

## プロジェクト事前評価報告書

書面評価：平成22年5月～6月

評価委員：（敬称略、五十音順）

川合真紀 理化学研究所 理事  
 黒田一幸 早稲田大学理工学術院 教授  
 田中一宜 科学技術振興機構研究開発戦略センター 上席フェロー  
 宮山勝 東京大学先端科学技術研究センター 教授

確定年月日：平成22年7月16日

プロジェクト名	ケミカル・ナノテクノロジーによる物質・材料の未踏機能の創出とその応用に関する研究（「ケミカル・ナノテクノロジーによる新材料・新機能の創出」に改題）
研究責任者の所属・役職・氏名	フェロー/MANA（国際ナノアーキテクトニクス研究拠点）ナノマテリアル分野コーディネーター、MANA 主任研究者（PI） 佐々木高義
実施予定期間	平成23年度～平成27年度
研究目的と意義	<p>本プロジェクトでは、NIMSがこれまで開発・蓄積してきたユニークな合成技術を活用し、有機から無機にわたる広範な物質系で新規ナノスケール物質を系統的に探索する。ナノメートルレンジのサイズと形状に加えて、これまでほとんど注意が払われてこなかった組成・構造の精密制御（例えばドーピング）といった視点を加味することにより、ナノスケールに由来する機能を増強、高度化した形で引き出すだけでなく、未知物性や新現象の発見（セレンディピティー）を狙う。</p> <p>次にこれらナノスケール物質の持つ優れた機能を活かして、有用材料やデバイスを創製するために、目的とする機能に合致した特性を有するナノスケール物質と機能性物質をパーツとして、室温付近の化学プロセスにより、これらをナノレベルで集積・複合化する「ケミカル・ナノテクノロジー」と呼べる技術を開発・完成させる。これにより電子的・磁氣的・光学的・化学的機能など、多彩な機能開発が可能となるものと考えられ、基礎・応用の両面にわたる広範な展開が期待される。</p> <p>エレクトロニクスや環境・エネルギー技術に代表される現代先端技術社会の革新のスピードは非常に早く、既存材料、技術の延長線上の改善・改良では限界に達しつつある技術課題が数多く存在する。本プロジェクトで追求するような新パラダイムに基づく材料創製こそが、不連続な性能アップ、全く新しい機能の発現をもたらし、大きな技術革新につながる可能性を秘めているといえる。多くの困難が予想されるこのような基礎・基盤的課題に、NIMSがこれまで蓄積してきた先端的材料合成技術を駆使して取り組むことは大きな意義がある。</p>
研究内容	<p>ソフト化学合成、自己組織化技術、電気化学的エピタキシャル成長法など、MANAが有するユニークな合成技術を用いて、セラミックス・金属・有機等種々の材料系について、組成・構造の精密制御を意識した系統的なナノスケール物質探索を行う。これにより、元素置換、欠陥導入・制御、価数制御等を実現した「第二世代ナノスケール物質」としての新規ナノチューブ、ナノシート、ナノ粒子、ナノ細孔材料、超分子材料などを創製するとともに、それらの組成・構造や物性を詳細に解析する。さらに、様々な化学的ナノ操作による配列制御技術を駆使して、これらのナノスケール物質を集積もしくは異種物質と複合化する高次ナノ材料創製プロセスを確立し、次世代エレクトロニクスや環境・エネルギー技術分野に貢献する高度な電子的・磁氣的・光学的・化学的機能の発現・開発を進める。</p>
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	<p>(1) 高機能ナノスケール物質の創製：セラミックス・金属・有機系ナノスケール物質を、組成・構造を精密に制御して創製する技術を確立し、優れた電子的・磁氣的・光学的・化学的機能を高度に制御した形で発現させる。</p> <p>(2) 物性開拓：新規ナノスケール物質が示すナノスケール領域での特有の物性と、元素ドーピング、原子価ならびに欠陥制御などとの相関に関する理解を確立し、</p>

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。

	<p>既存機能の大幅な向上とともに、全く新しい特性や現象の発見を狙う。</p> <p>(3) 材料創製と機能開発：(1)において創製される高機能ナノスケール物質を精密に集積化・複合化するケミカルプロセス技術を開発し、既存材料・技術では実現できない革新的な機能を発揮する新材料(high-k ナノ薄膜、全固体型リチウム電池、放熱基板、バイオマス変換触媒、光エネルギー変換触媒など)、技術を創製する。</p>
【評価項目】	コメント
<p>①□ プロジェクトの目標 {優れている点、内容が不足している点、目的や目標を絞る必要はないか、達成目標が高すぎる(低すぎる)か、既存プロジェクトとの重複(差別化)、ほか}</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・すべてのグローバル課題解決に必要な技術分野としてのナノテクノロジーは、日本がそのポテンシャルを維持し続けなければならない科学・技術分野である。ナノテクノロジーの進化過程として、技術の極限化、複合化(融合化)、組織化(システム化)と分けて考えれば、現在は、複合化あるいは組織化へと進化を加速していく時期と考えられる。この視点から、本プロジェクトは、その中で複合化に相当していて、方向付けとしては「第二世代のナノテクノロジー」と位置づけられている。中長期の目標としては日本にとって重要な提案と考えられる。</li> <li>・NIMSのミッションに則り、世界最高レベルで蓄積されてきた先端材料合成技術を駆使して、新パラダイムに基づく材料合成に関わるプロジェクトとして極めて高く評価できる。高機能ナノスケール物質の創製、物性開拓、ナノスケール物質の集積・複合化による材料構築と機能開拓など、革新機能を有する材料創製に挑戦する難易度の高いプロジェクトであるが、MANAの力量は世界最高水準にあり、実現の可能性の高い目標と判断される。</li> <li>・ナノスケール物質の物性に、より多くの自由度を持たせるために、組成(元素置換)・欠陥を変数として繰り込めるように精密科学を推進する提案は重要である。配位化学分野では、配位子を変えることにより中心金属の価数を制御してきたが、ナノメートルサイズの構造体に積極的にドーピングする試みは新しい可能性を生むであろう。これまでのバルクの材料とは異なり、ナノメートルサイズの構造体は、外界と接するだけで大きな影響を受ける。本プロジェクトもまた、ナノテクノロジー・材料分野の階層を意識した材料開発である。</li> <li>・ナノスケール物質自身の高機能化とそれらの集積化・複合化という、これからの物質・材料の開拓に非常に重要な基盤的課題に対して、適切かつ具体的な目標設定がなされている。</li> </ul>

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。

<p><b>②解決・解明すべき課題とその背景</b>  (学術的レベル、技術的レベル、社会的価値、経済的価値、将来新しい研究開発分野となるか、実用材料につながるか、産業界にとって重要か、重要特許になりうるか、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本プロジェクトの重要なコンセプトは、ナノスケール物質の制御された集積・複合化による高次ナノ材料創製にあり、それらの機能解明は重要な課題である。集積・複合化の精緻な制御は学術的にも技術的にも難易度が高く、それが可能となれば将来の研究開発の飛躍につながる重要課題である。また、それらの成果はグリーン・イノベーションやライフ・イノベーションにも直結する材料創製技術であり、産業界にも大きく貢献することが期待される。</li> <li>・これまでに、ナノテクノロジー分野で開発されてきたナノメートルスケールの物質をビルディングブロックとして、異なる物質の複合化や集積化により階層を超えて新しい複合材料開発に繋げることは、まさに今、ナノテクノロジー・材料開発に求められているところである。メソドロジーとして唱えられているこのような材料開発が、具体的にどのような新しい物質を生み出すのか、大いに期待するところであると同時に、一体何が生まれるのだろうかという疑問も呼んでいる。このような時期に、材料開発のメッカであるNIMSが総力を挙げて本プロジェクトに取り組むことは大変意義深い。具体的な材料が開発された際のインパクトは大変大きく、当然、産業界にとっても目を離せない研究であろう。</li> <li>・新たなデバイス・システムの基盤となる物質・材料の研究開発の必要性、および解決すべき課題に対する研究開発の方向性が明確に示されている。特にナノマテリアルの集積化、異種物質との複合化は、これからの様々な産業技術の発展に寄与する重要な課題といえる。</li> <li>・より具体的には、プロジェクトの性格を、研究責任者のこれまでの成果をベースにして「ケミカル・ナノテクノロジー」で表現し、単一の素材では不可能な高度の機能を狙っている。今後の課題解決に対応した、より高度な技術プラットフォームとしてのナノテクノロジーを構築する上で、必要なプロジェクトと考えられる。</li> <li>・柔軟な研究推進体制が得られれば、環境・エネルギー、ナノエレクトロニクス、ナノバイオ、いずれへの出口にも関連する重要基礎技術が生まれる可能性がある。</li> </ul>
<p><b>③研究リソースと研究計画・方法</b>  (研究内容、目的の実現可能性、計画の問題点、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高いポテンシャルと多くの実績を持つ多様な研究参画者により、適切な体制でプロジェクトが実施される計画となっている。研究項目とその主要な方法についても具体的に示されており、問題点はない。</li> <li>・NIMSのグループは、ナノ材料開発で世界でも類を見ないユニークな研究者を擁している。ナノシート、ナノチューブそして超分子を鋳型とする材料開発で、これだけの布陣を抱えている機関は他にないであろう。これらの基礎・基盤的要素と、ナノ界面グループ、ナノ燃料電池材料グループおよび二次電池材料グループなどの具体的な目標機能を想定した研究グループと一緒に研究を展開することで、機能開発への道筋も用意されているようである。大いに期待できる布陣である。</li> <li>・研究責任者を始め、世界的な成果を出している研究者が含まれていて、また、すでに海外の研究者の参加もかなりあって人材的には充実しつつある。物質探索・創製・構造・機能の解明、集積・複合化による新機能開発など、これらが有機的に融合していけば、大きな成果が期待できるだろう。NIMS全体のインフラも良く、更に、筑波地区全体の研究リソースも活用してほしい。</li> <li>・すべての研究グループで、制御された集積・複合化が可能であるかは未知数の部分もあり、集積後の機能発現の正確な理解には相当の努力を要すると思われるが、材料合成に必要な多彩な合成技術を有する研究者群、材料解析に必要とされる能力、ノウハウ、装置を駆使できる研究者群が相互作用できる仕組みと、物性研究や理論計算の専門家による裏づけが可能な組織構成となっており、プロジェクト遂行に理想的な布陣となっている。</li> </ul>
<p><b>④見込まれる直接の</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ナノテクノロジー開発の一つの山場を迎え、それに真正面から応えようという</li> </ul>

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。

<p><u>成果（アウトプット）、効果・効用（アウトカム）や波及効果（インパクト）</u>  （質の高い成果は期待できるか、新技術・デバイスにつながるか、多くの外部資金獲得・共同研究につながるか、他分野への波及効果、ほか）</p>	<p>提案であり、大いに期待したい。まさに、ナノテクノロジーという21世紀の技術先端を、材料機能に転換する大事な時期でもあり、本プロジェクトの成功に期待したい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・提案されている材料創製の波及効果は、固体物理からバイオメディカルの応用まで、極めて幅広くかつ大きいと予想される。直接のアウトプットは当然のこととして、材料合成技術の成果は他分野の進展にも大きく貢献すると思われる。また本プロジェクトの成果から新たな研究プロジェクトが生まれることも十分に期待でき、MANAの存在意義をさらに高めるとともに、日本の材料関係の学術水準を世界最高に維持できるものと判断される。</li> <li>・個々の研究項目それぞれで、学術的成果と関連する応用に寄与する研究成果が確実に見込まれる。さらに、それらの成果を合わせることにより、環境・エネルギー問題の解決に寄与する革新的な材料・技術の創出に結実する可能性がある。そのため、多くの共同研究等も期待され、幅広い分野で波及効果が大きい。</li> <li>・研究責任者、プロジェクトの内容、人材については、現在の日本では最高レベルに近いものになっており、質の高い研究成果が期待できる。というよりも、短期的な成果を性急に求めることなく、数年毎のゆったりとした、しかし厳しいレビューの下に、重厚な研究成果を求めるべきである。そうでなければ、なけなしの人材を殺すことになるであろう。</li> <li>・欠陥や組成を制御する技術や経験は十分であるが、具体的にどのような物性を制御するのは、研究計画提案書からは読み取れなかった。</li> <li>・アウトプットや波及効果の大きさは、どのような機能が創出されるかによるだろう。</li> </ul>	
<p>⑤総合評価  （研究全体に対する総合的所見、及び上記評価項目①～④に含まれない、その他の評価ポイントがあれば追加してコメント）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・NIMS(MANA)の世界最高レベルの設備と陣容を最大限活用して、取り組む材料創製プロジェクトとして極めて高く評価できる。是非多くの課題を実現し、日本の科学・技術の牽引役・新たな技術革新の起爆剤としての役目を果たすことを望む。</li> <li>・本プロジェクトは、磨き上げた最先端技術をどれだけ機能に転換できるかを問うものである。NIMSの実力に大いに期待したい。</li> <li>・物質・材料の新たな展開をもたらすことが期待される基盤的かつ重要なプロジェクトであり、計画を変更することなく推進すべきである。</li> <li>・10年規模で進めるべき重要研究課題であり、NIMSマネジメント側の強い支援や、融合や連携といった研究推進体制の工夫が効を奏せば、成果は大いに期待できる。</li> <li>・アジアを始め、海外の研究者とのネットワークをしっかりと作り上げていって欲しい。国際共同研究のあり方や、新しい形の可能性についても積極的に実験し、トライして欲しい。</li> </ul>	
<p>総合評価点  （10点満点）</p>	<p>8.8～9.0（小数第二位以下四捨五入）</p>	
<p>各委員の評価点  （10点満点）</p>	<p>7～8, 9, 9, 10（順不同）</p>	
<p>評価点</p>	<p>評価</p>	<p>評価基準</p>
<p>10</p>	<p>S</p>	<p>全ての点において模範的に優れている。  計画を変更することなく推進すべきである。</p>
<p>9</p>		
<p>8</p>	<p>A</p>	<p>総合的に優れている。  一部計画を見直し推進すればS評価になる可能性がある</p>
<p>7</p>		
<p>6</p>		<p>平均的なプロジェクトである。</p>

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。

5	B	プロジェクトの実施は認めるが、一部計画を見直した方が良い点がある。
4		期待されたほどではない。
3		計画を見直して推進すべきである。
2	C	大きな問題があり、プロジェクトを中止すべきである。
1		プロジェクトの見直し、計画の抜本的な変更がなければ実行すべきではない。

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。