

# 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」

## 研究領域中間評価報告書

### 総合所見

研究課題はバランスよく選ばれており、将来的には、技術革新の可能性を予感させる。しかしながら、世界一の変換効率を目指すのか、それとも、原理、材料など学術的な観点で世界トップレベルをねらうのか、何れの観点から見ても、中間評価の時点での研究成果は中途半端なものが多いように思われる。ただし、事後評価に向けて発展が期待される研究課題が多く採択されているので、以下の観点に配慮しながら研究を飛躍させることが期待される。

- ・ 中間評価の時点で、研究総括が領域アドバイザーを交え、個々の研究者との徹底した議論を基に、それぞれの課題におけるコアコンピタンス(独創性、優位性)と、科学技術に寄与できそうな部分を明確にする。
- ・ それぞれの研究者は、自らの課題におけるコアコンピタンス(独創性、優位性)を認識し、国際的ベンチマークを設定する。
- ・ 研究遂行に際しては、目標設定の根拠を明らかにし、目標値と理論値の対比、理論値と現実データの対比を明確にする。

太陽電池関連の分野における研究の進展は著しく、Si 原料コストが大幅に低下したため当初の目標が世の中のニーズから乖離してしまった研究課題も一部見受けられる。このような課題については、科学技術としては興味深く、大きな展開の可能性もあるので、研究の目標や出口を見直す必要がある。

### 1. 研究領域としての研究マネジメントの状況

異分野融合の観点、経産省・NEDO 支援で推進されている技術開発との重複を避ける、若手研究者の採択など、選考方針の基本姿勢はよい。領域アドバイザーの構成は、太陽電池分野経験者に加え、物理、化学の基礎分野を入れていて、バランスはよいように思われる。

また、採択された課題の構成については、選考方針に沿って 51 件の中から選考された 7 件(平成 21 年)、33 件から 5 件(平成 22 年)、33 件から 3 件(平成 23 年)の課題であり、広く目が行き届いて選ばれたと思われる。有為な人材が選ばれていると推測するが、採択されている課題の一部に独創性が明確に示されていないものが散見される。さらに、水素発生(光触媒)は、専門分野が異なり、選考されている課題の多くが太陽光発電技術関連であるので、研究領域全体の中での位置づけを明確にする必要がある。

研究代表者の自主性を尊重し、キックオフミーティング、研究報告会(年 1 回)、サイトビジットなどが 17 回行われ、運営に工夫が見られる。研究進捗状況の把握は適切に行われ、中間評価において、適切な指導と予算の追加が行われており、領域運営は適切であると評価できる。

研究マネジメントとして、今後、以下のようなことが期待される。

- 研究課題毎に目標レベルと達成時期が異なるので、領域会議でそれらを整理し、目標レベルと時期に則した進捗状況の評価と指導、課題間の連携強化に向けた調整が必要である。
- いずれのテーマも、①理論的期待値、②目標、③現状と目標達成に向けての姿勢を明確にし、加えて、コアコンピタンス(独創性、優位性)と国際的ベンチマークを明確にするような、マネジメントが期待される。太陽光発電分野で、12件中5件がNEDO支援の研究と関連する目標で設定されているが、変換効率に重きが置かれ、本来の科学的なアプローチが明確にされずに研究が進められているように思われる。JSTとNEDOの役割分担を考えると、CRESTでは、科学的観点重視のマネジメントが必要だと思われる。
- 異分野融合が強調されているものの具体的手法が見えていない。研究総括のサイトビジットだけでは異分野融合は達成できず、異分野人材が参画しているだけにとどまる。①サイトビジットには、専門および専門外の領域アドバイザーも同行する、②公開シンポジウムでパネルディスカッションを充実させる、③複合領域のさきがけメンバーと交流を図る場を考える、あるいは、④NEDOと交流を図る、などの施策が必要である。

## 2. 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況

### (1) 研究成果の科学技術への貢献の現状と今後の見込み

CRESTは課題達成型基礎研究であるので、全ての研究課題に対して世界一の変換効率が要求されるものではなく、原理、動作機構、材料など学術的な観点で世界トップレベルの研究成果が上がることも重要である。しかしながら、中間評価の時点では、中途半端な成果が多いように思われる。ただし、事後に向けて科学技術革新の可能性を予感させる研究課題は多く、期待できる。また、研究課題ごとの論文発表件数は研究活動の活性度を示す一つの指標と考えられるが、論文発表件数に片寄りがあり、数が少ない課題は研究代表者への強い指導が望まれる。

目標設定の根拠が重要であり、目標値と理論値の対比、理論値と現実データの対比が必要である。領域中間評価の資料には、目標値との隔たりが大きいとの研究総括コメントが散見されるが、隔たりの大小だけでなく、研究内容に対するものが重要であり、そこに進歩のヒントがあるはずである。

太陽電池関係の研究開発は、古くから取り上げられてきた研究課題であり、国内においては、1970年代半ばから、サンシャイン計画が始まり、これまでに多額の研究費支援があって、各種材料が取り上げられた。実用に供されているのは、結晶系SiとCIGS系である(宇宙用、ソーラーカーレースなどにGaAs系、InP系の実用はある)。現在も、NEDOが大きな支援を続けている。

半導体 pn 接合を用いる太陽電池の日本における研究開発は、新規材料も含め、外国から提案されたものの高性能化、低コスト化などに費やされてきた。革新的太陽電池と称しているものの、その殆どは既提案(しかも外国から)の代替材料や一部焼き直しに見える。色素増感太陽電池や有機半導体太陽電池もその域を免れない。

本研究領域の研究代表者は、太陽電池関係の研究開発における上記経緯を念頭に置き、各研究課題のコアコンピタンス(独創性、優位性)の確認と国際的ベンチマークを認識することで、独創性を明確にして従来の研究開発で得られなかった革新的な成果を創出することが期待される。

同時に、原理、動作機構、材料など学術的な観点から研究課題を深く探究することで科学技術革新の切っ掛けが得られることもあるのでこの点も考慮し研究を進める必要がある。この視点からの研究課題として、以下を例示することができる。

- ・ 被輻射再結合損失の評価と制御(金光チーム)：集光型ヘテロ構造太陽電池において、ナノ構造やヘテロ界面でのバルク再結合、界面・表面再結合オーグジュ再結合といった太陽電池の損失を評価し、この損失の最小化を目指す研究であるが、CZTS ( $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ ) やペロブスカイト等の新材料を用いた太陽電池も評価できるようになればその科学技術的波及効果は大きい。
- ・ 有機太陽電池(平本チーム)：バンドギャップサイエンスの観点より、有機半導体の高純度化や極微量ドーピングによる pn 制御等に取り組んだ研究にチャレンジしている。効率はまだ低いこうした基盤研究からペロブスカイト型の新しいデバイスが生まれてくる可能性はある。

## (2) 研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献の現状と今後の見込み

国内(46 件)、海外(9 件)の特許出願があり、実用化への布石は打たれている。ただし、産業や社会に展開、実装された報告はなく、現時点で実用には遠いと言わざるを得ない。将来的には、可能性を予感させる研究課題はある。科学技術イノベーションに寄与することが期待される課題として、以下を例示することができる。

- ・ 色素増感型太陽電池(韓チーム)：これまで達成された効率は 11.4%であり、長波長色素開発、TBP(4-tert-butyl pyridine)添加効果、デバイスシミュレーション、STM(走査トンネル顕微鏡)による色素吸着状態のマイクロ解析など積極的な研究開発を行っている。しかしながら、色素を使わずに高効率が期待できるペロブスカイト材料が注目されるなど、世界の進展は早い。ペロブスカイト材料をも積極的に取り込んだ研究開発の推進が必要である。
- ・ CZTS ( $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ ) 系太陽電池(片桐チーム)：レアメタルを使用しない新規材料として期待されるが、これまでに達成された効率は 6.77%であり、効率 15%が実現できて初めてその存在が見えてくるので、この点を重視し、研究を進める必要がある。この分野では、CIGS ( $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{Se}_2$ ) 系太陽電池で 20%を越える効率が報告されるなど、世界の進

展は早い。

- ・ 有機半導体太陽電池(山田チーム)：電荷分離界面増大、キャリア取り出し経路確保のための新規材料を開発し、効率 3%を得るなど、基礎科学分野での評価は高い。印刷法によるとするために材料設計が限定されている。高効率化が可能な化学構造とは何かを見直し、それを達成するための原料合成手法を開拓するアプローチが必要である。有機半導体としてペロブスカイト材料が注目されていることにも留意する。
- ・ Cat-CVD(触媒化学気相堆積)法による Si 太陽電池の SiNx パッシベーション(松村チーム)：世界トップレベルの低表面再結合速度達成、Si 側マイクロ構造欠陥とパッシベーション効果の相関、低温不純物拡散などの成果は太陽電池研究開発ではユニークである。早急に結晶 Si 太陽電池に展開し、その効能、実用面との関連を明確にすることが必須である。
- ・ フォトニック・ナノ構造(野田チーム)：フォトニック結晶のバンド端における共振作用を活用し、光吸収を増大させるという独創的で原理的に先例のないアイデアを基に、太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換する方法が提示されている。厚さ 500 nm ほどの  $\mu$ c-Si で変換効率 9.5%は将来への展開が期待できそうである。早急に、光吸収量の評価と厚さ増大に伴う効率増加がどの程度になるかを精査することが強く望まれる。

### 3. 評価

#### (1) 研究領域としての研究マネジメントの状況

適切である

#### (2) 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況

##### (2-1) 研究成果の科学技術への貢献の現状と今後の見込み

期待できる

##### (2-2) 研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献の現状と今後の見込み

期待できる

#### (3) 総合評価

進捗している

### 4. その他

特になし。

以上