体制の構築が必要である。

8. その他取組み

外国籍研究者の招へい：世界中からあらゆるレベルの研究者が集まる研究拠点を作り上げるために、3つのプログラムによって研究者を招へいした。

- ・ **NIMS Open Research Institute Program**：著名研究者から若手研究者まであらゆるレベルの研究者を招へいするホスト機関NIMSのプログラム。2011年3月までに125名をMANAに招へいした。
- ・ **MANA Short-Term Research Program**：MANAに1か月から3か月間滞在してMANAの研究者と共同研究ができる海外研究機関のファカルティメンバーを招へいするMANA独自のプログラム。2011年3月までに33名を招へいした。
- ・ **JSPS Invitation Program**：2009年度第一次補正予算による2009年度限定の事業。国際的に卓越した研究者と若手研究者をセットで招へいして、若手研究者の育成と研究環境の国際化を促進するのがねらいである。NIMSの運営費交付金も使って、2010年の初頭から欧米の著名研究者7名と若手研究者11名を招へいした。招へい者がもっとも集

- **自立的な研究実施体制の保障**：若手研究者に対する自立的な研究遂行を保障する。そのために、世界トップ研究者である主任研究者をメンターに任命し、若手研究者の自立支援を促す。また、テクニシャン等の支援職員を手厚く配置し、装置の共用や依頼業務の実施などにより、若手研究者の自立性を促進させる。
- **高い給料水準**：NIMSの研究者よりも高い給料を与え、若手研究者のモチベーションを高める。

世界有数のNIMS設備の利用：強磁場、ナノファウンドリー、SPRING-8専用ビームライン、超高圧電子顕微鏡などNIMSが世界に誇る最先端の大型装置の利用ができる体制を構築する。

まった3月下旬に、合宿形式のワークショップを開催した。
 なお、これらのほか2011年3月までに、200名を超える研究者がセミナー講師又は共同研究のためMANAを訪れた。

大学との連携：2008年度のフォローアップ委員会で、「NIMSは大学ではないので、MANAは学生（大学院生）を色々な形で取り入れることに、特別の努力を払うべきである。」という指摘がなされたことに呼応して、世界各国の大学との合同ワークショップを積極的に開催した。またMANAの多くの研究者が大学の教職を併任しており、学生の教育に尽力している。

- ・ **合同ワークショップ**：2011年3月までに、MANAは国内外の大学と18回のワークショップを開催した。研究交流の促進とともに、MANAの認知度を上げて人材の発掘をするのが目的である。
- ・ **大学教育への参画**：上述したように、NIMS連係大学院の筑波大学、北海道大学、早稲田大学において教職のポジションにいるMANAの研究者は20名である。またこれらの大学以外の客員教授として学生を預かっている研究者は6名を数える。

【今後の方針・具体的計画】

1. 研究者が研究に専念できる環境

MANAにおいては研究者が研究に専念できる環境はほぼ整っている。スタッフの大半は任期制職員であるので、メンバー交替によってサービスの質が低下しないようにナレッジやノウハウを伝承していく。

2. スタートアップのための研究資金提供

今後も外部から着任する研究者に対して、引き続きスタートアップ研究資金を支給する。2011年度から新たに主任研究者となるモントリオール大学のWinnik教授に対しては、MANAにおいて直ちに研究が始められるよう必要な研究設備を購入しラボを整備する。

3. ポスドク国際公募体制

ICYSは、優秀な若手ポスドク研究者を世界中から選抜・育成し、その中からNIMSのパーマnent研究者を選りすぐるというシステムとして成功しているため、今後も継続する。また大学院生も重要な研究の戦力であることから、今後もNIMS連係大学院やインターンシップ等を通して世界中の優秀な学生を受け入れる。

4. 英語を使用言語とする事務スタッフ機能

ホスト機関のNIMSは2010年度からパーマnent事務職員の英語能力向上に取り組み始めており、MANAはこの動きとタイアップして、NIMS本体における事務的サービスの英語化を推進していく。またUCLA等における研修で事務職員が得た知見を、今後の人材育成、研究融合システム、事務部門運営等の改善に活かしていく。

5. 研究成果評価システムと能力連動型俸給制度の導入

研究者の業績については単年度評価から3年平均評価に変更する。研究者がより挑戦的な研究課題に取り組むことができるようにするのが狙いである。業績評価結果のボーナス反映については継続する。

6. 世界トップレベルに見合う施設・設備環境の整備

2012年春に完成する新研究棟については、融合研究を促進し壮大な課題に挑戦ができる場として相応しいオフィス、ラボ、インタラクティブスペース等を配置する。また、サテライトP I のラボを新研究棟内に設置し、MANA本体の研究者との共同研究を加速させる。

7. 世界トップレベルの国際的な研究集会の開催

MANA国際シンポジウムは定着して年々参加者が増加傾向であり、MANAを象徴する国際的な研究集会として今後も継続する。そのほかに、国内外の一流研究機関における合同ワークショップや、若手研究者の企画による個別テーマに関するワークショップの開催を奨励する。

8. その他取組み

東日本大震災によってMANAファウンドリや電子顕微鏡などの実験設備が被害を受けたが、速やかに実験設備の復旧に努め研究環境の回復を図る。震災により研究実施に支障が生じた研究者に対しては、国内外の他研究機関に派遣して研究を遂行する措置をする。

また外国籍研究者の足が日本から遠のいているが、速やかにインフラを復旧し様々なキャンペーンを展開して、震災前のように世界中から研究者が集まり切磋琢磨しあう「メルティングポット」を復活させる。

6. 世界におけるレベルを評価する際の指標・手法

【応募時に予定した指標・手法と中間評価時の達成目標】

i) Criteria and methods to be used for evaluating the center's global standing in the subject field

評価指標としては、インパクトの高い成果（有名雑誌への投稿論文数）、世界トップレベルと称するに相応しい研究者の割合、外国人研究者の数、外部資金の獲得総額、民間企業との共同研究の件数、出願特許ならびに取得特許の件数、特許の実施状況、招待講演の数、学会賞等の受賞状況などがあげられる。また、ISIによるmaterials science分野の研究所被引用件数ランキングも絶対とは言えないが、研究機関を評価する有力な指標となり得る。

ii) Results of current assessment made using said criteria and methods

ISIによるmaterials science分野の過去10年間の研究機関別被引用数ランキングによると、本拠点申請のホストであるNIMSは2007年5月時点で世界12位にランクづけられている。NIMSのランクづけが始まった2003年では31位であったので、NIMSはこの4年間で被引用数を大幅に伸ばしている。さらに独法化前の5年間（1996年～2000年）と独法化後直近の5年間（2002年～2006年）の被引用数を比較すると、NIMSは世界31位から6位に躍進している。このことは、6年前に実施した独立行政法人化とそれに伴う組織改革により当機構が材料科学分野で格段に成果を伸ばしていることを意味している。

また近年機構で実施している大胆な人材採用・育成方針により世界トップレベルと位置づけられる研究者数も本申請の主任研究者候補10名を数える。さらに、当機構で4年前に設立した若手国際拠点(ICYS)における国籍を問わない若手育成プログラムにより、次世代をになうトップレベル若手研究者の育成が着実に進んでおり、事後評価後には現在の倍以上の約20名程度の世界トップレベル研究者を抱えることができると期待されている。

iii) Goals to be achieved through the project (at time of interim and

【現状に対する自己評価】

以下に列挙する事実から判断して、「世界中の研究者が所属してみたいと考える世界最高レベルの研究拠点となる」という目標達成に向けて事業は非常に順調に進行していると自己評価する。

✓ 5年後の目標として掲げた項目のうち、以下について現時点で達成している。

①2011年3月1日付けのトムソンロイター社のESIデータベースによれば、材料科学分野の直近の5年間（2006年1月～2010年12月）の研究機関別被引用数において、MANAホスト機関のNIMSは世界5位にランクされており、世界5位以内に押し上げるという5年後の中間評価の段階での目標をクリアしている。

②拠点発足以来2011年3月31日までに、161名のポスドクと68名の大学院生がMANAで研究に携わっており、5年後にそれぞれ100名、50名を育成するという目標を達成した。

✓ 10年後の終了時の目標として掲げた項目のうち、以下について現時点で達成している。

①日本の研究機関の中では、材料科学分野での被引用数が第1位である。

②外部資金の獲得総額は2008年度と比較して1.63倍となっている。

✓ 5年後の目標のうち現時点で未達のものは、「パーマnent研究職の10%を外国籍とする」という項目である。前倒しで達成の予定であったが、中国の「千人計画」で中国籍研究者4名を引き抜かれて一歩後退し、2011年3月31日現在、NIMSにおける外国籍のパーマnent研究職は37名で9%である。

✓ WPIプログラムの「4つの目標」についても相当程度達成している。

①世界最高レベルの研究水準

◇上述したように、ESIの材料科学分野の直近の5年間の研究機関別被引用数で、NIMSは世界5位にランクされた。NIMSの被引用数の約5割がMANAに所属する研究者が書いた論文によるものであり、MANAに所属する研究者数の比率（18%）からする

final evaluations)

5年後の中間評価の段階での目標

- ・ホスト機関である物質・材料研究機構は、ISIの材料科学分野での学術論文に関する統計において、5年単位の論文引用回数積算のカテゴリーで、単一の独立した研究機関として世界で上位5位にランクされる。
- ・拠点は、その時点で、世界中からのべ100人の優れた若手研究者と、50人の大学院生を選抜し育成する。
- ・物質・材料研究機構の定年制職員の約10%を外国人とする。

10年後の終了評価の段階での目標

- ・本拠点は、世界中の研究者が所属してみたいと考える世界最高レベルの研究拠点となる。
- ・ホスト機関である物質・材料研究機構は、ISIの材料科学分野での学術論文に関する統計において、5年単位の論文被引用回数積算のカテゴリーで、世界で上位3位にランクされる。ここでの単一機関とは、中国科学院やドイツのマックスプランク研究所のような巨大な研究機関連合体ではない機関という意味を持ち、すなわち、ISIの統計で物質・材料研究機構が上位3位以内になることは、現状では、単一機関として世界一になることを意味する。
- ・日本の研究機関の中では、材料科学分野での被引用数で第一位となる。
- ・外部資金獲得総額を現在の1.5倍に増加させる。
- ・世界中から、のべ200人の優れた若手研究者と100人の大学院生を選抜し育成する。
- ・拠点は、材料科学分野の新進気鋭のリーダーを育成するという機能をもつ。そのため、物質・材料研究機構は、拠点出身の国内外の研究者から累計総数として50名以上のパーマネントスタッフを採用する。さらに、拠点到学生、あるいは、ポスドクとして拠点到在籍したことのあるものの内50名以上が国内外の大学・研究機関に職を得る。
- ・NIMSの若手研究者の内、20%が外国出身者となる様にする。

とMANAの寄与は大である。

- ◇MANAに所属する研究者の業績が世界に認められている。拠点長の青野博士は2010年のファイマン賞を受賞した。またPIの有賀博士が2008年に執筆した論文が、2010年11月付けで過去2年間の材料科学分野の被引用数世界一となった。
- ◇2011年のNIMS理事長賞(研究功績賞、研究奨励賞)をMANAの4人の研究者(有賀博士、Pergolesi博士、Fabbri博士、田口博士)が独占した。
- ◇2010年度は顕著な研究成果が実を結び始め、新聞の報道数は約3倍に急増した。特筆すべき研究成果を以下に列挙する。
 - 人工光合成に繋がる光触媒材料
 - 100万分の1の消費電力で作動する新トランジスタ
 - 世界最高性能の薄膜コンデンサ素子
 - レアメタル使用量の大幅削減に繋がるネオジム永久磁石や排ガス触媒材料
 - 小型固体電解質型燃料電池に適した高性能電解質材料
- ◇MANAは第一級の装置群を集めたMANAファウンドリを有しているほか、MANAの研究者はNIMSが数多く保有する世界最先端、最高性能の研究設備を利用できる。またMANAはNIMS最新のビルに居を構えており、2012年には新研究棟が完成し分野融合の一層の推進が期待される。
- ◇毎年、MANAの研究者は大型の競争的資金を獲得し続けており、外部資金獲得額は順調に増えている。

②融合領域の創出

- ◇若手研究者による融合研究の促進をねらい、融合研究促進助成制度を導入した。深田博士によるシリコンナノワイヤーを用いた新型の高効率太陽電池の研究は最先端・次世代研究開発支援プログラムに採択されたほか、吉川博士が開発した画期的な膜型表面応力センサーは新聞やウェブにも大きく取り上げられ科研費若手Aにも採択されるなど、この制度は大きな成果をあげた。
- ◇2011年3月までに199回開催されたMANAセミナーは、MANA内外の研究者がホットな研究トピックスを提供し、MANAの研究者と議論しあう場である。分野の異なる若手研究者に出席を半ば強制し、毎回まさにメルティングポットの活況を呈しており、分野融合の推進に一役買っている。
- ◇異分野の研究者を集めて合宿形式のグランドチャレンジミーティングを行っている。異分野融合を推進し若手研究者の挑戦意欲をか

きたてるのに大変有益である。

③国際的な研究環境の実現

- ◇2011年3月31日現在、MANAに滞在する研究者は197名であり、うち外国籍研究者は113名で57%を占めている。このほかにもMANAを訪問する国内外の研究者は数多く、世界中から研究者が集まる国際的な拠点となっている。
- ◇ICYsはNIMSのパーマネント研究者の登竜門として完全に定着している。定期的に行っている国際公募には、世界中から多数の応募がある。
- ◇MANA事務部門は、国籍・年齢に関わらず、すべての研究者に対して分け隔てなく技術的・事務的業務を支援しており、「研究以外の職務を減免し研究者が研究に専念できる環境を提供する」というWPI事務部門のミッションがほぼ実現している。
- ◇これまでに29の海外の研究機関とMOUを締結し、共同研究の実施や人材の交流を進めている。MANAのミッションのひとつとして、MANAがハブとなって世界のナノテク拠点を繋ぐネットワークの構築を進めている。

④研究組織の改革

- ◇拠点長には理事長より拠点内での運営全般に関する権限が委譲されており、拠点長、最高運営責任者、事務部門長の三役が、拠点運営について随時協議し即断即決する体制が整っている。
- ◇事務部門の職員は全員が英語に堪能である。英語を公用語とし日本的な「痒い所まで手が届く」サービスを国籍に関係なくすべての研究者に即断即決で提供する体制が整っている。
- ◇MANAがNIMS本体のシステム改革の一部（国際化、人材育成）を推進することがその第3期中期計画に明確に位置付けられた。ホスト機関のNIMSは、MANAにおける英語公用語化の取組みをNIMS全体に波及させるため、2010年度より若手の定年制事務職員全員を対象に英語能力向上プログラムを開始している。
- ◇ホスト機関NIMSは、WPIプログラムの重要性と仕組みをよく理解し、リソースの提供、権限の移譲等、最大限の支援をしている。

【今後の方針・具体的計画】

最高レベルの研究およびそのシーズとなるべき融合研究については、今後も挑戦的な課題に取り組む風土作りとそれを資金面で助成する制度面の後押しを続け、継続的に独創的なテーマの掘り起こしを図る。このようにして創出された優れた研究成果は、自ずと被引用数の増加等、数値的な目標の達成に繋がるであろう。

MANAで培っている国際的な研究環境や若手研究者の育成システムについては、より一層魅力的な実効性のあるものとし、ホスト機関NIMSや他の研究機関への波及を図る。その結果として、若手研究者や外国籍研究者に関する数値的な目標は達成されるであろう。

世界中から研究者が集まる「世界的に目に見える」研究拠点とするため、MANAをハブとする世界のナノテク拠点を繋ぐネットワークを完成させる。

7. 競争的研究資金等の確保

【応募時の見通し】

2007年には、文部科学省のナノテクノロジーネットワーク施策が発足し、ホスト機関は、これに参画することで、共用装置の運営維持経費を獲得することができた。この資金で維持運営される共用装置は、当然、本プロジェクトに置いて活用されることになり、ホスト機関の獲得資金は、上記の見積もりを大きく上回ることになる。

さらに、近年、優秀な若手研究者の数が増えてきている。そのため、そうした若手研究者が獲得する外部資金の額も増加の傾向にある。

申請書に添付されているコミットメントで述べられているとおり、運営費交付金から主任研究者に対して配分される研究費は、以前と同様に配分されることになっている。

【これまでの獲得実績】

過去3年半の間に、拠点に参画する研究者が獲得した研究資金の合計は、78.2億円である。その内訳は、外部競争的資金31.9億円、民間資金7.7億円、NIMSからの研究資金38.6億円である。

年度別の獲得額は下表のとおりである。なお、2007年度については半年分として50%の額を計上した。

獲得した研究資金（百万円）

| 種別 | 2007年度 | 2008年度 | 2009年度 | 2010年度 | 合計 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 外部競争的資金 | 365 | 630 | 1,044 | 1,150 | 3,189 |
| 民間資金 | 57 | 227 | 233 | 251 | 768 |
| NIMSからの研究資金 | 628 | 1,041 | 1,141 | 1,051 | 3,861 |
| 合計 | 1,050 | 1,898 | 2,418 | 2,452 | 7,818 |

過去3年半の間に、新たに獲得した主な外部競争的資金は次のとおり。

○戦略的創造研究推進事業（CREST）

- ・佐々木高義：無機ナノシート（2008） [168百万円]
- ・宮原裕二：バイオトランジスタ（2008） [75百万円]
- ・韓礼元：色素増感太陽電池（2009） [155百万円]
- ・有賀克彦：動的界面ナノテクノロジー（2009） [88百万円]
- ・長谷川剛：アトムトランジスター（2009） [117百万円]
- ・樋口昌芳：カラー電子ペーパー（2010） [73百万円]

○戦略的創造研究推進事業（さきがけ）

- ・深田直樹：縦型立体構造デバイス（2007） [49百万円]
- ・館山佳尚：固液界面構造・反応設計（2007） [44百万円]
- ・樋口昌芳：マルチカラーエレクトロクロミック材料（2007） [44百万円]

- ・ 山内悠輔：次世代磁気記録媒体（2008） [107百万円]
- ・ 野口秀典：光エネルギー変換（2010） [45百万円]
- ・ 柳田真利：色素増感太陽電池（2010） [41百万円]
- 戦略的創造研究推進事業（TRIP）
 - ・ 室町英治：鉄ニクタイト系新規超伝導体の探索と線材化（2008） [51百万円]
- 科学研究費補助金（基盤研究A）
 - ・ 大橋直樹：酸化亜鉛系混晶自立ウエファー素子（2008） [49百万円]
 - ・ 塚越一仁：原子薄膜高速トランジスタ（2009） [47百万円]
 - ・ 宝野和博：高スピン分極磁性材料（2010） [45百万円]
 - ・ 中山知信：新機能マルチ走査プローブ（2010） [48百万円]
 - ・ Alexei Belik：機能性遷移金属酸化物（2010） [48百万円]
- 科学研究費補助金（若手研究S）
 - ・ 長尾忠昭：赤外プラズモン（2008） [89百万円]
- 最先端研究開発支援プログラム（FIRST）
 - ・ 室町英治：新超電導および関連機能物質の探索と産業用超電導線材の応用（2010） [205百万円]
 - ・ 田口哲志：がんと心臓病を撲滅する最適医療開発（2010） [80百万円]
- 最先端・次世代研究開発支援プログラム（NEXT Program）
 - ・ 深田直樹：次世代高効率太陽電池（2010） [113百万円]

【今後の見通し・戦略】

これまで、P I が単独でCRESTなどの外部競争的資金を獲得してきたが、今後はP I 間等の共同提案による異分野融合的な研究プロジェクトによる大型の外部競争的資金の獲得を目指す。その仕組みとしては、若手研究者を対象としたMANAの融合研究促進助成制度が最先端・次世代研究開発支援プログラム（NEXT Program）の獲得に結びついたように、独創的・挑戦的な研究課題の創出を促すMANA独自の研究助成制度を立ち上げる。

また、拠点の半数以上を占める外国籍研究者の外部競争的資金獲得に注力する。MANA在籍の外国籍研究者に対しては、これまで以上に競争的資金への提案を奨励・支援する一方、海外サテライトP I との国際共同研究プロジェクト等にも積極的に応募する。

8. その他の世界トップレベル拠点の構築に関する重要事項

【応募時】

本拠点プロジェクト終了後であっても、ホスト機関である物質・材料研究機構は本拠点を維持運営するための資金を捻出し、少なくとも10年以上存続させる予定である。

ホスト機関である物質・材料研究機構は、本拠点事業で有効性が実証された運営形態を積極的に本体の運営に反映させて行く。拠点のコンセプトは、真に独創的であり、本拠点での経験、実績は、ホスト機関である物質・材料研究機構に止まらず、我が国の多くの研究機関が新たな研究センターを立ち上げる際の規範を与えるものとなり得る。

我々が、これまでに、若手国際研究拠点（ICYS）で得た経験と実績を強調したい。本拠点は、ICYSでの運営を継承する。このICYSでの経験は、世界トップレベル拠点の構築を目指す本プロジェクトを推進するにあたって、ナノアーキテクニクスという新しい材料科学を構築するコンセプトとならび、大きなアドバンテージである。

【これまでの進捗状況】

NIMSの運営会議（経営会議に当たる）において、WPIプログラムの終了後も、NIMSは資金を捻出して、少なくとも10年以上はMANAを踏襲することを改めて確認している。

そのための布石として、2011年4月よりスタートしたNIMSの第3期中期計画（5年間）においては、MANAが推進する研究は三つある重点研究開発領域の一つに織り込まれており、またMANAの人材育成や国際化の取り組みの経験をNIMSの中核的機関としての活動に活かすこととしている。

【今後の方針・具体的計画】

2016年3月までの第3期中期計画期間中に、継続する研究分野・課題、それを実施する組織、体制、規模についてNIMS経営とともに検討する。メルティングポットのカルチャー、人材育成のシステム、事務部門に蓄積するノウハウ等の無形の財産についても伝承を図る。

9. ホスト機関からのコミットメント

【応募時】

○中長期的な計画への位置づけ

NIMS本体から見たとき、本構想における拠点は、大きく分けて次の2つの役割を担う組織としてデザインされている。①材料に関する基礎・基盤研究を化学や物理との分野融合を図りつつ実施する先端的研究実施組織、②国際的、学際的雰囲気の下で、材料研究の次代を担う研究者を育成する組織。①に関する目標は「持続可能な社会を実現する革新的な新材料の開発」であり、これはNIMSの第2期中期目標、中期計画に完全に整合するものであり、本構想における拠点は、それをより先鋭的かつ加速化して遂行することで、NIMS本体を強力に牽引する役割を担うものとして位置づけられる。他方で、本拠点構想が、②の研究者の育成をもう一本の柱とすることは、ホスト機関のNIMSにとって非常に重要な点である。本構想が実現した場合には、NIMSのテニユア研究員は原則として拠点到在籍した若手研究者から選ぶことを決定している。すなわち拠点はNIMSの将来を担う若手テニユア研究員を育成する場としても位置づけられており、研究面での牽引と人材の供給の両面において拠点はNIMS本体の長期戦略の中に明確に組み込まれている。

○具体的措置

1. 拠点の研究者が獲得する競争的資金等研究費、ホスト機関からの現物供与等

- i) 拠点到参加するNIMSの定年制職員（テニユア研究職員、事務スタッフ等）および任期制職員について、拠点到専任する者を除き、人件費をNIMSの運営費交付金等から充当する。
- ii) NIMSから主任研究員として参加する研究者が担当している運営費交付金プロジェクトについては、その研究費の相当部分を拠点到充当し、拠点到において実施する。NIMSから参加する研究者の獲得した競争的資金のうち、拠点到における研究計画と整合するものについては、直接経費に相当する部分を拠点到充当する。
- iii) 並木地区にあるナノ生体実験棟を中心にして十分なスペースを確保する。
- iv) その他、必要に応じて、予算、スペースに関する追加的支援を行う。

2. 人事・予算執行面での拠点長による判断体制の確立

【これまでの実績等】

○中長期的な計画への位置づけ

2011年4月よりスタートしたNIMSの第3期中期計画において、MANAが取り組んでいるナノアーキテククスによる革新的な新材料の開発は、三つある重点研究開発領域の一つに正式に織り込まれた。またMANAからは優秀な若手研究者を育成してNIMSにテニユア研究員として送り込んでおり、MANAはグローバルに活躍できる人材を育成する拠点として中期計画に位置付けられている。

このようにMANAは、NIMSの四つのミッションのうち、基礎研究の推進と研究者養成・資質向上の二つにおいてNIMSの中期計画の中に明確に位置付けられ重要な役割を担うことになった。また同中期計画の中の「国際的ネットワークの構築と国際的な研究拠点の構築」では、MANAで培った「国際的な研究環境の整備や若手研究者の獲得・育成の経験を機構全体の国際化に反映していく」と記述され、MANAがNIMS本体のシステム改革の一部を推進することも中期計画中に明確に位置付けられた。

○具体的措置

1. 拠点の研究者が獲得する競争的資金等研究費、ホスト機関からの現物供与等

- NIMSは、MANA事業に参画する定年制職員（MANA研究者、エンジニア）の一部および任期制職員（ポスドク研究員、ジュニア研究員及び技術職員）の一部の人件費を運営費交付金より充当した。
- NIMSから主任研究者として参画する研究者が担当している運営費交付金プロジェクトについては、その研究費をMANAに充当し、MANAにおいて実施した。また、NIMSから参加する研究者の獲得した競争的資金のうち、拠点到における研究計画と整合するものについては、直接経費に相当する部分をMANAに充当し、MANAにおいて実施した。また、主任研究者、独立研究者及びMANA研究者に対して、MANAにおける研究の円滑な開始を支援するために、運営費交付金よりスタートアップ経費及び研究費を充当した。

2. 人事・予算執行面での拠点長による判断体制の確立

拠点長には理事長より拠点内での運営全般に関する権限を委譲する。即ち、拠点長はNIMS定年制職員を除き拠点に招聘される研究者の採用と契約更新、給料、研究費、スペース配分等の権限を有する。また、同じくNIMS定年制職員を除き事務系職員の採用や契約更新の権限もまた有する。拠点長が希望し、NIMS理事長が必要と認めた場合には、NIMS職員の拠点への移籍を行う。これらを担保するために必要があればNIMSの内規で定める。

3. 機関内研究者集結のための、他部局での教育研究活動に配慮した機関内における調整と拠点長への支援

拠点長が希望し、本人の了承が得られ、NIMS理事長が必要と認めた場合には、NIMS職員の拠点への移籍を行う。上で述べたように、拠点はNIMS本体へ若手テニュア研究員を供給する役割を担う。逆に、NIMS本体から拠点に必要な人材を供給することに基本的には問題ない。拠点とNIMS本体の間でこのような人材の流動化を進めていくことで、双方が活性化できると信じている。

4. 従来とは異なる手法による運営（英語環境、能力に応じた俸給システム、トップダウン的な意志決定システム等）の導入に向けた機関内の制度整備

英語の公用語化、英語による事務支援体制、事務ドキュメントのバイリンガル化、年俸制、研究者業績評価、給料の査定と契約更新などに関する先鋭的な運営はすでに、若手国際研究拠点（ICYS）において実施した経験がある。今回の拠点においてこれらを発展させた柔軟でユニークな運営形態を採用することに何の問題もない。拠点において成功した運営方式はNIMS本体に積極的に取り込んでいくことを考えている。

拠点長にはNIMS理事長より拠点内での運営全般に関する権限が委譲されている。すなわち、拠点長はNIMS定年制職員を除き拠点の研究者や事務職員に関して、採用と契約更新、給料、研究費、スペース配分等の専決権限を有している。

3. 機関内研究者集結のための、他部局での教育研究活動に配慮した機関内における調整と拠点長への支援

拠点長が希望し、本人の了承が得られ、NIMS理事長が必要と認めた場合には、NIMS職員がMANAへ移籍する、またMANAからNIMSへ移籍する体制ができている。2011年3月までに50名がNIMSからMANAへ、32名がMANAからNIMSへ移籍した。またNIMSは、MANAが必要とする分野については定年制職員の枠を優先的に割り当てており、2011年3月までに15名の定年制職員が採用された。

4. 従来とは異なる手法による運営（英語環境、能力に応じた俸給システム、トップダウン的な意志決定システム等）の導入に向けた機関内の制度整備

5.4「英語を使用言語とする事務スタッフ機能」で言及したように、NIMSは、全機構の運営システムのバイリンガル化を目指して事務職員の英語能力向上を図ることを決断した。2010年度から、英語能力の高い職員を中心に採用する一方、在籍する若手の定年制事務職員全員を対象に、スクーリング付き通信教育や海外語学研修を本格的に開始することを開始した。MANAは、英語を使ったOJTの場として事務部門で研修生を受け入れる一方、海外インターン研修先としてMANAサテライトのUCLAを提供するなど、本プログラムに全面的に協力している。

またNIMSは、研究者の業績評価について、これまでの単年の業績評価から3年平均の業績評価に変更した。より長い期間で業績を評価することにより、研究者は毎年追われるように業績獲得に励む必要がなくなり、じっくり腰を落ち着けて研究に取り組むことができる効果がある。

これらの改革は、英語公用語化が浸透する事務・技術支援体制、並びに個人業績評価を免除することによって独立研究者が分野融合や挑戦

5. インフラ（施設（研究スペース等）、設備、土地等）利用における便宜供与

拠点の活動のために、並木地区にあるナノ生体実験棟を中心にして約10,000m²を研究のためのスペースとして提供する。これにより、拠点において以下のスペースが確保できる。

実験スペース: 自立的に研究を推進するポストドク等の若手研究者等に限って、ナノ・生体材料研究棟に居室と実験室を配分する（全体で約4000m²）。実験スペースとして、約1/2スパンを与える。外部招聘の主任研究者には必要十分なスペースを配分する。

個室とカフェテリア: 若手研究者が研究に没頭しやすく、且つ居住環境のよい個室（約12m²）スペースを提供する。特に、Melting Pot環境を実践するために、居室を同場所1ヶ所に集約するとともに、カフェテリアなどの雑談の場所を十分に確保する。ICYSで用いている個室を本拠点で活用する。

NIMSの有するナノファクトリーをはじめとする研究設備・施設は拠点研究者に全面的に開放し、使用に当たって最大限の便宜を図る。さらに、共通性が高く、世界最高レベルの先端装置を拠点と協力して計画的に整備してゆく。

6. その他

拠点構想はNIMS全体の活性化のために極めて有効であると考えており、その円滑な実施のために最大限の便宜を図る所存である。NIMSは拠点がNIMS本体を強かに牽引する役割を担うことを期待している。しかし、これは、NIMSが抱える個別の問題（例えば、研究者の平均年齢の増加等）を拠点プロジェクトを利用して解決しようとするものではない。それらは当然のことながらNIMS本体の改革と効率化を通じて解決されるべき問題である。NIMSが拠点に期待しているのは、①ナノテクノロジーとナノ物質・材料の研究を先鋭的かつ加速化して遂行し、NIMS本体を研究面で引っ張ること、②国際的、学際的雰囲気の下で、材料研究の次代を担う研究者を育成し、NIMSの研究リーダーとして供給すると同時にNIMSのテニユアトラックを確立すること、の2点に尽きる。

的な課題へ前向きに取り組むようになったことなど、MANAがこれまで拠点内で実施してきた各種システム改革及び職員の意識改革が、次第にホスト機関に浸透しつつあることを示している。

5. インフラ（施設（研究スペース等）、設備、土地等）利用における便宜供与

2008年10月1日より、NIMSは旧ナノ材料・生体材料研究棟の全棟13,000m²をMANAの主要活動拠点として提供し、建物の名称をMANA棟に変更した。またその他にも、新任の主任研究者のために実験室や居室の整備をした（約600m²）。また25件の共用研究設備（総額：4.3億円）を導入し研究インフラの充実を図った。

またNIMSのナノテクノロジー融合支援センターのうち、MANA棟に設置されるナノ造形ラインを切り離し、2009年4月付けでMANAファウンドリとしてMANAの直接運営とした。MANAファウンドリの運営に係る経費は、全額ホスト機関からのサポートによる。

6. その他

NIMSは、拠点長をNIMSの運営会議（経営会議に当たる）のメンバーとしてNIMSの運営に参画させることとした。これにより、NIMSとMANAはこれまで以上に意志疎通を図ることができるようになり、MANAはNIMSからのコミットメントをより迅速に引き出せる体制が整った。またこれを通して、MANAが実施する先進的なシステムをNIMSに敷衍させる効果も期待できる。

【今後の方針・具体的計画】

○中長期的な計画への位置づけ

今後もMANAの活動は、その研究課題とともに人材育成や国際化等の取組みについてもグッド・プラクティスとしてNIMSの中期計画の中に明確に位置付けていく。

○具体的措置

1. 拠点の研究者が獲得する競争的資金等研究費、ホスト機関からの現物供与等

従前どおり、運営費交付金プロジェクト研究費及びMANAの研究計画と整合する競争的資金の直接経費に相当する部分をMANAに充当し、MANAにおいて当該研究を実施する。

また、MANAに新規に参画する研究者に対しては、運営費交付金よりスタートアップ経費及び研究費を充当する。

2. 人事・予算執行面での拠点長による判断体制の確立

拠点長には人事・予算執行面で最大限の裁量を与えられており、現状の体制を今後も継続する。

3. 機関内研究者集結のための、他部局での教育研究活動に配慮した機関内における調整と拠点長への支援

ホスト機関NIMSとの人事交流は、MANAの意図を尊重して、活発に円滑に行われている。人材の新陳代謝は拠点の活性化に一役買っており、今後もこの体制を継続する。

4. 従来とは異なる手法による運営（英語環境、能力に応じた俸給システム、トップダウン的な意志決定システム等）の導入に向けた機関内の制度整備

NIMS事務職員の英語能力向上の取組みは、単なる英語力の向上だけにとどまらず、OJTやナレッジ伝授等を通して事務職員の意識を変え、NIMSの国際化に貢献する。

業績評価については今後もよりよいシステムとなるように随時改良していくが、オールNIMSで業績評価しその結果をボーナスに反映させる現行システムは、NIMSにサラリーキャップが課せられている状況下では最善の策であると見なしている。

意志決定システムについては、NIMS経営やアドバイザー等の言に耳を傾け独断に陥らないように留意しつつ、現在の三役体制を継続する。

5. インフラ（施設（研究スペース等）、設備、土地等）利用における便宜供与

2012年初めの新研究棟竣工によって当面のスペース不足は解消されるが、NIMSはMANAファウンドリの運営、大型設備の導入等について引き続き支援する。

6. その他

NIMS経営とのホットラインは今後も維持し、MANA運営の支えとともに制度の整備等について議論する場とする。

○世界トップレベル拠点形成維持に対するホスト機関としての具体的構想

※既の実施している取り組みがあればこれを含めて記述すること

1. 今後5年間

2011年4月よりスタートしたNIMSの第3期中期計画（5年間）は、MANAが推進する研究を重点開発研究と位置付け、MANAの人材育成や国際化の取組みをNIMSのシステム改革に繋げると謳っている。これは、第2期中期計画半ばに誕生したMANAをWPIプログラム終了後も踏襲するための布石でもあるので、次の5年間はこの計画にのっとりMANAをより秀でた世界トップレベル拠点へと導く。

2. プログラム実施期間終了後

2016年4月からスタートするNIMSの第4期中期計画においては、第3期中期計画の成果を踏まえつつ、MANAで培ったシステムを伝承しMANAを踏襲する研究プロジェクトと組織を立ち上げる。

10. フォローアップ報告書中の改善を要する点への対応とその結果

○改善を要する点（平成21年度フォローアップ報告書に拠点別に記載されている「3. Point that need improvement」を転記）

1. MANAで実施されているサイエンスの独自性の明確化

2. 新しい材料科学を創成するための壮大な挑戦の必要性

3. ナノバイオ領域の強化

○対応とその結果

ナノアーキテクニクスについて解説した書籍やMANAの主要な研究者による学術論文集を出版する。

書籍については、研究者だけではなく一般市民をも読者対象とした科学読み物を出版する。拠点長の青野博士とP Iの有賀博士が「ナノアーキテクニクス 究極の材料を創る」というタイトルで執筆し、岩波科学ライブラリーから2011年中に上梓する予定である。

学術論文集については、原著論文誌にMANA特集号を出版し、ナノアーキテクニクスの概念の独自性を広めるとともにMANAの認知度を上げる。現在、ホスト機関のNIMSが編集・発行するScience and Technology of Advanced Materials (STAM)とJohn Wiley & Sons社のAdvanced Materialsの2誌に特集号を出版することが決まっている。出版時期は、前者が2011年8月、後者が2012年1月の予定である。

「壮大な挑戦」を可能にするためには、そのような風土を作ることと制度面での後押しが必要と考えている。

風土作りとして、合宿形式のグランドチャレンジミーティングを開始したが、異分野融合を推進し若手研究者の挑戦意欲をかきたてるのに大変有益であった。今後も定期的に開催する計画である。具体的な挑戦的課題としては、室温ナノ超伝導体、ナノ人工光合成システム、脳型コンピュータ、ナノエネルギー発電等があがってきている。

これらの独創的だがリスクな研究を助成する「MANAグランドチャレンジ研究助成制度」を2011年度より実施している。助成期間は1年とし、1年後に評価して芽が出そうな課題については再助成して育てていく計画である。

2010年9月付けで青柳隆夫博士を新たにナノバイオの分野コーディネーター兼主任研究者に任命し、研究内容と研究体制を見直した。

研究内容としては、それまでの機能化バイオデバイスの創製を中心とする取り組みから、材料自体が持続的に生体組織の治癒効果を促す「マテリアルセラピー」を可能にする生体材料の創出へと大きく舵を切った。

研究実施体制としては、2011年4月付けで陳国平博士とモンリオール大学のWinnik教授を新たなP Iに任命してP Iを4名とした。これと同時に、

| | |
|--|--|
| | <p>NIMSの生体材料センターをMANAのナノバイオに併合し17名のMANA研究者を専任とした。Winnik教授はMANAとモントリオール大学（サテライト）の両方にラボを持ち、年間最大5か月をMANAに滞在して研究を行う予定である。</p> <p>またMANAは、東京女子医科大学の先端生命医学研究所にバイオマテリアルメディカルイノベーションラボを置き、新規生体材料の設計基盤技術を確立するため、MANAで新たに開発した生体材料などについて細胞・動物実験を行なう。東京女子医科大学が実施している最先端研究開発支援プログラムの研究プロジェクトにも参加する。</p> |
|--|--|

| 11. 拠点構想進捗状況確認報告で指摘された改善点への対応とその結果 | |
|--|---|
| <p>○改善を要する点（平成21年度拠点構想進捗状況確認報告で指摘された改善点を抜粋）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 現在の活動レベルを維持するためPIの新陳代謝が必要である。 ✓ MANAは、次の研究プロジェクト、研究者の世代分布、新しい人材育成システムについて考え始めるべきである。 ✓ MANAは、若手研究者に海外の有名研究所や大学で1～2年間研究する機会をもっと与えるべきである。若手研究者を異なる文化や研究手法に触れさせることは非常に重要である。新しい思考（革新的かつ「クレージーな」アイデア）を生み出し、新しい発見を育成するためには、日本と外国の研究手法を組み合わせることが必要である。 | <p>○対応とその結果</p> <p>2011年4月からスタートしたNIMSの第3期中期計画に合わせ、PIのうち6名を解任し3名を任用して25名体制とした。3名の新任PIは国際的に活躍している研究者であり、拠点の活性化に多大な貢献が期待される。</p> <p>10.2「改善を要する点への対応」で述べたように、合宿形式のブレインストーミングにより「壮大な挑戦」課題を抽出する取り組みを開始し、一方では独創的だがリスクな研究を助成する制度を2011年度より実施している。その中から次世代研究プロジェクトを発掘していく。</p> <p>PIと同様に、MANA研究者や独立研究者についても2011年4月に相当数を入れ替え、若手研究者の新陳代謝を図った。</p> <p>人材育成制度として成果をあげている3Dシステムについては、後述の長期海外派遣制度と組み合わせる形でさらに発展させ、より実効のある制度に育てていく。</p> <p>NIMSは若手研究者を2年以内の海外研修に積極的に送り出す方針を打ち出し、2011年度から派遣を開始した。海外での「武者修行」を通して若手研究者のチャレンジ精神を養うことがねらいであり、指摘された内容にほぼ対応するものである。MANAはこれにのっとり、各PIグループの若手研究者、あるいは独立研究者の中から、毎年数名を選抜して欧米の著名ナノ研究機関に長期間送り出すプログラムを開始する。</p> |

✓ MANAは、有能な若手研究者をさらに惹きつけるために、テニュアトラックの成功率（現在、ICYSPostドクの約30%）を50~60%まで上げる必要がある。

✓ 学生と接することは極めて重要。すべてのPIは大学とのつながりを持つことを奨励されるべきである。

✓ MANAは、その優れた研究者や研究を国際的な賞（例えばカブリ賞）に推薦する仕組みを作るべきである。

✓ 「メルティングポット」の精神に基づき、会合において活発に議論する風土を意図的に促進すべきである。

✓ NIMSとMANAの関係が依然として不明確。PIの多くは、MANAとNIMSを区別していない。MANAがNIMS内の中核的研究拠点であり、MANAはNIMSの支援なしでは生き残れないのであれば、見せかけの区別をするのではなく、例えば共通のインフラ投資などについて議論すべきである。

NIMSの採用枠も限られているうえ、5.3「キャリアデベロップメント」でも述べたように、MANAは国内外の研究機関へのキャリアアップも奨励しているため、ICYSPost研究員の半数以上をNIMSのパーマネントにすることはかなり難しい。しかしながら、これまでにNIMSのパーマネントに応募したICYSPost研究員のパーマネント採用率は5割を超えている（28名が応募、16名が採用あるいは採用予定）。今後もICYSPostを広く世界に知らしめ、優秀な若手研究者を獲得・育成していく。

5.3「大学院生の確保」及び5.8「大学との連携」で述べたように、PIの大半はNIMS連係大学院等の教員として常時大学院生と接しており、またすべてのPIは国際連携大学院やインターンシップ等を通して積極的に学生を受け入れている。

外部表彰推薦委員会を作り、MANAの研究者が国際的な賞を獲得できるように組織的に運動する。2010年の成果として、青野拠点長がファイマン賞を受賞した。

2011年3月までに199回開催されたMANAセミナーは、MANA内外の研究者がホットな研究トピックスを提供し、MANAの研究者と議論しあう場である。分野の異なる若手研究者にも出席を半ば強制しているが、日本人研究者からの発言も多くなり毎回まさにメルティングポットの活況を呈している。

3.3「権限の分担」で述べたように、MANAは相当の権限をNIMSから移譲されており、独自の任期制研究者制度・研究助成制度を運用し、サテライト運営、研究スペース配分等についてはMANAの裁量に任されている。NIMS本体とは、共通利益となるMANAファウンドリの充実や2012年に竣工予定の新研究棟の共同運営などに取り組んでいるところ。

12. 事業費

平成19年度

○拠点活動全体

(単位：百万円)

(単位：百万円)

| 経費区分 | 内訳 | 事業費額 |
|-----------|-------------------|------|
| 人件費 | ・拠点長、事務部門長 | 16 |
| | ・主任研究者 13人 | 76 |
| | ・その他研究者 96人 | 247 |
| | ・研究支援員 22人 | 28 |
| | ・事務職員 20人 | 41 |
| | 計 | 408 |
| 事業推進費 | ・招へい主任研究者等謝金 6人 | 4 |
| | ・人材派遣等経費 2人 | 5 |
| | ・スタートアップ経費 11人 | 31 |
| | ・サテライト運営経費 2ヶ所 | 30 |
| | ・国際シンポジウム経費 1回 | 3 |
| | ・施設等使用料 | 0 |
| | ・消耗品費 | 37 |
| | ・光熱水料 | 77 |
| | ・その他 | 163 |
| | 計 | 350 |
| 旅費 | ・国内旅費 | 2 |
| | ・外国旅費 | 6 |
| | ・招へい旅費 国内3人、外国16人 | 9 |
| | ・赴任旅費 国内0人、外国0人 | 0 |
| | 計 | 17 |
| 設備備品等費 | ・建物等に係る減価償却費 | 73 |
| | ・設備備品に係る減価償却費 | 279 |
| | 計 | 352 |
| 研究プロジェクト費 | ・運営費交付金等による事業 | 108 |
| | ・受託研究等による事業 | 403 |
| | ・科学研究費補助金等による事業 | 24 |
| | 計 | 535 |

平成22年度WPI補助金額

930

平成23年度施設整備額

0

平成19年度設備備品調達額

1436

| | |
|----------------------------|------|
| ・高分解能立体形状計測装置 1台 | 23 |
| ・焦点制御式レーザーアニール装置 1台 | 21 |
| ・シリコン深掘エッチング装置 1台 | 43 |
| ・ウェハー壁開装置 1台 | 13 |
| ・原子識別型電子顕微鏡用高精細 CCD カメラ 1台 | 16 |
| ・純水冷却システム手動弁電動化 一式 | 13 |
| ・電界放出型走査電子顕微鏡 1台 | 23 |
| ・マスクレス露光装置 1台 | 32 |
| ・環境制御型走査型プローブ顕微鏡 1台 | 12 |
| ・HM電源運転制御システム統合化 一式 | 16 |
| ・その他 | 1224 |

| | |
|-----|-------|
| 合 計 | 1,662 |
|-----|-------|

○サテライト等関連分

(単位：百万円)

| 経費区分 | 内訳 | 事業費額 |
|-----------|------------|------|
| 人件費 | ・主任研究者 0人 | / |
| | ・その他研究者 0人 | |
| | ・研究支援員 1人 | |
| | ・事務職員 0人 | |
| | 計 | |
| 事業推進費 | | 0 |
| 旅費 | | 1 |
| 設備備品等費 | | 28 |
| 研究プロジェクト費 | | 2 |
| 合 計 | | 31 |

平成20年度

○拠点活動全体

(単位：百万円)

| 経費区分 | 内訳 | 事業費額 |
|-------|------------------|------|
| 人件費 | ・拠点長、事務部門長 | 36 |
| | ・主任研究者 18人 | 176 |
| | ・その他研究者 140人 | 574 |
| | ・研究支援員 12人 | 36 |
| | ・事務職員 21人 | 102 |
| | 計 | 924 |
| 事業推進費 | ・招へい主任研究者等謝金 41人 | 11 |
| | ・人材派遣等経費 1人 | 3 |
| | ・スタートアップ経費 29人 | 120 |
| | ・サテライト運営経費 10ヶ所 | 142 |
| | ・国際シンポジウム経費 1回 | 4 |
| | ・施設等使用料 | 0 |
| | ・消耗品費 | 40 |

(単位：百万円)

| | |
|--|------|
| 平成20年度WPI補助金額 | 1022 |
| 平成20年度施設整備額 | 85 |
| ・旧事務棟改修 | 85 |
| (研究スペース設置) 826㎡ | |
| 平成20年度設備備品調達額 | 1000 |
| ・原子層堆積装置 1台 | 35 |
| ・蛍光微分干渉タイムラプス解析装置 1台 | 38 |
| ・Catalyst characterization laboratory 1台 | 9 |
| ・スーパーソーラーシュミレーター 1台 | 16 |
| ・フラット型真空蒸着装置 1台 | 15 |
| ・インピーダンス測定装置 1台 | 7 |

| | | | | |
|-----------|--------------------|-------|---------------------|-----|
| | ・光熱水料 | 178 | ・グローブボックスシステム 3台 | 32 |
| | ・その他 | 76 | ・大気中光電子分光装置 1台 | 29 |
| | 計 | 574 | ・分光感度測定装置 1台 | 22 |
| 旅費 | ・国内旅費 | 2 | ・マッフル炉 4台 | 11 |
| | ・外国旅費 | 18 | ・ナノスケールハイブリッド顕微鏡 1台 | 12 |
| | ・招へい旅費 国内20人、外国65人 | 44 | ・マルチスペクトロレトリダ 1台 | 7 |
| | ・赴任旅費 国内2人、外国17人 | 5 | ・NanoViewer 1台 | 40 |
| | 計 | 69 | ・ミリ波加熱装置 1台 | 68 |
| 設備備品等費 | ・建物等に係る減価償却費 | 264 | ・レーザー加熱PLD装置 1台 | 29 |
| | ・設備備品に係る減価償却費 | 955 | ・X線回折装置 1台 | 28 |
| | 計 | 1,219 | ・その他 | 602 |
| 研究プロジェクト費 | ・運営費交付金等による事業 | 390 | | |
| | ・受託研究等による事業 | 182 | | |
| | ・科学研究費補助金等による事業 | 24 | | |
| | 計 | 596 | | |
| 合計 | | 3,382 | | |

○サテライト等関連分

(単位：百万円)

| 経費区分 | 内訳 | 事業費額 |
|-----------|-------------|------|
| 人件費 | ・主任研究者 2人 | / |
| | ・その他研究者 13人 | |
| | ・研究支援員 13人 | |
| | ・事務職員 3人 | |
| | 計 | 46 |
| 事業推進費 | | 10 |
| 旅費 | | 6 |
| 設備備品等費 | | 39 |
| 研究プロジェクト費 | | 43 |
| 合計 | | 144 |

平成21年度
○拠点活動全体

(単位：百万円)

(単位：百万円)

| 経費区分 | 内訳 | 事業費額 |
|-----------|---------------------|-------|
| 人件費 | ・ 拠点長、事務部門長 | 35 |
| | ・ 主任研究者 18人 | 212 |
| | ・ その他研究者 147人 | 804 |
| | ・ 研究支援員 10人 | 48 |
| | ・ 事務職員 20人 | 86 |
| | 計 | 1,185 |
| 事業推進費 | ・ 招へい主任研究者等謝金 50人 | 16 |
| | ・ 人材派遣等経費 2人 | 4 |
| | ・ スタートアップ経費 32人 | 233 |
| | ・ サテライト運営経費 10ヶ所 | 156 |
| | ・ 国際シンポジウム経費 1回 | 5 |
| | ・ 施設等使用料 | 0 |
| | ・ 消耗品費 | 27 |
| | ・ 光熱水料 | 165 |
| | ・ その他 | 73 |
| | 計 | 679 |
| 旅費 | ・ 国内旅費 | 1 |
| | ・ 外国旅費 | 20 |
| | ・ 招へい旅費 国内16人、外国89人 | 62 |
| | ・ 赴任旅費 国内1人、外国16人 | 4 |
| | 計 | 87 |
| 設備備品等費 | ・ 建物等に係る減価償却費 | 269 |
| | ・ 設備備品に係る減価償却費 | 825 |
| | 計 | 1,094 |
| 研究プロジェクト費 | ・ 運営費交付金等による事業 | 755 |
| | ・ 受託研究等による事業 | 364 |

| | |
|----------------------------|-------|
| 平成21年度WPI補助金額 | 1475 |
| 平成21年度施設整備額 | 0 |
| | 0 |
| 平成21年度設備備品調達額 | 945 |
| 高速高精度マッピング機能付発光分析材料評価装置 | 1台 32 |
| 絶対PL量子収率測定装置 | 1台 9 |
| ゼータ電位・粒度分布測定装置 | 1台 11 |
| 無機・有機薄膜用分光エリプソメータ | 1台 26 |
| 高分解能深さ分布微小領域X線光電子分光装置 | 1台 63 |
| 電気化学電位顕微鏡 | 1台 16 |
| カラー3Dレーザー顕微鏡 | 1台 16 |
| 多試料並列型自動中圧分取液体クロマトグラフィシステム | 1台 5 |
| 超遠心分離機 | 1台 4 |
| 電子スピン共鳴装置 | 1台 30 |
| X線回折装置用高温ヒーター | 1台 4 |
| 高配向性酸化物結晶厚膜合成用パルスレーザー法製膜装置 | 1台 46 |
| スパコンリース料 | 1台 95 |
| その他 | 588 |

| | | |
|---|-----------------|-------|
| | ・科学研究費補助金等による事業 | 128 |
| | 計 | 1,247 |
| 合 | 計 | 4,292 |

○サテライト等関連分

(単位：百万円)

| 経費区分 | 内訳 | 事業費額 |
|-----------|-------------|------|
| 人件費 | ・主任研究者 1人 | / |
| | ・その他研究者 19人 | |
| | ・研究支援員 28人 | |
| | ・事務職員 1人 | |
| | 計 | |
| 事業推進費 | | 10 |
| 旅費 | | 5 |
| 設備備品等費 | | 18 |
| 研究プロジェクト費 | | 43 |
| 合 | 計 | 157 |

平成22年度

○拠点活動全体

(単位：百万円)

| 経費区分 | 内訳 | 事業費額 |
|-------|------------------|-------|
| 人件費 | ・拠点長、事務部門長 | 35 |
| | ・主任研究者 20人 | 222 |
| | ・その他研究者 153人 | 814 |
| | ・研究支援員 6人 | 34 |
| | ・事務職員 24人 | 104 |
| | 計 | 1,209 |
| 事業推進費 | ・招へい主任研究者等謝金 46人 | 13 |
| | ・人材派遣等経費 3人 | 7 |

(単位：百万円)

平成22年度WP I 補助金額 1350

平成22年度施設整備額 16

・ナノ有機実験棟改修 84 m² 16

平成22年度設備備品調達額 589

電子スピン共鳴測定装置 1台 30

| | | | |
|-----------|--------------------|-------|---|
| | ・スタートアップ経費 20人 | 77 | スパッタ成膜装置 1台 31 波長可変ピコ秒赤外パルスレーザー 1台 12 原子間力顕微鏡 1台 10 多元スパッタ装置 1台 24 インピーダンス測定システム 1台 10 細胞接着測定装置 1台 15 薄膜製造装置間超高真空試料搬送装置 1台 20 誘電体素子用電極作製装置 1台 8 卓上型電子顕微鏡装置 1台 5 反射高速電子線回折装置(RHEED)装置 1台 5 小型プローブ顕微鏡 1台 6 スパコンリース料 1台 91 その他 322 |
| | ・衛星ライト運営経費 8ヶ所 | 122 | |
| | ・国際シンポジウム経費 1回 | 5 | |
| | ・施設等使用料 | 0 | |
| | ・消耗品費 | 30 | |
| | ・光熱水料 | 170 | |
| | ・その他 | 73 | |
| 計 | 497 | | |
| 旅費 | ・国内旅費 | 1 | |
| | ・外国旅費 | 13 | |
| | ・招へい旅費 国内15人、外国68人 | 50 | |
| | ・赴任旅費 国内7人、外国11人 | 4 | |
| | 計 | 68 | |
| 設備備品等費 | ・建物等に係る減価償却費 | 269 | |
| | ・設備備品に係る減価償却費 | 743 | |
| | 計 | 1,012 | |
| 研究プロジェクト費 | ・運営費交付金等による事業 | 867 | |
| | ・受託研究等による事業 | 392 | |
| | ・科学研究費補助金等による事業 | 176 | |
| | 計 | 1,435 | |
| 合計 | 合計 | 4,221 | |

○衛星ライト等関連分

(単位：百万円)

| 経費区分 | 内訳 | 事業費額 |
|------|-------------|------|
| 人件費 | ・主任研究者 1人 | / |
| | ・その他研究者 18人 | |
| | ・研究支援員 27人 | |
| | ・事務職員 4人 | |
| | 計 | |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 事業推進費 | | 9 |
| 旅費 | | 4 |
| 設備備品等費 | | 6 |
| 研究プロジェクト費 | | 20 |
| 合 | 計 | 125 |