

プロジェクトプレ終了評価報告書



評価委員会開催日: 令和5年2月9日

評価委員氏名(敬称略, 五十音順)

黒田 一幸	早稲田大学 理工学術院 名誉教授
柴田 直哉	東京大学大学院 工学系研究科 総合研究機構 機構長・教授
杉山 正和	東京大学 先端科学技術研究センター 所長・教授
原 正彦	東京工業大学 物質理工学院 教授

確定年月日: 令和5年3月10日

プロジェクト名	エネルギー変換・貯蔵システム用材料の基盤研究
研究責任者の氏名・所属・役職	高田和典 エネルギー・環境材料研究拠点 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	本プロジェクトは、クリーンで経済的なエネルギーシステムを実現するために取り組むべき課題において、材料科学が大きな役割を担う分野に関する研究を行う。太陽光発電は環境調和社会で期待されるエネルギーフローの出発点であるクリーンな一次エネルギーの利用を可能とするものであり、二次エネルギーを高効率で利用するためには、高い性能を持つ蓄電デバイスが不可欠である。また、水素製造・利用技術はエネルギー貯蔵や運搬を可能とし、水素社会の実現に資するものである。さらに、これらのエネルギーは最終的には排熱となるが、それを再利用するものが熱電変換技術である。本プロジェクトはこれらのデバイスを実現する材料を研究開発の対象とし、さらに水素製造・利用やリチウム空気電池における共通課題である触媒材料・電極反応の基礎科学と本プロジェクト全般に関わる理論計算をサブテーマ化し、研究基盤の確立を図る。
研究内容	太陽光発電では、低コスト化を目指したペロブスカイト系材料、高効率化を目指した量子ドットなどを利用した化合物半導体に取り組む。水素製造・利用では、水素製造用触媒、水素分離膜材料、固体高分子形水電解用電解質膜材料を対象とする。蓄電池に関しては、長寿命・高信頼性を目指した全固体電池、高エネルギー密度化を目指すリチウム空気二次電池、高出力化を指向するキャパシタをテーマとして取り上げる。熱電変換の分野では、未利用熱エネルギーの90%を占める300℃以下の排熱の有効利用を可能にするユビキタス元素系発電デバイスの実現を目的とする。電極触媒に関しては非貴金属化を主たるターゲットとし、計算科学の分野ではエネルギー変換・貯蔵に対する基盤的理論計算技術の開発と、各サブテーマと連携した材料・反応機構に関する応用計算を行う。
ミッションステートメント(具体的な達成目標)	本プロジェクトが網羅する太陽光発電、水素利用、エネルギー貯蔵、熱電発電に関わる材料の研究を通じ、材料系の機能実証を行う。太陽光発電ではペロブスカイト材料による低コスト化を見極め、水素利用では水素製造触媒の開発などを通じてシステム化の可能性を明確なものとする。蓄電デバイスでは、全固体電池、リチウム空気電池の機能実証を行うとともに、大面積キャパシタでの実用性能を達成する。また、熱電変換ではユビキタス元素系材料の開発と素子化を行う。さらに、水素製造、リチウム空気電池などに利用可能な触媒を開発するとともに、これら材料開発を加速するための大規模計算を可能とする。
プロジェクト実施期間(平成28年度～令和4年度)の見込みを含む主な研究成果(アウトプット)及び研究成果から生み出された(生み出さ	<p>➤ 主な研究成果(アウトプット)</p> 環境・エネルギー材料の開発: 世界最高レベルに迫る変換効率と長時間連続発電が可能な実用サイズのペロブスカイト太陽電池, 低温・長時間駆動が可能なドライリフォーミング触媒, 世界最高水準のリチウム空気電池, 全固体電池の性能実証, 室温から200℃で動作可能で安価な元素からなる熱電材料の開発

<p>れる)効果・効用(アウトカム)、波及効果(インパクト)</p>	<p>基盤技術の開発:実働環境下でのその場観察手法, 界面理論計算, インフォマティクス計算手法の構築</p> <p>➤ 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>NIMS-SoftBank 先端技術開発センター, 全固体電池 MOPをはじめとする企業連携の開始, NEDO 先導研究への採択など, 太陽電池・水素製造・蓄電池・熱電変換の出口4課題の社会実装に向けた着実な進捗があった。</p>
<p>プレ終了評価時の見込みを含む進捗状況及び自己点検・評価</p>	<p>➤ プレ終了評価時の見込みを含む進捗状況 計画以上の進捗</p> <p>➤ 自己点検・評価 各テーマにおける研究開発が順調に進捗し、特にリチウム空気電池や熱電材料などのデータ科学手法を導入したテーマでは計画以上の進捗があった。これらの研究成果を背景に、産業界との連携強化、産官学の研究拠点形成に向けた前進(SoftBank センター、全固体電池 MOP など)があった。</p>

評価結果

【評価項目・基準】	評価	コメント
<p>研究計画・実施体制・マネジメント・連携活動</p> <p>【評価基準】</p> <ul style="list-style-type: none"> 研究成果の最大化のための研究実施体制や研究開発の進め方(マネジメント)は妥当であったか。 国や社会のニーズに適合しているか。 進捗に応じ、研究計画の必要な見直しを行ったか。 機構内連携や大学・産業界との連携の取組は十分であったか。 	<p>s:2 a:1 b:1 c:0</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・カーボンニュートラル達成のボトルネックを解決しうるテーマが設定されている。 ・国プロとのリンクも多くみられ、相乗効果が得られている。 ・理論計算が有効に活用されている。 ・国や社会的なニーズに添う重要なテーマであり、マネジメントは妥当であったと評価出来ます。 ・同様なプロジェクトは国内外に複数あり、特に国内の研究拠点との連携へと展開できるような仕組みを期待したい。 ・本プロジェクトは国や社会のニーズの中でも重要課題の一つであり、課題解決に向けて多様なアプローチで取り組むものである。NIMS のリソースを最大限生かした体制が構築されており、研究開発のマネジメントは妥当である。進捗に伴う計画の見直しや種々の連携も認められ着実に実績を積み上げ、それらが研究進捗に反映されていると判断できる。 ・マネジメントの問題かどうかはわからないが、研究資金、参加研究者の人数に比して研究成果が最大化されているとは言えず、何等かの改善が必要である。 ・社会のニーズは極めて高い分野であり、研究内容はニーズに合致している。 ・計画および体制については、成果最大化に向けた見直しや再構築をもっと積極的に行う必要があったのではないかと考えらる。 ・内部・外部との連携に関しては妥当であると考えられる。
<p>研究開発の進捗状況及び目標の達成状況</p> <p>【評価基準】</p> <ul style="list-style-type: none"> 設定した目標は達成されたか(または当初目標以上の成果が得られたか) 設定された目標以外の成果があるか。 	<p>s:1 a:2 b:1 c:0</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・計画通り、もしくは計画以上に達成されている。 ・ベンチマークの中で、他機関と比較した100点満点の表があるが、確かに計画書に記載されているより、進歩した様子を自己申告しているものの、ここに記載された大学や研究機関以外でも実施され、優れた成果を挙げている組織があるので(それらが記載されていない)成果をアピールするという観点からは、やや十分ではない感が残る。 ・激しい研究競争の環境下にあつて、非常に高レベルの成果を数多く挙げており、極めて高く評価できる。大学・産業界との連携も十分であったと評価できる。従来性能を超える材料・デバイス開発に成功しており、国際競争力の高い成果を多数得ており、当初計画を超えていると高く評価できる。どのような数値目標が妥当かは、本プロジェクトの場合評価は難しいが、ペロブスカイト型太陽電池の耐久性の向上やリチウム空気電池における放電容量の大幅な増大など傑出した成果創出が続いていることは高く評価できる。

<p>研究成果の創出等 【評価基準】 ＜科学的・技術的視点＞ ・世界トップレベルの研究 成果が得られたか。 ・対外発表（論文・学会 等）の量や質について 費用対効果は十分な ものであるか。 ＜社会的・経済的視点＞ ・研究成果は新技術や 実用化につながるもの であるか。 ・得られた研究成果に より、優れた効果・効用 （アウトカム）や波及効 果（インパクト）が得ら れたか（期待されるか）</p>	<p>・設定した各目標はある程度クリアしているが、社会実装まで到達した NIMS オリジナルの技術が少なく、期待以上の成果は出ていない。</p> <p>・ペロブスカイト太陽電池、リチウム空気電池、熱電素子などで第一級の成果が得られている。また、ロボット実験による電解液探索など、ユニークな研究手法構築にも成功している。</p> <p>・論文発表も充実していて、費用対効果は十分あったと評価出来る。今後、実用化に向けた社会実装とその波及効果が、まず国内で、次に世界レベルで見えてくることを期待したい。</p> <p>・高レベルの成果創出が確認でき、成果は新技術に繋がる重要な成果も数多く生まれている。本プロジェクトは目的基礎から魔の河渡しを中心に広範な対象に向けて展開されている。例えば熱電材料において素晴らしい進捗が見られているが、その学術的基礎についても対外的なアピールがあると更なる NIMS のプレゼンスの向上に繋がると期待される。得られた成果が直接新技術や実用化に直結するとは言い難いが、着実にその方向に進展していることが認められる。各サブテーマに投入されているマンパワーが必ずしも潤沢ではない中で、最先端の競争力を維持させていることを高く評価する。</p> <p>・性能の高い材料が見出されており、基礎研究として評価できる。</p> <p>・他のグループと比べて論文数及びその質は十分とは言えない。知財の取得に関しては、妥当であると考えられる。</p> <p>・実用化および実用化に近い技術の件数が少ない。我が国のエネルギー問題の重要性および緊急性に鑑みて、7年間の研究成果として、国研として果たすべき十分な成果が得られているとは言いがたい。本分野は基礎研究と言いつつも同時にスピーディーな社会実装が求められる分野であるという緊張感が重要と考えられる。</p>
<p>総合</p>	<p>・カーボンニュートラル達成に不可欠な技術を高レベルで開発し、学術論文や受賞などの成果も多い。</p> <p>・今後も産業界などとの連携を継続されることを期待すると同時に、国内の同様なプロジェクトと競争関係を保ちながら、協奏効果が生まれるような拠点機能を設計して、世界のスピードに負けない、日本を先導するプロジェクトになることを期待します。</p> <p>・太陽電池から計算科学的応用までエネルギー分野に関わる材料創製から社会実装に向けた広範な取り組みを使命として取り組むもので、本来いくつかのプロジェクトに分けても十分な内容を有するものである。その中で各研究課題において我が国を先導する多くの成果を得ており、本プロジェクトに関わる研究者の貢献は、多くの傑出した材料創製や性能達成から明らかであり、それらは顕著な業績に反映されている。</p> <p>・基礎的な研究成果として良好な成果も上がっており、一定の成果が得られたと思われる。しかし、国研として我が国のエネルギー政策や産業分野を材料科学からリードするまでには到底至っていない。7年間という期間の中で、NIMS オリジナル技術がいくつ生まれ、社会実装もしくはその直前にあるのかを評価せざるを得ない分野であると考えられる。今後は、研究段階から社会実装まで一貫して行うことを意識したマネジメントが必要であると考えられる。</p>