

プロジェクト中間評価報告書

評価委員会開催日：2020年1月7日

評価委員氏名（敬称略，五十音順）

小形 正男	東京大学大学院 理学系研究科 教授
加藤 隆史	東京大学大学院 工学系研究科 教授
浜地 格	京都大学大学院 工学研究 教授
湯浅 新治	産業技術総合研究所 スピントロニクス研究センター センター長

確定年月日：令和2年3月24日

プロジェクト名	機能性材料創出のための基礎・基盤研究
研究責任者の氏名・所属・役職	宇治 進也 機能性材料研究拠点 副拠点長
実施予定期間	平成28年度～令和4年度
研究目的と意義	<p>NIMSは発足当時から、物質・材料開発からその実用化研究まで、幅広い分野で多大な貢献をしてきている。この一連の研究の中で、もっとも上流の研究である機能性材料の開発とその特性評価、新物質・新機能の発見によるイノベーションシーズの創出は、国の産業の未来を開くための重要な課題であり、我が国の物質・材料科学の基礎・基盤的な発展をミッションとするNIMSが継続的、かつ組織的に遂行すべき課題である。本プロジェクト「機能性材料創出のための基礎・基盤研究」は、革新的な物質・材料の探索、未来を見据えたシーズの探索を担うプロジェクト研究の一つである。</p> <p>本プロジェクトにおいては、未来の超スマート社会の実現に向け、多大なインパクトをもたらす得る革新的な次世代機能性材料の開発を目指す。特に、機構がすでに先導的地位を保っている「超伝導機能材料」「強相関機能材料」「分子性機能材料」「ナノ構造機能材料」の4つの材料において、新規材料合成、単結晶育成、構造・組成解析、微細加工技術の高度化、伝導・磁性・光学物性評価、デバイス応用など、一連の研究を総合的に遂行する。これによって、各種の革新的センサ・光源や、次世代の省電力コンピューティングなど量子機能に資する新規機能材料を創出する。</p>
研究内容	<p>超伝導機能材料サブテーマでは、新超伝導物質開発、新機能の探索、超伝導体の電子状態や超伝導メカニズムの解明など、超伝導に関する基礎研究を進める。強相関機能材料サブテーマでは特異な強相関物性が顕著に発現しやすい遷移金属酸化物などを主な研究対象として、電子の強相関性に基づく新たな量子機能を見出し、そのメカニズム解明を行う。分子性機能材料サブテーマでは、分子構造と物性・機能との相関の精査とその精密集積構造を可能とする集積手法を高度化・確立する。ナノ構造機能材料サブテーマではセンシング、無線通信、情報処理などの要素技術を発展させ、半導体ナノ構造、フォトニック結晶、非線型光学材料等の研究開発を行う。</p>
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	<p>超伝導機能材料サブテーマでは、超伝導基礎研究を通し、微細加工技術を高度化した次世代高速省電力デバイス等の研究開発を行う。強相関機能材料サブテーマでは、新たな量子機能を見出し、メカニズム解明を通して、メモリ、センサ等の次世代量子機能性デバイスを目指した研究開発を行う。分子性機能材料サブテーマでは、分子集積化により、優れた光・電子機能性、触媒特性、自己組織化特性を示す革新的分子性機能材料の開発を行う。ナノ構造機能材料サブテーマでは80 K以上の高温で動作し、かつ現行の2倍の高輝度の量子光源の実現に向けた技術開発を行う。また、Hg、Cd等の有毒元素を含まない量子効率10%の赤外検出器</p>

	<p>や現行の10倍以上の感度を持つセンシング材料の作製技術を確立する。</p>
<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（インパクト）</p>	<p>1) 主な研究成果（アウトプット） 鉄系超伝導体1111型の母物質CaFeAsF単結晶において、ディラック電子の存在を実証し、鉄系超伝導体Ba_{0.5}K_{0.5}Fe₂As₂においてネマティック超伝導を発見し、超伝導機構の解明に貢献した。パウリ常磁性極限をはるかに超える臨界磁場を有機超伝導体で観測し、その起源を明らかにした。正多角形に整形した高温超伝導体メゾスコピック試料において磁束量子のマジック数の発見した。亜鉛を含む複合アニオン化物の新規合成と顕著な第2高調波の発生を検出した。リラクサー材料において、電歪効果を3倍増する新機構を明らかにした。金属伝導を示す単一性純有機物質を開発した。分子の自己組織化現象の精密制御に成功した。高撥水性ナノグループ表面によって配向制御された高分子有機トランジスタや高分子ナノフローティングゲートを用いる有機トランジスタメモリを開発した。Hg, Cdを用いない高感度赤外線検出器の開発、電流注入による量子もつれ対の発生源の開発、高品質格子緩和III-Vヘテロエピタキシャル層の実現、超高感度蛍光バイオ分子センサーの開発に成功した。</p> <p>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） 超伝導物質開拓・物性解明、さらにその応用研究を通して、超伝導基礎科学の飛躍・超伝導デバイス開発に貢献している。電子の強相関性を利用した不揮発性メモリ素子やセンサー素子などへ応用可能な新材料開発へと展開している。有機物質開発、集積手法の開拓により、新機能有機材料の開発へ大きな進展をもたらしている。ナノ構造機能材料研究を通して、情報・通信、量子計測、医療などの分野への応用可能な新機能材料開発に貢献している。</p>
<p>中間評価時の進捗状況及び自己点検・評価</p>	<p>中間評価時の進捗状況 予定を若干上回っている</p> <p>自己点検・評価 新規超伝導体発見、超伝導単結晶の高品質化、鉄系超伝導体・有機超伝導体等の詳細な電子状態、超伝導物性研究など、超伝導基礎科学の飛躍に大きく貢献した。リラクサー材料の電歪効果を大幅に増幅する「Morphotropic Relaxor Boundary」機構の解明、新物質 SrZn₂S₂O の合成と顕著な第二高調波発生の発見、特性が安定した高性能非鉛圧電材料の創製と高圧電機機構解明など、強相関電子材料開発へ大きく飛躍した。常圧下で金属伝導を示す純有機テトラチアフルバレン誘導体の発見、ポリアニオンを検出可能な白色発光性有機ナノ粒子の開発など、新機能分子材料開発に飛躍をもたらした。量子光子源の開発、毒性赤外検出器の実現に大きく進展した。</p>
<p>プロジェクト名</p>	<p>機能性材料創出のための基礎・基盤研究</p>
<p>研究責任者の氏名・所属・役職</p>	<p>宇治 進也 機能性材料研究拠点 副拠点長</p>

【評価項目】	コメント
<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>【A】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サブテーマが超伝導、強相関材料、分子性物質、ナノ構造、ということで多少バラバラ感があるが、それぞれ革新材料の創出として重要な分野なので、大きな成果を期待したい。 ・これまでの期間で大きな成果が個別にあがっている。 ・今後はサブテーマ間の連携や、共同研究などが進展することが望ましいと思われる。 ・かけはしプロジェクトや学会、MRS-Jなどのシンポジウム開催など、成果を発信する努力を続けている点が明記されており高く評価される。 ・プロジェクトの目的として基礎研究に割り切っていますがすがすがしいが、7年間の達成目標があいまいになっている。これは仕方がないと思われる。 ・一方、サブテーマ4については具体的な目標が定められている。 ・評価資料における「今後の研究計画の概要」として、サブテーマ1～3では、単に継続するとしか書いているが、新しい分野への挑戦も継続してほしい。 <p>【B】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・比較的幅広い材料の分野での基礎・基盤研究が進められている。 ・4つのグループどれも、レベルの高い研究を行っており、このまま進めていけばよいと考えられる。 <p>【C】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・4つのサブグループにおいて個別にオリジナルな研究が世界レベルで進んでいることは評価する。 ・それを踏まえて上で、サブグループ間の連携が進められると、さらに新分野開拓につながりそうな期待があるので、マネージメントで工夫ができるとさらに良い。 <p>【D】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・物性基礎研究を主軸にして研究計画が設定されている。このような基礎的なテーマ設定も NIMS には必要であるが、10-20年後にどのようなアウトカムの創出を目指すのか、より骨太な戦略が望まれる。 ・各グループ、各サブテーマ間の関連性やシナジー効果が見えにくく、ややバラバラにやっている印象がある。 ・赤外線検出器以外のサブテーマでは数値目標が提示されていない。探索的基礎研究では数値目標を提示しにくいのは理解するが、それに代わる何らかの明確な目標設定を望みたい。
<p>②研究開発の進捗状況及び進め方 (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>【A】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Sr₂RuO₄の超伝導や、<i>h</i>型有機超伝導体、スピン液体、単一性分子導体を含め各分野で、非常に大きな成果があがっている。 ・評価資料の「研究の進捗状況及び自己点検・評価」で、サブテーマ4について量子効率39.4%を達成しており、大変評価できる。 ・人材の数が少ないのが心配であるが、今後 NIMS として人数を増やすことは可能だろうか。若手の育成・活躍の場としてポストクの活用が重要であると思われるが、少しポストクの人数は少ないようである。 <p>【B】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各大学との連携教授や、東大などとの「かけはし」など外部との連携も進んでおり、これらをさらに多くの成果につなげてほしい。

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 数値目標は難しい面もあるのが理解できるので、すぐれた基礎的データを出すことを進めていただきたい <p>【C】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 複数の領域の基礎研究が順調に進んでいると評価する。 <p>【D】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各サブテーマとも、概ね計画通りに進捗している。ただし、目玉の成果が見えにくい。
<p>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）</p> <p>（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>【A】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ これまで、各分野において大きな成果があがっている。 <p>【B】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 世界をリードする研究が多くなされている。 ・ 基礎研究を主体にしており、多くの優れた論文が各分野のトップジャーナルに報告されている。 <p>【C】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 世界初や世界トップレベルの成果がいくつも得られており、全体として順調に進捗していると評価する。 <p>【D】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 論文数が多く、Nature 姉妹誌の論文も多い。 ・ 全体的に、レベルの高い基礎研究を行っている。 ・ 一方、特許出願が少ない。これだけ基礎研究の成果が得られているので、特許ネタはもっとあったはずと思われる。
<p>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）</p> <p>（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>【A】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 今後は、これまでの成果をもとに、新しい挑戦も加えていってほしい。 ・ ハード磁性体、マルチフェロイック物質、トポロジカル物質などでも突出した成果を期待したい。 <p>【B】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 超伝導、強相関、ナノ構造、分子性の4つのどのグループからも、優れた十分の量の論文が報告されている。 ・ どちらかという物性物理のメンバーが多く化学は少ないが、その化学中で超分子グループの超分子ポリマーに関する研究成果も高く評価できる。 ・ 特に、この化学の分子グループと、他のグループの協働が進んでいけば、極めて重要な興味深い成果の端緒が得られると考えられる。 ・ すなわち、超伝導、強相関、ナノ構造、分子性の4つのグループがさらに融合していけば、新技術の創成の可能性がますます高まると考えられる。 <p>【C】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Nature 姉妹紙などインパクトの高いジャーナルへの論文発表が多数なされていて、基礎研究のプロジェクトとして十分に評価できる。 ・ 外部資金に関しては、研究の性質から科研費の占める割合が多いようである。 <p>【D】</p>

		<ul style="list-style-type: none"> ・メタマテリアルと量子井戸を用いた赤外線検出器の開発は、産業有用性が高い。技術的プライオリティを確保してほしい。
<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①～③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>【A】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全体的な成果は申し分ない。 <p>【B】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・総合的には、非常に優れた基礎研究が進んでおり、このまま進めるべきと考えられる。 ・大学と連携して、学生との研究や教育も積極的に行っているところは評価される。 <p>【C】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・次の10年を睨んだコアとなる材料や合成戦略などの基礎研究（量子技術材料や超分子マテリアル？）を進めておられるようで、ぜひ覚悟をもって継続して貰いたい。 ・分野としては幅が広い印象をうけるが、有望な種を探索する戦略としては妥当であろう。 <p>【D】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高IF論文を含む数多くの論文を創出しており、総じてレベルの高い基礎研究の成果が得られている。一方で、目玉となる成果が見えにくい。 ・10-20年後に基礎学術あるいは産業応用においてどのようなアウトカムや波及効果を生み出せるのかについて、骨太な戦略の策定を望みたい。 	
委員の評価点 (10点満点)	9, 9, 9, 9	
総合評価点平均 (10点満点)	9.0点	
評価点	評価	評価基準
10	S	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継続すべきである。
9		
8	A	総合的に優れている。 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 平均的なプロジェクトである。 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。
7		
6		
5	B	期待されたほどではない。 計画を見直して継続すべきである。
4		
3		
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。 大きな問題があり、継続を中止すべきである。
1		