

# プロジェクトプレ終了評価報告書

評価委員会開催日：平成22年4月15日

評価委員：（敬称略、五十音順）

岡田益男 東北大学大学院 工学研究科 副学長・教授

長村光造 （財）応用科学研究所 理事・特別研究員

神谷信行 （株）KMラボ

小長井誠 東京工業大学大学院 理工学研究科 教授

確定年月日：平成22年6月4日

プロジェクト名	低コスト次世代太陽電池の高効率化基礎研究
研究責任者の所属・役職・氏名	次世代太陽電池センター センター長 韓礼元
実施予定期間	平成21年度～平成22年度
研究目的と意義	<p>環境・エネルギー問題を解決するため、グリーンエネルギーである太陽電池に大きな期待が寄せられている。しかし、太陽電池の発電コストは家庭用電力料金の2倍（約46円/kWh）に止まっている。現在、ドイツなどでは、太陽電池を普及するために、多額の補助金を投入している。しかし、太陽電池を本格的に普及するには、採算が取れる自立の事業になることが不可欠である。そのため、より高効率で低コストの太陽電池が市場から求められており、本プロジェクトはそれに応えるものである。</p> <p>また、シリコン太陽電池は我が国がリードした技術を保有し、これまで、トップの市場占有率を誇ってきたが、近年、ドイツや中国のメーカーがシェアを急激に伸ばし、その優位性が失われようとしている。</p> <p>基礎理論の確立に裏付けられた色素増感太陽電池を世界に先駆けて実用化できれば、太陽電池における我が国の優位性を再び取り戻すことができる点でも大きな意義がある。ナノ界面の電子移動反応、界面における光反応や分子反応が非常に複雑で、未解明なことが多い。本プロジェクトによるナノ界面電子注入素過程の研究で色素増感太陽電池の電子移動メカニズムが解明されることで、これらの分野の活性化と進展に大きく貢献できる。</p>
研究内容	<p>本プロジェクトは「色素増感太陽電池の研究」「有機薄膜太陽電池の研究」「量子ドット太陽電池の研究」という3つのサブテーマから構成される。「色素増感太陽電池の研究」（サブテーマ1）においては、色素増感太陽電池のエネルギー変換効率を倍増するための内部エネルギーロス因子を明らかにする事を目的とする。「有機薄膜太陽電池の研究」（サブテーマ2）においては、ロール・ツー・ロール塗布法で作製が可能で、低コスト化が期待される有機系太陽電池の高効率化の可能性を探索する。「量子ドット太陽電池の研究」（サブテーマ3）では、量子ドットを利用した高効率中間バンド型太陽電池の原理検証と中間バンド（ミニバンド）形成技術の開発を行う。</p>
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	<p>変換効率の倍増を目指して、色素増感太陽電池の動作原理、電子発生と移動のメカニズムを解析する。また、高性能なTiO<sub>2</sub>電極の開発により変換効率の向上を目指すとともに、高い変換効率が可能で新規セル構造を探索する。</p> <p>バルクヘテロ型有機薄膜太陽電池のバルクヘテロ構造作製・制御ならびにその最適化を行い、3%以上の変換効率を実現する。加えて、波長が800nmの光を吸収可能な高分子材料の探索を行う。</p> <p>中間バンド型量子ドット太陽電池の、積層量子ドット層作製のための結晶成長技術の高度化と量子ドット太陽電池の素子特性の解明、さらに原理的な可能性を明らかにする。</p>

<p>平成21年度～平成22年プレ終了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）：  色素増感太陽電池では、結晶面により光電流が大きく異なることが、色素からTiO<sub>2</sub>への電子注入口スの原因とわかった。TiO<sub>2</sub>粒径分布の適正化および色素の吸着条件の検討により、NIMSにおいてエネルギー変換効率11.1%を達成し、350 nmから1000 nmまでの広い波長領域において高い光電変換特性を示したβ-ジケトナートターピリジニルテニウム錯体の構造を決定した。  有機薄膜太陽電池では、P3HT/PCBM系で、世界トップレベルのエネルギー変換効率3.8%を得た。また、高分子の配向制御により吸収波長が長波長側へ移動することを見出した。  量子ドット太陽電池では、光照射で生成した電子と正孔の分離によるスクリーニングによると考えられる電流の減少を観測し、ミニバンドの形成を確認できた。</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）：  色素増感太陽電池と有機薄膜太陽電池では世界トップレベルの変換効率を得た。加えて、量子ドット太陽電池においてミニバンド形成を初めて確認するに至った。プロジェクトとしては、主にメカニズムとデバイス構造についての検討を行っており、シリコン薄膜の高速成長や化合物半導体のバンドギャップ制御においても順調に研究が進展している。これらのメカニズム解明などの研究成果は、次世代太陽電池の変換効率の飛躍的な向上と低コスト化において重要な礎となると期待される。さらに、太陽電池などのデバイス実用化段階では基礎理論に裏打ちされていることが重要であり、高効率・低コストの次世代太陽電池の実用化を通じて、環境・エネルギー問題の解決への貢献が期待できる。</p>
<p>プレ終了評価時の進捗状況とそれから予測したプロジェクト終了時の目標の達成度合い及び自己点検</p>	<p>色素増感太陽電池、有機薄膜太陽電池では、計画を大幅に超えた進展があった。また、量子ドット太陽電池でも計画通りまたは計画以上の進捗を得た。  今後、引き続き色素増感太陽電池の内部エネルギーロス解析して、高効率化へのアプローチを明確化するとともに、有機薄膜太陽電池のメカニズムの解明と量子ドット太陽電池の原理確認を行うことにより、目標を達成できる見込みである。</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメント</p>
<p>①研究計画、実施体制、<u>マネージメント、連携</u>  （計画はきめ細かったか、ロードマップに問題はなかったか、実施体制は十分だったか、マネージメントの是非、連携の範囲や連携課題、連携の成果はどうだったか、どこが問題なのか、など）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3つのサブテーマとも、計画や実施状況は適切であると評価される。</li> <li>・研究計画、実施体制はよく検討されている。特に国内外の研究機関と連携して研究を実施していることは、このプロジェクトに関係した研究が世界規模で行われていることを考えると、非常に重要である。</li> <li>・サブテーマ1の色素増感太陽電池の研究については、継続的な研究の成果が得られている。サブテーマ2の有機薄膜太陽電池については、電池の作製・制御に集中し、研究レベルを軌道に乗せることを意図している。サブテーマ3の量子ドット太陽電池については、どのような攻め方をして世界の研究レベルにキャッチアップするか、この2年間で重要と考えられ、その期間としては妥当である。</li> <li>・事前評価では、まったく案や意見として出ていなかった有機薄膜太陽電池と量子ドット太陽電池がサブテーマ2、3として加わっていることに違和感がある。このプロジェクトの目的は、色素増感太陽電池の変換効率を、シングルセル構造で大幅に向上させることではなかったのか。</li> <li>・サブテーマ2の有機半導体へのシフトは、ある意味、研究開発の流れの中で納得できるものである。</li> <li>・コンセプトがまったく異なる、色素増感太陽電池と量子ドット太陽電池は馴染まないし、応用も異なる。量子ドット太陽電池をサブテーマ3に取り上げている点については、説得力のある説明が必要である。</li> </ul>

<p><b>②研究開発の進捗状況及び具体的目標の達成度</b>  (研究責任者の自己評価を踏まえて、進み具合はどうだったか、目標は達成されそうか、目標は具体的であったか、世界レベルで見て目標は高かったか・低かったか、問題点は何か、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・色素増感太陽電池と有機薄膜太陽電池では世界トップレベルの変換効率が得られており、評価される。</li> <li>・色素増感太陽電池に関しては、11.1%の変換効率が達成されているが、この数値は、本プロジェクト責任者がシャープ（株）で達成した11.2%と同じレベルである。</li> <li>・サブテーマ1については、内部エネルギーロスの原因が結晶面に依存すること、TiO<sub>2</sub>多孔質膜の粒径を適正化することによりセル変換効率を向上させたこと、光波長感度を向上させる色素材料を開発したこと等により、世界レベルで十分な具体的な成果が得られている。サブテーマ2については立ち上げ研究として十分な成果が得られている。サブテーマ3については特性を把握するための研究としては妥当である。</li> <li>・色素増感太陽電池、有機薄膜太陽電池の開発サブテーマについては達成度が高いが、これまで他の研究機関で行われてきた成果と、本プロジェクトの目的、ターゲットとの関係があまりはつきりとしていない。もう少し独自性を強調する必要がある。</li> <li>・色素増感太陽電池で11.1%の変換効率を達成した構造の特徴はなにか、どこがオリジナルなのかを明確にすべきである。</li> <li>・有機半導体太陽電池については、3.8%の変換効率を達成した構造の特徴、オリジナリティーの説明が必要である。世界レベルの変換効率6%と比べると、研究開発期間が短いこともあるが、まだ不十分である。</li> <li>・色素増感太陽電池、有機薄膜太陽電池と、量子ドット太陽電池を結び付ける概念がない。これらはまったく異なるテーマである。</li> <li>・量子ドット太陽電池については、ほとんど成果があがっていない。</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>  (世界レベルの質の成果が出たか、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、問題点は何か、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・色素増感太陽電池において、エネルギーロス原因の解明、11.1%の変換効率の達成、高効率の色素材料の開発などを行い、また、有機薄膜太陽電池についても3.8%の変換効率を得るなど、優れた成果が得られたことは評価される。</li> <li>・論文・特許の数としては研究者当たりではそれほど多くはないが、質的に優れた成果が発表されている。基礎研究の明快な成果と、それに基づく着実な実用化へのプロセスの発展が認められる。</li> <li>・海外のレベルの高い論文誌に数多く掲載されていることを考えると、アウトプット成果は十分に出ている。</li> <li>・論文数は多いが、受賞やプレス発表がないのは、まだ飛び抜けた成果がないからである。</li> <li>・初心に帰って、シングル接合で色素増感太陽電池の変換効率の大幅アップに挑戦すべきであり、そのアイデアを示すことも重要である。</li> </ul>
<p><b>④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があれば追加してコメント)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低コスト次世代太陽電池開発という、今後の我が国のエネルギー問題に対して新生面を拓くプロジェクトとして、期待以上の成果が得られていると評価する。</li> <li>・国内では最高レベルの研究をしており、高く評価できる。</li> <li>・色素増感太陽電池については、これまでの実績をベースにしていることから、大きな成果が得られた。</li> <li>・自己評価としての、全体としての進捗状況を「大幅に進展」としていることに同意する。</li> <li>・新たに加わったサブテーマ、特に量子ドット太陽電池のサブテーマ3については、なぜ加えたのか全く理解に苦しむ。ほとんど成果は期待できない。</li> </ul>
<p>総合評価点 (10点満点)</p>	<p>9.0</p>
<p>各委員の評価点 (10点満点)</p>	<p>8, 9, 9, 10 (順不同)</p>
<p>評価点</p>	<p>評価基準</p>

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
7		
6	B	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。
5		
4		
3	C	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。
2		
1		大きな問題があり、継続を中止すべきである。 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。