

拠点構想

ホスト機関名	物質・材料研究機構
ホスト機関長	岸 輝雄
拠点構想の名称	国際ナノアーキテクトニクス研究拠点構想
拠点名称	国際ナノアーキテクトニクス研究拠点
拠点構想の概要	<p>我々の社会を支えているほとんどの技術は、新しい物質・材料の開拓によってはじめて実現したものである。100年前のエジソンの電球が京都の竹によって実現したように、ここ50年の情報通信技術がシリコンによって支えられたように、最近の青色発光素子の開発がGaN化合物半導体によって可能となったように、さらには食料の大増産に新しい肥料や農薬が決定的な役割を演じたように、これは時代を超えた普遍的事実である。また、材料はわが国が最も優位性を発揮できる分野でもある。それは、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の多くが、卓越した材料開発力によって支えられてきたことから明らかである。</p> <p>材料の発展によって実現したさまざまな技術は、人類に多大な恩恵と福祉をもたらした。しかし、一方でその技術が地球規模での温暖化や環境汚染に象徴されるような、かつてない深刻な問題の原因となっている。また、技術の進展に支えられた急激でグローバルな産業の拡大は、資源やエネルギーの枯渇という新たな危機を生んでいる。すなわち、21世紀は人類がはじ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り、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。技術がもたらした深刻な問題は、技術の放棄によってではなく、技術の更なる発展によってのみ解決することができる。地球規模の危機に対処し解決策を見出していくためには、なにより、世界の科学者や技術者の英知を結集して国境を越えた連携研究を強力に押し進めていくことが肝要である。そのためにわが国は主導的な役割を果たす責務を負っている。</p> <p>ここに提案する世界トップレベル研究拠点構想は、問題解決にあたっての物質・材料の本質的重要性と国際的協力体制の必要性の観点に立ってデザインされたものであり、その目標は、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、後述する新しい材料技術体系であるナノアーキテクトニクスに基づいて、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ことである。NIMSは以下のような理由からこの拠点構想のホストとして最も相応しい研究機関である。</p> <p>① 世界トップクラスの規模</p> <p>材料に関する基礎・基盤研究を総合的に実施する世界的に見ても最大規模の研究機関であり、世界トップクラスの実績、人材、設備等を誇っている。NIMSは材料分野の過去10年間の被引用件数ランキングで現在世界13位に位置している。しかし、過去5年間の統計を取ると世界5位に順位がアップし、独立行政法人化以降にNIMSの研究が著しく活性化していること如実に示している。また、論文数、平均インパクトファクター等においても高い実績を残している（下図参照）。</p>

表 N I M S の人員構成

Position		Number	
		Total	(Foreigner)
Permanent Employee	Researcher	400	(28)
	Engineer	49	(0)
	Administrative staff	100	(0)
	Subtotal	549	(28)
Post-doc. etc.		661	(150)
Guest Researcher		285	(44)
Total		1495	(222)

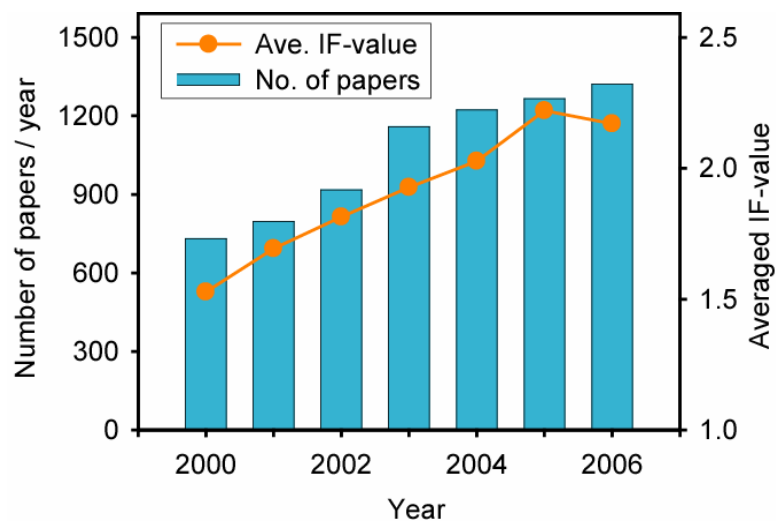


図 N I M S の論文数とその平均インパクトファクター

② 国際的に開かれた運営

2003年に若手国際研究拠点(ICYS)を設置し、その5カ年間の運営を通して、多国籍の若手研究者集団の組織化、英語の公用語化など国際対応研究環境の整備、異分野、異文化を融合した学際的研究環境の実現などについて、豊富な経験を有している。

③ 海外研究期間との連携

ケンブリッジ大学やカリフォルニア大学と定期的にサマースクールを開催して若手家研究者の交流と育成を進めるなど、世界の主要な研究機関を相手として多様な国際連携の実績を持っている。

④ 若手の育成

国内、国際連携大学院制度による大学院生の受け入れ、筑波大学の物質・材料専攻大学院のNIMS内設置などを通じて、若手研究者の育成と内外の大学との連携を積極的に展開している。また特に優秀な院生を「ジュニア研究員」として研究に参画させている。

⑤ 技術移転

企業との共同研究を実施するための「プラットフォーム」システムの設置や企業研究者を対象としたイブニングセミナーの開催(毎週)など、産業界との連携、社会ニーズの把握、技術移転等に積極的に取り組んでいる。

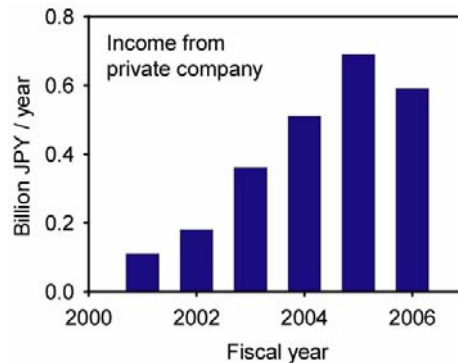


図 産業界からの資金収入実績

こうした、NIMSのアクティビティーを支える、研究・開発面でのNIMSの実績とポテンシャルの特徴は、以下である。

① 材料創製

物質・材料の創製および制御に関する世界トップクラスの実績とポテンシャル（例えば、世界発のプラズマCVD法によるダイヤモンド合成、新規超伝導体の発見、彫塑性セラミックスの合成など）、

② 世界最高の大型研究設備

物質・材料の構造観察および物性計測に関する世界的にユニークな種々の高性能大型設備（ナノファクトリー、強磁場施設、強磁場NMR、超高压・超高分解能電子顕微鏡など）、

③ 先端ナノテクノロジー

ナノスケールでの物質・材料の創製、制御、加工、計測にかかわるナノテクノロジー関連研究に関する最高水準の実績とポテンシャル（新規ナノチューブ、ナノシート、原子スイッチ、最先端ナノ計測装置群など）これらの3つを兼ね備えた物質・材料に関する単独の研究機関は他に例を見ない。本構想ではこれらの3つの特徴を密接に連携させると共に、新たな技術体系であるナノアーキテクトニクスを発展させることで、他の機関では実施が困難な研究を推進する。一方、NIMSは物質・材料の総合的研究機関であり、金属、セラミックス、有機・ポリマー、複合材料にわたる全ての材料を対象として、材料科学、化学、物理、生物・生体科学等、多方面からのアプローチによって研究を推進している。拠点においては、NIMSから多彩な分野の最優秀の研究者を終結すると共に、世界トップレベルの研究者を招聘して、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。

21世紀が必要とする新材料の開発は材料開発のパラダイムシフトなくしては実現できない。拠点では、そのパラダイムシフトを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実現する。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、“ナノマテリアル構築”と“ナノシステム構築”とに大別できる。前者の端的な例として、層状物質から化学的に単層剥離したナノシートを異種物質と複合化して再積層し天然にはありえない新しいマテリアルを創製するという、NIMSの最近の成果をあげることができる。このような方法を高度化すれば興味深い機能を発現するさまざまな新しいマテリアルが創製できる。後者の端的な例は、ナノエレクトロニクス回路の構築である。現在、カーボンナノチューブや機能分子を用いた興味深い電子デバイスが試作されて

いるが、ナノシステム構築ではそれらを集積し互いにリンクさせてシステム化するところまで高度化することが必要であり、それによって革新的なデバイスの開発等への道が開かれる。他方、ナノアーキテククスにおいて用いられる主要な技術要素としては、「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」があげられる。また、理論、計算機実験からのアプローチは研究の効率的推進のために極めて重要である。

ナノアーキテククスは、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。より具体的には次の3つの目標を設定する（〔 〕内は主として研究を集中する課題）。

- 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 10 矽量子ドット)
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)

材料開発のパラダイムシフトを実現し、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。(実際に、本構想が実現した折には、平成18年度より有力なスイス人研究者の参加の内諾が得られている。また、現在のところ女性の主任研究者候補は1名であるが、今後、その増加に努力する。) 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。

運営面における本拠点構想の特徴は、NIMSにおいて現在実施している、若手国際研究拠点(ICYS)プログラムのコンセプトを継承し発展させる点にある。NIMSは文部科学省科学技術振興調整費「戦略的研究拠点育成プログラム」のサポートを受け、若手国際研究拠点(ICYS)を設置し、そこに多国籍の優秀な若手研究者を集結して、異分野、異文化を融合する“メルティング・ポット”環境の下で自立的に研究を実施させることで、研究の活性化と次代を担う研究者の育成、さらに波及効果としてNIMS本体の国際化を追求してきた。ICYSの基本コンセプトは、以下の通りである。

① 多国籍若手研究集団を主体とする研究センター

- ② 英語を公用語とする国際化に対応した研究運営
- ③ 異分野の研究者の出会いによる融合研究の促進
- ④ 研究者個々の発想を大切にす自立的な研究

その取り組みは、文部科学省の中間評価において、SABCの4段階評価において、総合評価Aを受けるなど内外から高い評価を勝ち得ている。拠点においてはICYSの経験を活用することで、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、後で述べるように、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ICYSの基本コンセプトに加えて、以下に例をあげるように斬新な制度を取り入れ、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。

メンター (Mentor) : 主任研究者を、若手研究者の発想を尊重しつつ、研究の基本的な方向性を決めるべき指導者 (Mentor) と位置づける。

3D システム (Double-Affiliation, Double-Discipline Double-Mentor System) :

拠点に属する若手研究者には原則として、二つの所属 (拠点+サテライトまたは連携機関)、二つの専門、二人の指導者 (Mentor) を科すことで、分野融合を進めるとともに、視野が広く学際的感覚を持つ研究者の育成を達成する。

大学との積極的連携 :

筑波大学との連携大学院 (物質・材料専攻) や外国の大学との国際連携大学院を拡充し、ジュニア研究員として研究の一翼を担える優秀な大学院生、とりわけ外国人院生を受け入れ、メルティング・ポット環境の充実と若い血の導入を図る。

本拠点構想の特徴の一つは、それがホスト機関であるNIMS本体の長期戦略の中に明確に組み込まれていることである。本構想における研究目標は、NIMSの中・長期目標に完全に整合するものであり、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。これにより、最終的には拠点のみならず、NIMS全体が世界トップの地位を確かなものとするのが期待できる。一方で、拠点は国際的、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場としての役割も担う。すなわち、拠点はNIMSの将来を担う若手テニユア研究員を供給する組織として位置づけられ、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在籍した若手研究者から選ばれることを決定している。先端的、先鋭的な研究の実施に加えて、研究者の育成をもう一本の柱とすることはNIMS本体から見た本構想の最も重要な点のひとつであり、この二つを有機的に連携させつつ組織的・計画的に実施することで、NIMS全体の活性化が達成できる。

世界トップレベルの主任研究者をメンターとする、多国籍、多分野、多文化の若手研究者集団は拠点の最も特徴的な構造である。これはNIMS本体においては実現が困難であり、このメルティングポット環境こそがブレークスルーを生む母体となりうるものと考えている。

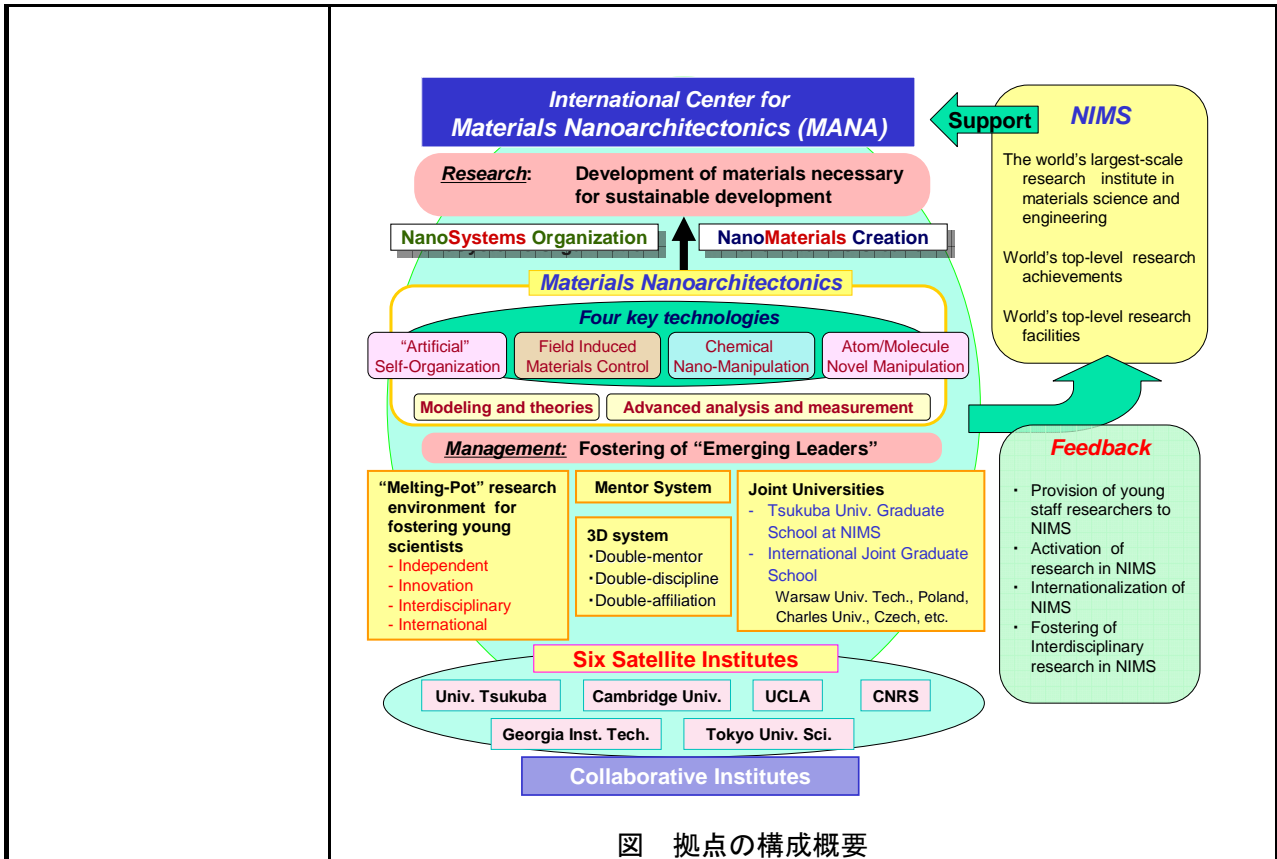


図 拠点の構成概要

(1) 対象分野

21世紀は間違いなく、人類が始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、ナノアーキテクトゥ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。ナノアーキテクトゥクスは、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、ナノアーキテクトゥクスは材料、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。

(2) 研究達成目標

a) 研究目標

21世紀に求められる新しい材料の開発には、材料研究におけるパラダイムシフトが不可欠である。本拠点は、このパラダイムシフトを「ナノアーキテクトゥクス」という、新しい技術分野の開拓によって実現する。ナノアーキテクトゥクスとは、ナノスケールの機能を持った構造単位をアレンジし、より高い機能を持った材料を得るための新しい技術であり、例えば、原子集団をや分子集団を意のままに操作して構造を構築する様な技術である。我々の目指す目的は、このナノアーキテクトゥクスに基づく材料の革新によって達成される。

我々は研究の達成目標を

『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)
フォトリックデバイス(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)

b) 研究計画

冒頭でも述べたように、21世紀が必要としている新技術を実現するための新材料への要求は高度になり、そのような要求に応えうる新材料の開発は材料開発のパラダイムシフトなくしては実現できない。我々の研究拠点では、そのパラダイムシフトを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実現しようとする。

ナノアーキテクトニクスについての説明の前に、これからの材料開発においては、マクロな構造材料であれミクロな電子デバイスの材料であれ、また無機材料、有機材料、生体材料のいかにかわらず、新機能を発現させるためにはナノスケールでの構造制御が重要であるという広く受け容れられている視点は正しいことを確認しておく。最近20数年間のナノサイエンスおよびナノテクノロジーの目覚ましい発展において、ナノスケールで構造を制御すれば今までになかった新機能を発現せしめることが多くの事例によって示されたのである。

さて、ナノテクノロジーの目覚ましい発展は、その延長線上に夢のような発展が展開できようとの期待を抱かせた。しかしながら、最近、ナノテクノロジーは本当に期待どおりの発展をしているのだろうかとの疑問が投げかけられている。これは、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つながる技術となるためには、何らかのブレークスルーがどうしても必要であるとの最近の認識と軌を一にしている。そのようなブレークスルーは、有用な機能をもつ個々のナノ構造を意図した配置に配列させて全体として新しい機能を発現させる新しい技術体系を開拓することによってもたらされるであろう。そのような技術体系を我々は”ナノアーキテクトニクス”という語で表現する*。

*注この意味でのナノアーキテクトニクスという語は、本研究拠点構想責任者である青野正和が2000年に筑波において1st International Symposium on Nanoarchitectonics Using Suprainteractions (NASI-1)をチェアマンとして開催したときに初めて使われた。なお、2回目のNASI-2は2002年にJim GimzewskiをチェアマンとしてLos Angelesにおいて開催された。3回目のNASI-3は2008年にMark WellandをチェアマンとしてCambridgeにおいて開催される予定である。

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るが、その目的はナノ構造を協奏的に相互作用させて全体として新しい機能を発現せしめることにあるので、関連する物質科学の基礎研究を含むことはいままでのない。ナノアーキテクトニクスは、”ナ

「ナノシステム構築」と「ナノマテリアル構築」に大別できる（図1を参照）。ナノシステム構築の端的な例は、ナノエレクトロニクス回路の構築である。カーボンナノチューブや機能分子を用いた興味深い電子デバイスが試作されているが、それらを集積し互いにリンクさせてシステム化する技術がなければ実用化はできない。ナノマテリアル構築の端的な例として、層状物質から化学的に単層剥離したナノシートを異種物質と複合化して再積層し天然にはありえない新しいマテリアルを創製することが行われている。このような方法を高度化すれば興味深い新機能を発現するさまざまな新しいマテリアルが創製できよう。

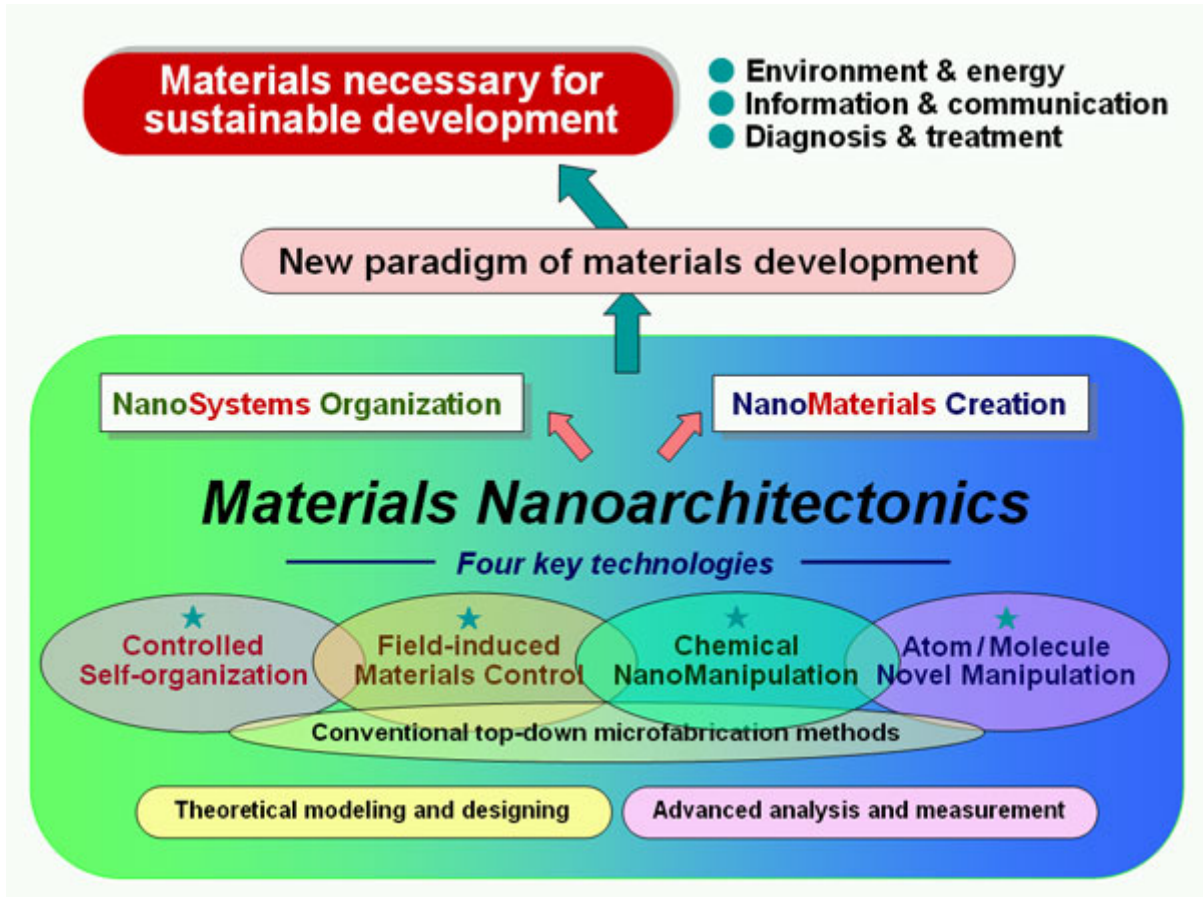


図1 Materials ナノアーキテクトニクスによる材料開発の新パラダイム

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。それら各々の能力と特徴が図2に我々自身の研究の実例を用いて説明されている。

「原子・分子操作新技術」は、走査トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）などの近接プローブによって個々の原子や分子の配列や結合状態を制御する方法である。この方法は、任意の1個の原子や分子を操りうるといって他の方法の追従を許さない利点をもつが、多数の原子や分子を操作しようとする膨大な時間を要するという欠点をもつ。しかし、その欠点のためにこの方法を放棄するというよりはむしろその欠点を克服してこの方法の優れた利点を生かそうというのが我々の立場である。その欠点は、多数のプローブを超並列に用いること、またそれと物質の自己組織化とを組み合わせることによって克服できるであろう。「外場誘起材料制御」は、電場、磁場、電磁場（光、X線）、応力場などの存在によって物質の状態が変化することを巧妙に利用することである。そのような試みはこれまでも行われているが、本研究拠点ではこれまでは試みられなかった方法を積極的に開発してゆく。一例として、下地の上をかなり自由に動きうる分子を意図した配列に配置したあとそれらの分子に特有な波長のX線を照射することによってそれらの分子の位置を固定化することができることがわかった。「化学的ナノ構造操作」は、液体や固体あ

るいはそれらの複合体における化学的な平衡状態と非平衡状態を時間的および空間的に巧妙に使い分けることによってナノスケールの物質を制御することである。この方法はバラエティーに富んだ物質のナノ操作、制御を可能にする。「制御された自己組織化」は、上で述べた「原子・分子操作新技術」と対極的な方法である。後者が個々の原子や分子を強引に操ろうとする人為的な方法であるのに対し、この方法は原子や分子が本来もつ相互作用力を利用する神様に頼る方法である。それゆえ、両者を巧妙に融合することによって多彩で有効なナノアーキテククスが実現できる。本研究拠点における研究の多くがその融合に関与することになる。

以上のようなナノアーキテククスを駆使して材料開発の新しいパラダイムシフトを本研究拠点において実現する。ナノアーキテククスに基づくこのような研究は、ある規模以上の優れた人材、経験、設備を備えた研究機関でなければ実効は難しい。NIMSはこのような研究を推進するための研究機関としてきわめてふさわしい。それについては次節で詳しく述べる。

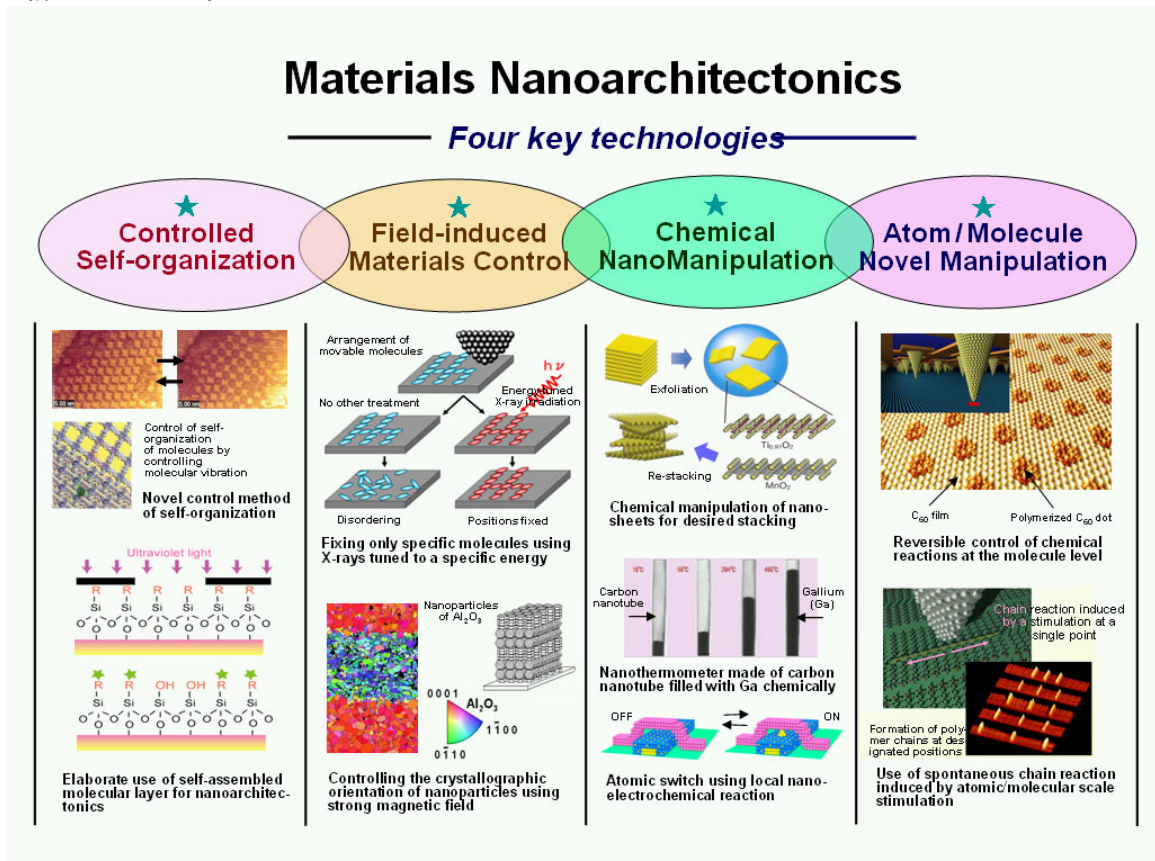


図2 Materials ナノアーキテククスについて

上で述べた材料開発のパラダイムシフトを実現し、それによって上で述べた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。（実際に、本構想が実現した折には、平成18年度より有力なドイツ人研究者の参加の内諾が得られている。また、現在のところ女性の主任研究者候補は1名であるが、今後、その増加に努力する。）22人の主任研究者のうち14人がホスト機関であるNIMSの研究者、8人が外部機関からの研究者である。8人の外部機関からの研究者のうち5人が国外から、3人が国内からの参加である。なお、22人の主任研究者のうち7人が外国籍の研究者である。22人の主任研究者のうち16人（人名の肩に星印をつけた）が世界トップクラスの研究者である。これらの主任研究者がナノアーキテククスによる新しい材料開発のパラダイムの構築にどのようにかかわるか、また上で述べた1)～3)研究達成目標の研究にどのようにかかわるかを図3に示す。

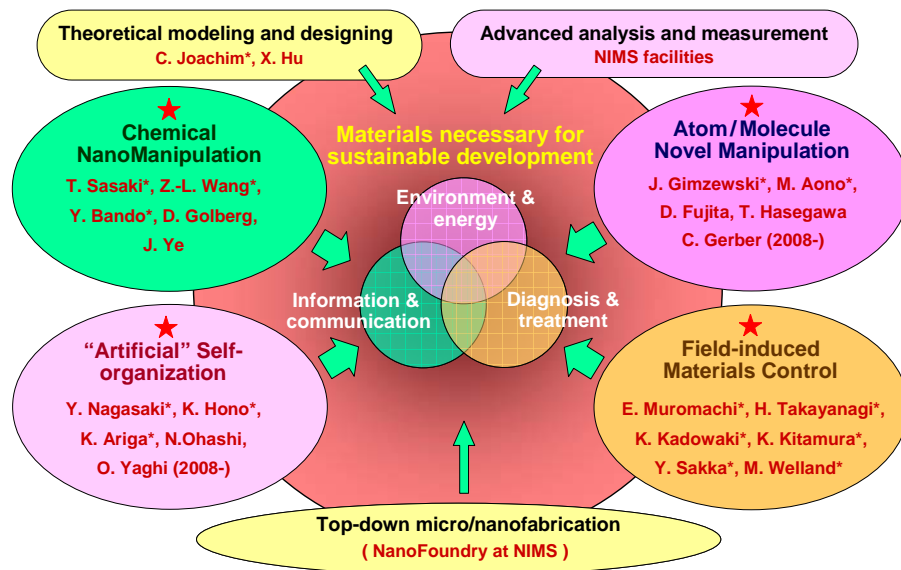


図3 研究の実施体制

c) 過去の実績

ホスト機関であるNIMSの世界トップレベル研究拠点の形成に必要な実績は次の1)～3)にまとめることができる。

1) 物質創製

物質・材料の創製と制御に関して長年にわたって培われた世界の追従を許さない優れた実績と経験を有している。その例を下記に紹介する。

- 1) 世界初のプラズマ支援化学気相蒸着法による人工ダイヤモンドの合成
- 2) 超高压を利用した単結晶ダイヤモンドの合成
- 3) ビスマス酸化物系高温超伝導体の発見とその構造決定
- 4) 世界最大最高品質の誘電体単結晶合成、および、その研究成果に基づくベンチャー企業の設立。当該ベンチャー企業は、2006年6月時点で資本金281,000,000円にまで成長
- 5) 高輝度電子放出材料であるランタンボライドの基礎的研究とその実用化
- 6) 各種の高温耐熱材料の開発に成功し、世界に類を見ない「超鉄鋼」を実現した
- 7) 高温超伝導体からなる線材の開発とその実用化
- 8) コバルト酸化物系超伝導体の発見
- 9) 高速変形特性を有する超塑性セラミックスの開発
- 10) 超伝導ダイヤモンドの合成
- 11) 原子や分子を個々に操作する技術を、ERATOの「青野アトムクラフトプロジェクト」において18年前に既に実現
- 12) 原子・分子マニピュレーション技術の波及としての、原子スイッチ素子の開発。
- 13) 連鎖重合法による、任意位置での導電性ポリマーの単分子合成
- 14) C₆₀分子の配列を利用した、100 Tbit/in² のメモリー素子の開発
- 15) カーボンナノチューブを使った世界最小のナノ温度計の実現
- 16) 機能を持ったナノシート構造の発見と、その利用
- 17) 液滴エピタキシー法で、その内部構造を制御した半導体量子ドット構造の実現

2) 世界最高の大型研究設備

物質・材料の構造観察および物性計測に関する世界的にユニークな一連の高性能大型設備

を具える。

- 1) 世界最強磁場を発生する電磁石の開発
- 2) ナノファクトリーにおけるナノテクノロジー関連装置群
- 3) 超高圧、超高分解能透過型電子顕微鏡
- 4) 強磁場発生技術に基づく、世界最高周波数を誇る核磁気共鳴装置
- 5) 人工ダイヤモンドの合成に利用される超高圧発生装置の開発
- 6) SPring8 施設における専用ビームライン
- 7) 大電流イオン注入装置

3) 先端ナノテクノロジー

ナノスケールでの物質・材料の創製、制御、加工、計測にかかわる一連のユニークで高水準のナノテクノロジー関連の研究設備とその利用による実績を挙げている。特に、各種ナノチューブ、ナノシート、原子スイッチ、機能性超分子などの創製とその応用、多探針走査プローブ顕微鏡（ナノテスター）、極低温・強磁場・極高真空で動作する走査トンネル顕微鏡などの最先端ナノ計測装置。また、新しいオーダーN法の開発など計算科学においても高水準の研究を実施している。

- 1) 種々の新しいナノ構造の創製
- 2) 新しいナノシート材料の創製
- 3) 原子スイッチ構造の構築
- 4) 機能性超分子の開発
- 5) マルチ探針を有する走査プローブ顕微鏡(ナノテスター)の開発
- 6) 極低温や強磁場下で機能する走査型トンネル顕微鏡の開発
- 7) オーダーN法をふくむ、新しい計算科学手法の開発

これら3つの特徴をいずれも兼ね備えた物質・材料に関する単独の研究機関は他に類例を見ない。我々の世界トップレベル研究拠点では、これら3つの特徴を密接に融合することにより、他の機関では実行が困難なナノアーキテクトニクスによる研究を推進する。

(3) 運営

i) 拠点長

氏名： 青野正和 63 才 (2007.10.1現在)
現所属： 独立行政法人物質・材料研究機構 (NIMS)
現職： フェロー
ナノテクノロジー基板領域研究コーディネーター
専門： ナノ科学、ナノテクノロジー、ナノエレクトロニクス、表面物理、化学

<略歴>

青野正和は、1972年東京大学で博士の学位を取得後、科学技術庁無機材質研究所に所属した。その間、1978～1980年の間の2年間、米国のウイスコンシン大学の客員教授を務めた。その後、1982年に理化学研究所に転籍し、2002年には、表面界面研究室を組織した。1996年から2005年まで大阪大学の精密原子制御講座の教授を併任した。2002年より、独立行政法人物質・材料研究機構に所属し、現在に至っている。

<特筆すべき研究成果>

青野正和は、表面科学、ナノサイエンス、ナノテクノロジーの分野において35年にわたり数々の優れた研究業績を上げ、世界的に高く評価されている。彼の研究は、エポックを作る、あるいはサプライズを与える独創性によって特徴づけられる。それらの研究はAppendix 2に概説されている。ここでは、それらの研究やそれによってもたらされた功績、およびプロジェクトリーダーとしての資質を簡単に紹介する。

① LaB₆ 電子放射材料の開発

初期の研究として、今日電子銃として電子顕微鏡や電子線リソグラフィーに多用されているLaB₆が異常に低い仕事関数 (~2.3 eV) をもつ原因を初めて明らかにし、それに基づき、同僚と企業（電化）と共同でLaB₆ 単結晶電子銃 を製品化し世界に向けて販売した。

② イオン散乱スペクトロスコピーの開発

固体表面の構造（最表面のみならず2枚目、3枚目の層についても）を容易に解析しうるあらたなイオン散乱スペクトロスコピーすなわちimpact collision ion scattering spectroscopy (ICISS) あるいはその発展型としてのcoaxial ICISS (CAICISS) を発明した。CAICISSは企業（島津製作所）から製品化され、日刊工業新聞が選ぶ年間ベストテン新工業製品賞を受賞した。

③ 青野アトムクラフトプロジェクト

1989年に科学技術振興機構 (JST) のERATO プログラムの青野アトムクラフトプロジェクトを組織し、走査トンネル顕微鏡 (STM) の探針による原子操作によってナノ構造を構築する研究を行い、今日のナノテクノロジーの発展に先鞭をつけた（それは18年も前のことであった）。

④ 先端的ナノサイエンス、ナノテクノロジー研究

彼はJSTのCREST、SORST、ICORP プログラムのプロジェクトを連続的に主宰し、ナノサイエンスおよびナノテクノロジーの分野において多くの特筆すべき成果を上げた。たとえば、STMの探針を1本ではなく2、3、4本にした多探針STMを開発し、それぞれの探針を任意のナノ構造の任意の点に接触させるナノ電極として用いることによりナノ構造の電気伝導度の計測を可能にした。(ナノテスター)。また、少数原子の移動を制御することによって動作する原子スイッチを発明し、企業 (NEC) との協同によって、その実用化研究にまで進んでいる (NECは原子スイッチを用いたプログラマブルICの製造のために相模原の製造ラインで研究を開始した)。さらに、単分子膜の1点に刺激を与えるだけでそこから連鎖重合を誘起して1本の重合分子 (導電性のパイ共役高分子鎖) を任意の位置に形成する技術を開発し、それを用いた新しいスイッチングデバイスおよび光子発生デバイスの研究を進めている。ごく最近では、シンクロトロンX線とSTMを組み合わせ、STM像に現れるナノ構造の元素分析を可能にする技術を開発した。

<受賞など>

このような独創的研究によって青野博士は世界的に高く評価され、American Vacuum Society (USA)、Institute of Physics (UK) のフェローに選出されているほか、日本表面科学学会賞、科学技術庁長官賞、文部科学大臣賞をはじめとする数々の賞を受けている。そして、数回の国際会議を議長として開催し、30回以上の国際会議の組織委員などとしてそれらの運営に参加し、国際会議での招待講演は130回以上に及ぶ。

<プロジェクトリーダーとしての資質>

青野博士は、上でその一部をすでに述べたが、これまでに多くの研究プロジェクトを組織し運営してきた経験と実績がある。また、JSTの国際共同研究事業による日英国際共同研究プロジェクトなど多くの国際共同研究の経験と実績があり、それを通して国際的に太い人脈をもっている。さらに、大阪大学教授としての9年間に若い学生の教育にも情熱を燃やした。現在、この研究拠点のホスト機関であるNIMSのフェローであると同時にナノテクノロジー基盤領域コーディネーターおよびナノシステム機能センター長であり、NIMSにおいて大きい人望をもっている。実際、NIMSの2006年からスタートした第2期中期計画の立案において中心的な役割を果たした。より重要なこととして、青野博士は、材料科学の基礎から応用にわたる広く深い造詣をもつとともに、彼の最近の活発な活動は一途に材料科学の発展に向けられている。

ii) 事務部門長

氏名 藤田高広 (55 才 : 2007年10月1日現在)
現所属: 物質・材料研究機構
現職 総合戦略室長

1977 東京大学 工学研究科大学院 修士課程修了
1977 日本鋼管 (株) 入社
1987 バージニア工科大学 (修士号取得)
2001 物質・材料研究機構

同氏は民間企業において研究開発に携わったのち、10年近くにわたって技術企画部門と人事部門の長を経験し、技術経営と人事施策に精通している。また2年間の米国留学を通じて、優れた語学力と国際感覚を身に付けている。2001年に同機構に招聘されてからは、総合戦略室運営主幹、若手国際研究拠点副センター長、広報室長、国際室長を歴任したのち、現在は機構の運営全般を総括する総合戦略室長を務め、独立行政法人化後の当機構の立ち上げと業績向上に多大な貢献があった。同氏は、その卓越したマネジメント能力と企画管理部門における実績、さらに卓抜した語学力と国際感覚から判断して、本国際拠点の事務部門の責任者として最適な人材である。

iii) 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。

iv) 拠点内の意思決定システム

本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。

v) 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。

(4) 拠点を形成する研究者等

i) ホスト機関内に構築される「中核」

a) 主任研究者（教授、准教授相当）

	事業開始時点	平成19年度末時点	最終目標 (○年○月頃)
ホスト機関内からの研究者数	14	14	16 (1.10.2011)
海外から招聘する研究者数	4	4	7 (1.10.2011)
国内他機関から招聘する研究者数	3	3	4 (1.10.2011)
主任研究者数合計	21	21	27 (1.10.2011)

b) 全体構成

	事業開始時点	平成19年度末時点	最終目標 (○年○月頃)
研究者 (うち、外国人研究者数及び%)	90 (56 / 40 %)	140 (56 / 40%)	167 (84 / 50%) (1.10.2011)
主任研究者 (うち、外国人研究者数及び%)	21 (7 / 32 %)	21 (7 / 32%)	27 (10 / 37 %) (1.10.2011)
その他研究者 (うち、外国人研究者数及び%)	69 (24 / 40%)	118 (41 / 47%)	140 (74 / 53%) (1.10.2011)
研究支援員数	17	17	20 (1.10.2011)
事務スタッフ	20	20	22 (1.10.2011)
「中核」を構成する構成員の合計	177	177	209 (1.10.2011)

ii) 他機関との連携

本拠点は物質・材料研究の世界拠点に相応しい世界トップレベル研究を効率的に推進し、それと同時に国際水準の若手研究者を育成するために、国内外の研究機関と積極的に連携する。NIMSは世界材料研究所フォーラムを立ち上げ、材料研究機関のグローバルなネットワーク化に尽力してきたが、拠点もこれに習い、世界ナノテクノロジー研究所フォーラムを主催しナノテクノロジーとナノ物質・材料のグローバルなネットワーク形成と国際的研究連携に注力する。また、文科省により支援されNIMSが中心的役割を果たしているナノテクノロジー・ネットワークプログラムに積極的に関係することで、日本国内のナノテクノロジー関連研究機関との連携を強める。

本拠点は、サテライト機関と連携機関の2種類の提携機関を設置する。サテライト機関は拠点のブランチとしての機能を有する。一方、連携機関は、MOU締結に基づいて、本拠点と共同研究や人事交流を行う。

サテライト機関：外部招聘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。本拠点では、筑波大学、東京理科大学、ケンブリッジ大学、UCLA、ジョージア工科大学にサテライト機関を平成19年12月までに設置する。サテライト機関は、本拠点の研究活動の一翼を担うとともに、拠点の橋頭堡としての役割を果たす。また、本拠点に所属する若手研究者の3Dによる育成機関の場と位置づける。

- **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工学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。
- **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。
- **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。

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。

(5) 環境整備

i)

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ャンの充実、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、外国人研究者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。
- **テクニシャンの充実と装置の開放：**テクニシャ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。テクニシャン等には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）。

ii)

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。

iii)

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。

ポスト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だ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トドク等約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可否を決定する（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）。ポストドクは初年度約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、ポスト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

- **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リサーチ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。
- **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を行う。ICYS の 5 年間に於いて、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 のパーマナント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準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。

iv)

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。
- **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。
- **インターネットの利用**： テレビ会議に通訳つける

v)

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。

vi)

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のスペースを与える。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）の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。

vii)

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。

viii)

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。
- **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、ナノファクトリー、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。

(6) 世界的レベルを評価する際の指標等

i) 対象分野における世界的なレベルを評価するのに適当な評価指標・手法

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) 上記評価指標・手法に基づいた現状評価

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) 本事業により達成すべき目標（中間評価時、事後評価時）

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の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の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、拠点に学生、あるいは、ポスドクとして拠点に在籍したことのあるもの内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。

(7) 研究資金等の確保

i) 過去の実績

現時点で、NIMSに在籍する主任研究員候補者の近年の外部資金獲得実績を下の表に示す。ここでは、それぞれの研究者が、研究代表者(principal investigator)となる研究費であって、国などが配分する公募型の資金提供と民間企業からの資金提供型共同研究で得られた外部資金について集計している。

表 主任研究員候補者の外部資金獲得実績 (単位：百万円)

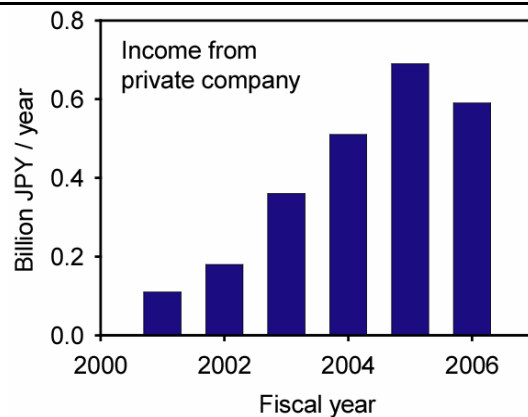
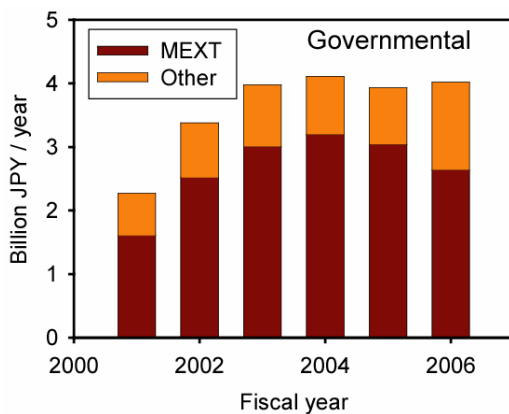
Name	FY2002	FY2003	FY2004	FY2005	FY2006
Masakazu Aono	58	169	179	412	276
Yoshio Bando	41	493	801	812	792
Eiji Muromachi	0	0	8	7	10
Kenji Kitamura	116	103	119	4	8
Takayoshi Sasaki	47	77	36	9	53
Kazuhiro Hono	90	107	93	51	116
Katsuhiko Ariga	0	0	0	4	12
Yoshio Sakka	69	28	31	25	18
Xiao Hu	2	2	1	0	2
Naoki Ohashi	2	1	15	26	2
Dmitri Golberg	0	0	9	4	0
Jinhua Ye	50	68	60	12	22

表にあるとおり、主任研究者は、近年、平均で、14億円程度の外部資金を獲得してきている。さらに、次のページの表にあるとおり、ホスト機関の運営費交付金もリソースとして参入可能である。近年、主任研究者には、8～14億円の水準で、交付金が配分されている。別添にある主任研究者の平均的なエフォート(b/aの値)は、80%となっている。したがって、参加する主任研究者の資金総量は、年間、17～22億円のレベルにある。この値は、充当計画にある必要予算の値に匹敵するものとなっている。

表 参画する主任研究者に配分された運営費交付金の金額 (単位：百万円)

Name	FY2002	FY2003	FY2004	FY2005	FY2006
Masakazu Aono	108	133	129	127	40
Yoshio Bando	114	195	171	134	81
Eiji Muromachi	85	75	106	46	48
Kenji Kitamura	255	280	190	312	63
Takayoshi Sasaki	126	127	84	88	64
Kazuhiro Hono	67	54	48	213	95
Katsuhiko Ariga	0	23	20	211	25
Yoshio Sakka	18	17	25	23	47
Xiao Hu	7	14	21	20	19
Naoki Ohashi	10	5	20	20	82
Dmitri Golberg	0	0	0	0	22
Jinhua Ye	9	16	9	9	50

なお、参考として、ホスト機関の全体としての政府系、あるいは民間企業団体等からの資金獲得は、以下の通りである。



ii) 拠点設立後の見通し

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も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。

その他

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年以上存続させること予定である。

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。