

# CREST「太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術の創出」

## 研究領域事後評価報告書

### 総合所見

本研究領域は、太陽光を利用したクリーンエネルギー技術の創出を目的として設定された。太陽光発電で高効率・低コストを目標に有望テーマを掲げて推進している NEDO プロジェクトとの重複を避けつつ、材料、基礎物性、新原理に基づく基礎技術の追求から独創的で実用技術に貢献する価値のある技術を見つけ出すという難しいアプローチが求められた。採択研究課題の 15 件は、Si 系太陽電池に係る課題に重点をおきつつ化合物太陽電池、有機系太陽電池、界面・キャリア挙動という基礎物性、シリコン材料、太陽光による水素生成と概ねバランスよく選ばれている。また、領域アドバイザーの配置は本研究領域の研究を推進していく上で適切と思われる。本研究領域開始後、太陽光発電を取り巻く環境が大きく変わる中、領域中間評価ではそれぞれの研究課題でコアコンピタンス（独創性、優位性）を明確にし、到達目標を見直すように求められたが、その議論とそれに基づく目標の修正がやや不十分であった。コアコンピタンスを活かしつつ研究内容を変えていく大胆なマネジメントもあるとより良い研究領域になったと思われる。

研究成果としては、研究論文発表は 605 件、国内外での研究発表は 1790 件(内招待講演 586 件)と十分であり、領域全体として高い水準にあると評価できる。特に結晶 Si 太陽電池の効率向上に寄与する界面キャリア再結合速度の低減、フォトリソニック結晶構造による光閉じ込め技術、色素増感太陽電池における世界最高効率の達成とペロブスカイト太陽電池を用いた 1cm 角セルで変換効率 15%の確認など、概ね意図した革新に繋がる成果が得られたと判断する。また、15 件の研究課題の中から 4 件が 2015 年度スタートの NEDO プロジェクトに採択されていることも評価される。一方で、太陽電池や太陽光エネルギーでは変換効率において、圧倒的なマーケットシェアをもつ結晶系 Si 太陽電池に対して競合できうる技術への貢献という面で、評価が厳しくなることも否めない。

太陽光エネルギーの利用は困難だが忍耐強く研究を継続することが重要な長期的課題である。その意味で本研究領域が設定されたことは適切であった。研究総括は太陽光発電分野で十分な実績で国際的にも高い評価を得ており、太陽光発電技術のみならず基礎科学にも精通した適切な人選であった。研究領域の推進にあたっては、研究課題の選定、目標設定、運営に研究総括として手腕を発揮した。

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

戦略目標の達成に向けた研究課題は、NEDO プロジェクトとの重複を避けつつ、異分野融合、人材育成（新規研究者の参加）、技術の波及効果を念頭におき、選定された。研究課題は Si 系太陽電池に係る課題に重点をおきつつ、化合物太陽電池、有機系太陽電池、界面・キャリア挙動という基礎物性、シリコン材料の 15 件であり、その内、太陽光を利用する水素生成は 1 件の採択で異分野融合という点での位置づけが明確ではなかったが、概ねバランスよく選ばれている。

領域アドバイザーは6名で構成されており、大学より4名、企業より2名で本研究領域の研究を推進していく上で適切な人選であったと思われる。

本研究領域では、太陽光発電で高効率・低コストを目標に有望テーマを掲げて推進している NEDO プロジェクトとは異なる視点と異分野技術の融合による価値のある技術を見つけ出すという難しいアプローチが求められた。研究チームのサイトでの領域会議の開催、ラボツアー、サイトビジット強化などは、運営方針と研究進捗の把握、研究課題間の連携等に効果が見られ、評価できる。

一方で、研究領域発足後、太陽電池を取り巻く環境が大きく変わった。そのような状況で、有機系デバイスを熟知する領域アドバイザーが必要であったと思われる。また、領域中間評価ではそれぞれの研究課題でコアコンピタンスを明確にし、到達目標を見直すように求められたが、その議論とそれに基づく目標の修正がやや不十分であり、相互の議論から新しい展開が生まれるまでに至っていないなど、改善すべき点も見られた。コアコンピタンスを生かしつつ研究内容を変えていく大胆なマネジメントもあるとより良い研究領域になったと思われる。

以上より、本研究領域の研究マネジメントは優れていたと判断できる。

## 2. 研究領域としての戦略目標の達成状況

### (1) 得られた研究成果の科学技術への貢献

研究論文発表数は605件、国内外での研究発表数は1790件(内招待講演586件)と十分であり、領域全体として高い水準にあると評価できる。さらに、世界太陽電池国際会議(WCPEC-6)において第1回 Hamakawa Prize の受賞(片桐)など、国内外からも高く評価されている。

特筆すべき研究成果としては、結晶 Si 太陽電池の効率向上に寄与する界面キャリア再結合速度の低減(佐藤チーム)、フォトニック結晶構造による光閉じ込め技術(野田チーム)、色素増感太陽電池における世界最高効率の達成とペロブスカイト太陽電池を用いた1cm角セルで変換効率15%の確認(韓チーム)、ペロブスカイト太陽電池の電子状態の解明(金光チーム)、および、高純度化によるフラレンのp/n制御(平本チーム)があげられ、いずれも国際的に高い水準にあり、また科学技術に大きなインパクトが期待できる。また、CZTSSe太陽電池において、片桐チームの研究課題が端緒となりこの分野が切り拓かれかつ活性化したことは特筆すべき成果である。

以上により、研究成果の科学技術への貢献については、高い水準にあると評価できる。

### (2) 研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献

本研究領域の研究成果は高い水準にあり、科学技術イノベーション創出に寄与するかどうかは今後の展開を慎重に見極める必要があるが、意図した科学技術イノベーション創出に繋がる成果が得られていると思われる。また、15件の研究課題の中から4件(佐藤チーム、松村チーム、重川チーム、韓チーム)が2015年度にNEDOプロジェクト「高性能・信頼性太陽電池の発電コスト低減技術開発」に採択されて実用化を目指す研究へ展開していることも評価される。

個別の研究課題では、色素増感太陽電池における世界最高効率の達成とペロブスカイト太陽電池を用いた1cm角セルで変換効率15%の確認(韓チーム)、脱希少金属系のCZTSSe太陽電池(片桐チーム)、表面活性化ボンディング(SAB)(重川チーム)、結晶Si太陽電池のパシベーション材料、界面再結合速度の低減(松村チーム)、また、フォトニック結晶構造による光閉じ込め技術(野

田チーム) が科学技術に大きなインパクトが期待でき、イノベーション創出の可能性がある。しかし、特に Si 系太陽電池に関連する研究課題で得られた成果の実用化は、単に技術の良し悪しの問題ではなく、太陽光発電産業の置かれた状況にもよるので、研究領域全体の評価とは切り離す必要があると思われる。

研究領域発足後、ペロブスカイト太陽電池の台頭、結晶 Si 太陽電池の大量普及に伴う低価格化など、太陽電池を取り巻く環境が大きく変わった。また、太陽電池や太陽光エネルギーでは変換効率において、圧倒的なマーケットシェアをもつ結晶系 Si 太陽電池に対して競合できうる技術への貢献またはブレークスルー的な技術が見当たらないという面で、評価が厳しくなることも否めない。

以上により、研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献についてはやや不十分である。

## 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

ペロブスカイト太陽電池、 $\text{BaSi}_2$  や量子ドット太陽電池を含め、期待感のある材料は基礎研究を継続することで、新たな発見、発明を生み、関連する研究者が増え、それが科学技術の進歩を生み出す。一方、電子状態や界面挙動といった基礎評価を含め、既存の太陽電池が抱える課題を解決するための共通基盤的な技術を見出すことは、多くの太陽電池に共通で本質的な高効率化のためのメカニズム解明やガイドライン作成の重要な指標となりうるので、対象を広げて研究支援をしていただきたい。

### 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

本研究領域は基礎研究であるが、幾つかのイノベーション創出の兆しがでてきている。本研究領域で取り組んだ、界面再結合速度の低減技術、III-V 族の薄膜多接合セルに必須の接合技術、フォトニック構造を備えた薄厚 Si 太陽電池等は継続して研究を進め、実用性を見極めが必要と思われる。

COP21 でのパリ協定の採択を受けて我が国は 2030 年までに温室効果ガスを 2013 年度比 26%削減すると国際公約しており、この実現のためには再生可能エネルギー、特に太陽光エネルギーの全面的な利用が必須となる。今後、太陽光発電では革新的な変換効率向上、新材料、新プロセスによるブレークスルーを目指した産官学アライアンスを組み、長寿命化と合わせてシステムコストで世界で勝負できる技術に挑戦していただきたい。