

さががけ「太陽光と光電変換機能」 研究領域事後評価報告書

総合所見

本研究領域は、文部科学省により設定された戦略目標「異分野融合による自然光エネルギー変換材料及び利用基盤技術の創出」に基づき、特に次世代太陽電池の提案につながる研究に焦点をあて、2009 年度から開始された。この時期、低炭素社会の実現に向けて太陽光発電に対する期待が高まり、太陽電池関連研究が急速に活発化した。特に、有機太陽電池、量子ドット太陽電池、ペロブスカイト型太陽電池など、従来の太陽電池とは構造や原理が異なる新しいタイプの太陽電池が研究対象として注目された時期とも重なった。

早瀬研究総括は、産業界で電子材料とデバイスの両分野において長年研究に携わり、大学においても色素増感太陽電池分野で先駆的な研究実績のある研究者である。研究領域の運営に際しては、領域会議等での適切な助言、指導による人材育成に加え、「ペロブスカイト成果結集プロジェクト」を立ち上げ、国際会議で JST さががけ「ペロブスカイト型太陽電池」セッションを開催するなどの工夫も見られる。この成果結集プロジェクトが、立ち上がりが遅れていた我が国のペロブスカイト型太陽電池研究の推進役となったことは特筆に値する。

戦略目標が掲げる異分野融合の点で、本研究領域に採択された研究課題は、有機系、無機系、新概念デバイス、計測・評価等の幅広い分野からバランス良く構成され、採択された研究者の専門分野も広く、25 の学会にわたっている。特に、計測・評価技術分野の研究者を採択して、材料、デバイス技術分野の研究者との連携を積極的に図ったことは、多くの研究成果につながり極めて効果的であった。以上のことから、現状技術の発展から新たな概念のデバイスまで幅広い研究分野の課題を包含し、材料、デバイス、計測・評価技術等の異分野融合が実現できたと評価できる。一方で、無機材料分野と有機材料分野間の連携がやや希薄と思われるが、この点については、本研究領域で立ち上げた次世代太陽電池研究会等を利用して、今後促進されていくことを期待する。

本研究領域で得られた研究成果は 500 件近い論文発表、50 件以上の特許出願、2 件の製品化等につながっている。次世代太陽電池の提案につながる研究分野が活性化され、我が国の同分野における研究レベルを高めることができたと評価できる。今後は、研究成果の更なる展開を図り、イノベーションの創出が実現されることを期待する。

以上を総括し、本研究領域は総合的に優れていると評価できる。

I. 研究領域としての成果について

1. 研究領域としての研究マネジメントの状況

研究課題の選考は 12～14 名の領域アドバイザーと研究総括により、毎年募集の対象を少しずつ変えながら実施された。募集の対象となった研究課題は、結晶シリコンや化合物半導体を用いた太陽電池に加え、有機薄膜、色素増感、量子ドット、計測・評価等を含み、幅広い研究分野にわたっている。選考の結果、材料、デバイス、計測・評価等の太陽電池

研究の基盤となる分野から研究課題がバランスよく採択され、異分野融合の実現を図ることができる多様な研究課題が選定された。

領域アドバイザーは、各種太陽電池研究分野、材料と評価を含む周辺の関連技術分野を網羅的にカバーできる専門家により構成されている。領域アドバイザーは、領域会議等において、研究者に対して無機、有機、量子効果太陽電池等の基本原理から応用に至る広範囲なレクチャーを行うとともに、各研究者の研究課題について徹底的に議論し、適切なアドバイスも与えている。太陽電池の高効率化だけでなく、実用化や低コスト化を意識したアドバイスも行える体制であったと言える。

研究領域の運営において、半期毎の領域会議で研究進捗状況を把握し、研究者には毎年開催される日本学術振興会第 175 委員会・産学協力研究委員会公開シンポジウムや領域主催シンポジウム等で研究成果を積極的に発表させている。また、進捗が遅れている研究者には、研究総括、領域アドバイザーが直接研究現場に出向いて相談、助言している。一方、デバイスレベルでの検証に必要なデバイス作製プロセスに不慣れな研究者を支援するため、研究者、研究機関の相補的な連携も必要であったと考える。

領域会議では、研究者の視野を広げるために、大規模太陽光発電設備、実証実験設備の見学会も 7 回実施された。実用を見据えた視点を持つ機会が、研究総括や領域アドバイザーにより企画・実行されていたことがうかがえる。次世代太陽電池研究会、研究領域内特別プロジェクト「ペロブスカイト成果結集プロジェクト」の企画・推進により、研究者間の連携を深めた点は評価できる。本プロジェクトの成果の一部は、既に WCPEC-6 サテライトミーティングとして企画、開催された JST さきがけ「ペロブスカイト型太陽電池」セッションで発表された。アウトリーチ活動については、社会還元を図った JST 太陽電池キャラバン、展示会での出展等を通じて、高校生や一般の人とのコミュニケーションの機会を設けて、研究者に太陽光発電分野の使命と価値を再確認させている。人材育成の面では、研究活動の副次効果として 20 名の研究者が昇任している。また、合計 3 名が代表者として JST 先端的低炭素化技術開発 (ALCA) に採択されており、本研究領域の当初目的に沿った研究と指導がなされた成果と考えられる。

異分野融合に関しては、有機太陽電池、無機太陽電池、その他新技術太陽電池、計測・評価の分野間にまたがる共同研究等の連携が多く形成されている。特に有機太陽電池に関しては、タイプの異なる有機太陽電池どうし、および計測・評価技術との密な連携が形成され、多くの研究成果につながっている。今後は、次世代太陽電池研究会等を通じて、無機太陽電池と有機太陽電池の一層の連携を図り、光起電力現象の普遍的な理解あるいは新規なアプローチ法の確立等を進展させ、多くの成果につながることを期待する。特に、無機材料分野と有機材料分野の両分野にまたがる「ペロブスカイト成果結集プロジェクト」の企画・推進は、次世代太陽電池の研究の基盤となる成果を生み出し、その功績は大きい。

以上により、本研究領域の研究マネジメントは特に優れていたと評価できる。

2. 研究領域としての戦略目標の達成に資する成果

本研究領域におけるこれまでの研究論文数は 498 件 (国際 467 件)、特許出願数は 59 件

(国際 10 件)、口頭発表数は 1,568 件 (国際 541 件) であり多くの成果をあげていると判断できる。口頭発表のうち、国内会議の 3 割、国際会議の 4 割が招待講演であり、論文被引用回数が 200 件近い研究例があることから、国際的にも高い水準の成果が得られていると評価できる。また、期間中の研究成果により、3 名が文部科学省若手科学者賞を受賞し、1 名が応用物理学会女性研究者研究業績・人材育成賞 (研究業績部門) を受賞した。有機太陽電池に関する研究が急速に活発化した時期に本研究領域が開始されたこともあり、本研究領域においても有機太陽電池に目立った研究成果が多い。有機太陽電池における光吸収、電荷分離、電荷輸送、光閉じ込めなどの素過程の実験的および理論的な解明、有機太陽電池のデバイス解析技術の開発、多重励起子の利用や量子ドットの新型太陽電池への適用方法の可能性検討など、先駆的な研究成果が出ている。有機太陽電池における電荷分離前後の素過程に関する研究により、色素増感太陽電池、高分子薄膜太陽電池、低分子薄膜太陽電池の発電機構の理解が進んだと言える。加えて、レドックス種の拡散挙動の解析により信頼性向上に必要な知見も得られてきている。計測・評価技術分野の研究でも、時間分解マイクロ波伝導度法等を用いたキャリアダイナミクスの知見、超低速電子線を用いた逆光電子分光法のエネルギー分解能の向上による高精度な LUMO 準位の知見等が得られている。シリコン系太陽電池の限界を超えることを目標としたナノワイヤーを用いた太陽電池では、基礎的な実証と共に実用化のための多くの課題が明確になった。このように、本研究領域の目標である次世代太陽電池の提案につながる可能性の高い、重要な研究成果が得られたと言える。

産業界との連携においては、含水量の極めて少ない高純度ペロブスカイト型太陽電池研究用試薬が企業との連携により商品化でき、エネルギー変換効率の高いペロブスカイト型太陽電池デバイスを再現性よく作成することが初めて可能となった。その結果、ペロブスカイト型太陽電池への研究者の参入を促すきっかけとなり、材料の基礎特性からデバイスまで我が国における研究開発を牽引した功績は大きい。同様に、低エネルギー逆光電子分光法の開発と製品化により、有機材料における高精度の電子状態把握が初めて可能となり、有機太陽電池材料研究において大きな貢献を果たしたと言える。このように、研究成果に基づく製品化を通して、産業界との密接な連携が実現できている。

特許出願については、4 割近くが企業との共同出願であり、産学連携と実用化を意識した研究が進められた結果と言える。

以上により、本研究領域としての戦略目標の達成に資する成果は、高い水準にあると評価できる。

Ⅱ. 研究領域の活動・成果を踏まえた今後の展開等についての提言

1. 本研究領域の活動や成果を、科学技術の進歩へと展開させるための方策

本研究領域で得られた成果を科学技術の進歩へと展開させるには、今後も継続的、かつ横断的に研究成果を深化させることが重要である。次世代を目指す材料開発の研究には長い時間が必要である場合が多く、各論を出発点にして異なる現象を支える物理化学の本質を理解するには、共通の認識のもとでの継続した研究が必要不可欠である。その意味で、

本研究領域で立ち上げられた次世代太陽電池研究会等のコミュニティを継続的に維持し、公開された討論の場を提供していくことに加え、必要に応じてコミュニティを拡大していくことが本研究領域の成果を大きく発展させるための方策の一つである。

2. 本研究領域の活動や成果を、社会還元や産業化・実用化に向けて実現させるための方策

研究領域の活動や成果は、研究成果をかみ砕き、広くわかりやすい表現で、どのように実用化（実施例）にむすびつくのかを、メディア等を通じて一般向けに発信する必要がある。一方で、当該分野の技術の急速な進展および市場環境の急激な変化に対応して、得られた成果をタイミングよく実用化につなげる必要がある。JST 太陽電池キャラバン、展示会への出展等により、こうしたアウトリーチ活動が活発に行われたが、次の展開に向けて、公開された研究成果に興味を示す個人、機関等に対し、研究実施者との対話の場を設けることが必要である。対話の場に参集する研究者、投資家、企業等に対して、しかるべきコーディネーターを介して、実用化に向けた次段階の研究・開発へつなげるという方策もある。

研究制度面では、本研究領域で得られた萌芽的研究成果を、産業化・実用化につなげるために、次段階の研究プロジェクト企画が必要である。しかし、研究成果の実用化を目的とした JST の産学連携・技術移転事業や NEDO のプロジェクト等には、「さきがけ」から直接繋がりがづらい。実用化を目指したプロジェクトの前段階の位置づけで、萌芽的成果の中から可能性の高いテーマを絞り込み、関連分野の研究者を招集した「成果集中（育成）プロジェクト」のような形態が望ましい。実用化プロジェクトへの橋渡しとなり、社会還元や実用化をあまり押しつけすぎない制度整備を提言したい。

3. その他の提言

「さきがけ」は科学技術イノベーションの源泉となる成果の創出を目的とした事業であり、本研究領域が目指した異分野融合は端緒にすぎないばかりである。より積極的かつ実効的な異分野間の研究連携を進め、若手研究者の自由な発想によるイノベーション創出と並行して、個々の突出した研究成果を統括し、次世代の太陽電池と太陽光発電システムの方角性を議論し、示唆できる新たな場を提供することも重要と考えられる。