

# プロジェクト中間評価報告書

評価委員会開催日：2019年12月17日

評価委員氏名（敬称略，五十音順）

黒田 一幸	早稲田大学 応用化学科 教授
柴田 直哉	東京大学 工学系研究科 教授
原 正彦	東京工業大学 総合理工学研究科 教授

確定年月日：令和2年3月24日

プロジェクト名	ケミカルナノ・メソアーキテクトニクスによる機能創出
研究責任者の氏名・所属・役職	佐々木高義 フェロー
実施予定期間	平成28年度～令和4年度
研究目的と意義	<p>本プロジェクトでは、材料科学技術が科学技術全般を支えるキーテクノロジーであることを踏まえ、その中でも最先端課題に位置付けられるナノマテリアルの高品位合成、材料・機能設計とともに、さらにそれらを高次集積、複合化して新規機能の実現を狙いとする「ケミカルナノアーキテクトニクス」研究を推進する。すなわち、ナノからメソスケールで次元、組成、構造、階層、空間を精密に設計・制御した新規材料を創製するとともに、高度ナノ解析、評価技術を開発して、発現する新規機能の評価を実施する。これらを通じて、ナノ領域特有の物理的特性や化学的機能を積極的に活用するための知識、技術を獲得、蓄積して広範な分野への応用展開を図る。以上を通じて、人類社会の持続的発展、技術的革新、利便性の向上に貢献する多様なシーズの創出を目指す。</p>
研究内容	<p>低次元ナノ物質、ナノ細孔材料などの新規ナノマテリアルを創製するとともに、これらの高次集積により、ナノからメソスケールで次元、構造、階層、空間を設計・制御した高次機能性材料を構築するための新規材料創製プロセス（ケミカルナノ・メソアーキテクトニクス）を確立する。この戦略に立脚して、新しいメカニズム・材料に基づく熱電材料、蓄電技術、光電変換材料、可視光応答光触媒、低消費電力FETなどエレクトロニクス、環境・エネルギー技術の革新・発展に役立つ新材料・技術の開発を行う。</p>
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	<p>新規ナノワイヤ、ナノシート、ナノ細孔材料などを組成、構造、サイズ、形状、次元性を精密に制御して合成し、その物性を明らかにする。合成されるナノマテリアルをビルディングブロックとしてナノ～メソスケールで高次集積化、複合化を可能とするケミカルナノアーキテクトニクス技術を開発する。</p> <p>以上を基盤として、新しいパラダイムによる機能発現を図り、現行材料の性能を大幅に上回る光電変換材料、蓄電材料、熱電材料、誘電デバイス、水分解および二酸化炭素還元用光触媒など、次世代エレクトロニクスや環境・エネルギー技術に役立つ機能性材料、デバイスの開発に資するシーズを創出する。</p>
平成23年度～平成25年中間評価時までの主な研究成果（アウトプット）及び研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（イン	<p>1) 主な研究成果（アウトプット）</p> <p>ナノマテリアル創製に関しては、1次元系では高結晶性で、かつ原子レベルで急峻な界面を持つSi/Geコア・シェルナノワイヤの合成、さらにコア、シェルのどちらかへの選択的ドーピングを達成した。2次元系では、各種酸化物ならびに水酸化ナノシートを組成、構造、厚み、横サイズを精密に制御して合成し、その中で世界最高レベルの誘電性やOH<sup>-</sup>イオン伝導性など、様々な新規機能を見出した。ナノ細孔材料では球状ミセルを様々に集合させ、その隙間で金属を析出させるという独自プロセスを適用することにより、様々な金属、合金の多孔体をナノ</p>

<p>パクト)</p>	<p>粒子、ナノ薄膜、ナノシートといった多様な形態に制御して合成した。得られた金属ナノ多孔体はその高い比表面積、細孔構造に基づいて、優れた触媒機能を発揮することを明らかにした。</p> <p>評価・モデリングに関しては、TEM 内その場物性評価装置に熱分析顕微鏡機能を付加するなど拡充、高度化を進め、本プロジェクトで合成された様々なナノマテリアルに適用し、BN ナノチューブの機械的特性の高精度測定などが達成された。物性予測を目指した基礎理論、計算手法の整備を進め、ポロシリサイドなど新規ナノマテリアルの構造、電子状態を明らかにした。</p> <p>ナノマテリアルのナノレベルの複合化、ヘテロ接合、形態制御を行うことにより、様々な機能の高度な制御、大幅増強が達成された。熱電機能ではナノ・マイクロ孔の導入、ナノ界面によるエネルギーフィルタリングにより、性能指標が大きく増大した。光触媒機能においても異種物質のヘテロ複合化などを通じて、高効率水分解、二酸化炭素のメタンへの還元など多くの成果が得られた。</p> <p><b>2) 研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）</b></p> <p>高度に制御された組成、構造、形状、サイズを持つ高品位ナノマテリアルが多様な物質系で合成され、ライブラリー化されつつある。またこれらをナノ～メソレンジで集積化、配列制御、異種物質と複合化する新規技術(ケミカルナノメソアーキテクトニクス)が開発、高度化されている。これらを用いて現行材料では実現、到達が困難であった新規機能の発現や性能の大幅増強が熱電、光触媒、蓄電機能などにおいて達成されており、これらは次世代エレクトロニクス、環境・エネルギー技術に革新をもたらす重要なシーズとして活用が期待できる。</p>
<p>中間評価時の進捗状況及び自己点検・評価</p>	<p><b>中間評価時の進捗状況</b> 予定を上回っている。</p> <p><b>自己点検・評価</b> 本プロジェクト研究で重点項目として設定した、新規ナノマテリアルの探索・創製、物性の解明、集積化、複合化による機能性材料創製のいずれにおいても、当初計画通りもしくは計画を上回る進捗を得たと認識している。その中で一部実用化につながったり、大型プロジェクトへの展開もえられている。これに加えてOH<sup>-</sup>イオン伝導性、フォトリソグレイブなど、当初計画になかった成果も多数得られており、総合的に順調な進展が得られていると判断している。</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメント</p>
<p>①研究計画、実施体制、マネジメント、連携 (研究開発の方向性・目的・目標の見直し、計画・ロードマップの問題点、実施体制・マネジメントの改善、連携のあり方、ほか)</p>	<p><b>【A】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎研究・目的基礎研究型として進められている本プロジェクトは、NIMS ならではの独自性を有する拠点として世界でも貴重かつ重要なプレゼンスを示している。</li> <li>・研究の方向性、目的・目標共に妥当である。</li> <li>・当初計画を超える進展を示しており、計画、ロードマップの見直しの必要はない。</li> <li>・質量ともに非常に高レベルの成果発信がなされており、実施体制、マネジメント、国内外の連携に変更の必要はないと判断される。</li> </ul> <p><b>【B】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・低環境負荷の化学プロセスを中心にボトムアップから新材料創製を目指しており、重要な研究分野であると考えられる。</li> <li>・研究体制はプロセス、評価、理論、応用と一体感のある運営体制が構築できて</li> </ul>

	<p>いる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・他大学、海外機関とも活発に連携しており、世界的な存在感を確立していると思われる。</li> </ul> <p><b>【C】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・WPI 終了後の体制の維持と、研究レベルのさらなる向上を示しており、評価できる。</li> <li>・多くの外部連携を推進されているリストがあり、競争的資金の獲得にも努力していると思われる。</li> </ul>
<p><b>②研究開発の進捗状況及び進め方</b>  (進捗状況の把握、研究責任者の自己点検  ・評価の妥当性、進め方の見直し(継続・変更・中止等)、研究資源(資金・人材)の再配分、ほか)</p>	<p><b>【A】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・定年制職員44名にポスドク・大学院生を加えて100名超とのことであるが、圧倒的な論文生産量から明らかなように進捗状況の把握、自己点検・評価は妥当である。</li> <li>・関連外部資金も質量の両面で極めて優秀で見直すべき点はないように評価する。</li> <li>・外部共同研究先も高レベルの機関が多く、これらの機関との共同研究の成果をさらにアピールしてNIMSの存在意義をさらに高めることも可能だろう。</li> <li>・資源の配分も適切に行われていると評価できる。</li> </ul> <p><b>【B】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各サブテーマにおいて、順調に進捗しており、論文発表なども多数あり、高いアクティビティが見受けられる。</li> <li>・独自のナノプロセスを起点に、エネルギー、環境、エレクトロニクスなど様々な材料分野に展開しており、今後の発展が期待できる。</li> <li>・基礎研究として十分に評価できる。実社会に応用するための実材料とするための仕掛け(大量合成法の確立、事業化など)への繋がりが明確であるとなお良いと思われる。</li> </ul> <p><b>【C】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクトの年度目標に対して、順当に進展している。</li> <li>・自己点検・評価も、総じて妥当であると思われる。</li> <li>・資金も人材も、少なくとも現状維持は必要と思われる。</li> </ul>
<p><b>③論文・特許等の直接の成果(アウトプット)、効果・効用(アウトカム)、波及効果(インパクト)</b>  (研究成果の質は世界レベルか、どのような効果・効用あるいは波及効果が出たか/期待されるか、研究タイプを考慮した費用対効果はどうか、セレディピティー、ほか)</p>	<p><b>【A】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・論文485報は圧倒的であり、IFの非常に高いジャーナルに数多くの論文を発表している。</li> <li>・ナノワイヤ・ナノシート、ナノ多孔体などの精密合成において、NIMSは世界トップの位置を占めており、ナノ解析技術の進展も相俟って新機能材料、新技術創出に繋がる成果を得ており、高く評価できる。</li> </ul> <p><b>【B】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・世界的に高いレベルの論文が精力的に発表されており、高く評価できる。費用対効果は十分である。</li> </ul> <p><b>【C】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・論文数ならびに成果の普及についても、減額する運営費交付金の中で、努力している様子が見受けられ、高く評価できる。</li> <li>・インパクトの高い論文や成果が出ており、本分野を先導する位置にある。</li> </ul>

<p><b>④見込まれる直接の成果（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）</b>  （質の高い成果は期待できるか、論文・特許数は十分出そうか、新技術や実用材料につながるか、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は、ほか）</p>	<p><b>【A】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・これまでの成果集積に基づき、今後も質の高い成果が続々と生まれることが期待できる。</li> <li>・これまでの外部資金獲得実績をふまえ、今後も計画以上の展開が期待できる。</li> <li>・費用対効果も高い。</li> <li>・今後のケミカルナノ・メソアーキテクトゥクスの具現化、深化は間違いなく達成されるものと期待する。</li> <li>・また、一部は実用化レベルの成果が出つつあり、他分野への波及効果も今後顕著になることが予想される。</li> <li>・外部共同研究先は世界的にも高レベルの拠点が多く、共同研究の実績を今後上積みし NIMS からの情報発信を増強させることにもさらに積極的になって頂きたい。</li> </ul> <p><b>【B】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今後とも世界を先導する研究成果が継続的に出るものと期待できる。</li> <li>・新材料の芽を多く生み出す可能性のあるプロジェクトであると考えられるので、今後は実際の実用材料にどう展開するかも重要な観点になると考えられる。</li> <li>・本プロジェクトのポテンシャルを活かした外部資金獲得も大いに期待できる。</li> </ul> <p><b>【C】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今後も、よりインパクトの高い成果が生まれる可能性を秘めている。</li> <li>・また、人材育成にも力を入れ、多くの優秀な次世代の自立した研究者が輩出されることを期待したい。</li> </ul>	
<p><b>⑤総合評価</b>  （研究全体に対する総合的所見、及び上記評価項目①～③に含まれない、その他の評価ポイント、問題点等があれば追加してコメント）</p>	<p><b>【A】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・光触媒、熱電材料など非常に重要な材料開発に繋がるプロジェクトであり、機能を評価するにあたって、従来のトップ材料とされている物質群と比較して、どの点がどのように凌駕しているかを定量的に説明して頂けるとさらに NIMS 発材料の重要性を社会に知らせる上で、良いのではないかと考える。</li> </ul> <p><b>【B】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本プロジェクトは多くの世界的成果を順調に挙げており、今後も更なる大きな発展が期待できる。</li> <li>・本プロジェクトを通じて次代を担う若手研究者の育成にも尽力して頂きたい。</li> </ul> <p><b>【C】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・総じて、中間評価としては、ほぼ計画通り進んでいる。</li> <li>・今後、若手の研究者の活動が見えてくることを期待したい</li> </ul>	
<p>委員の評価点  （10点満点）</p>	<p>9, 10, 10</p>	
<p>総合評価点平均  （10点満点）</p>	<p>9.7点</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。</p>
<p>9</p>		<p>計画を変更することなく継続すべきである。</p>
<p>8</p>	<p>A</p>	<p>総合的に優れている。</p>
<p>7</p>		<p>一部計画を見直し継続すればS評価になる可能性がある</p>

6		平均的なプロジェクトである。
5	B	継続は認めるが、継続する時に、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		計画を見直して継続すべきである。
2	C	プロジェクトの見直し、計画の抜本的な変更が必要である。
1		大きな問題があり、継続を中止すべきである。