

CREST「二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出」

研究領域事後評価報告書

総合所見

本研究領域の研究総括は、二酸化炭素排出抑制に資すると判断される上流から下流までの多様な分野の技術開発研究群について、ねらいを具体的に示しながら適切に研究領域のポートフォリオ化を実現している。成果が得られる確度の高い研究と、見通しに不確かさが残るものの完成時には大きな進歩が期待される非常に挑戦的かつ革新的な課題を効果的に組み合わせ、分野のバランスを取りながら、全体として挑戦的研究領域を形成することに成功している。

本研究領域は、わが国が提案した 2050 年までに世界の温室効果ガスの排出を半減するという目標に向けて、2020 年から 2030 年ごろに普及が開始することを目標として革新的技術の研究開発およびその礎となる基盤研究について、その成果を科学技術の発展や科学技術イノベーションを通して社会に還元することを強く意識しながら推進された。

論文発表数は 523 件(うち国際誌 515 件)、口頭発表数は 1,878 件(うち国際学会 714 件、招待講演 763 件)など多数であり、国際学会での招待講演(338 件)の多さは、この研究領域による研究およびその成果に対する内外での関心と評価の高さを反映していると判断される。114 件の特許出願もなされており、有望な基盤技術の開発が進捗した証左である。

本研究領域において優れた成果を挙げた研究課題の多くは、本研究領域の期間途中あるいは研究期間終了後に大型研究資金を得ており、本研究領域で創出された基盤的研究の成果に基づいて実用化に向かって発展している。

研究総括の高い先見性と洞察力に基づく強力なリーダーシップのもとで、研究領域が当初から目指していた狙いを実現し、創出された優れた研究成果は、国際的にも高い評価を得ることに成功しており、研究総括として適任者が選定された結果であると判断できる。

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。

1. 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

研究総括の狙いは、2020～30 年頃に普及を開始し、2050 年までに二酸化炭素の排出量を半減するという目標に貢献するために、産業構造やエネルギーインフラ構造の枠組みにイノベーションをもたらすことを目的とした革新的技術群の創出に繋がる先端的・先鋭的研究の推進であった。

この狙いを達成するため、本研究領域は、革新的で有望な技術群をエネルギー技術の上流から下流、すなわちエネルギー供給技術、エネルギー・電力貯蔵技術、省エネ・高効率利用技術に亘って、成果が得られる確度の高い研究と、見通しに不確かさが残るものの完成時には大きな進歩が期待される非常に挑戦的かつ革新的な課題を効果的に組み合わせ、

専門分野や難易度の点でバランスの取れたポートフォリオとして揃えることを目指した。研究総括は領域アドバイザーと狙いや方策を共有し、131 件の応募から 15 件の研究課題を採択した。環境エネルギー技術の有効性を定量的に分析評価する研究課題については採択に至らなかったものの、上記のポートフォリオを作るために、研究代表者の専門分野や所属等の分散度も含めて、ほぼ狙い通りの研究課題が選考・配置されたものと判断できる。

エネルギー供給技術、エネルギー・電力貯蔵技術、省エネ・高効率利用技術に係る各研究分野には、バイオマス、太陽電池、燃料電池、二次電池、キャパシタ、半導体インバーター、熱電変換素子などが含まれており、この分野において高い先見性と優れた研究実績を有し先導的な立場で活躍している有識者の中から適切に領域アドバイザーの人選が行われた。豊富な経験と指導力を有する民間企業出身者を積極的に登用したことは、基盤研究や開発技術に対する産業界からの期待に応える重要な対応であったと判断できる。

研究総括の高い先見性と洞察力に基づく強力なリーダーシップによるマネジメントが、各分野における第一線の研究代表者が結集した本研究領域において、研究総括が狙いとする革新的で有望な技術群で構成されるポートフォリオの効果的・効率的な実現を可能にしたと判断される。研究総括と領域アドバイザーとの意識合わせを十分に行うとともに、各研究代表者との緊密なコミュニケーションを通して、研究課題の進め方や方向性に対する指導に加えて、進捗に応じた支援方策の決定が適切になされてきた。領域アドバイザーに加えて科学技術振興機構(JST)の領域担当者も同行して適宜実施された 29 回に及ぶサイトビジットでは、研究内容に関する議論の深堀から研究推進に係る諸手続きに至るまで、効率的に研究を推進するための適切な対応がなされた。研究の内容や進捗を的確に把握することで、研究課題間の連携推進や研究進捗に応じた研究費の追加配分なども適宜行われたと判断される。毎年公開シンポジウム開催は、研究課題間連携の糸口や領域全体の方向性を研究領域に参加する研究者が相互に確認する上で効果的であり、研究総括が狙いとした革新的で有望な技術群のバランスが取れたポートフォリオ化の実現にも大きく貢献した。

環境エネルギー技術の有効性を定量的に分析評価する俯瞰的研究課題の募集が行われたことは意義深い、採択に値する優れた課題の応募が無かったことは残念であった。

若手や女性のユニークで能力の高い人材を抜擢したことは、単に本研究領域の研究成果に繋がっただけでなく、後続する研究領域への波及効果も大きい。

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状況

①研究成果の科学技術への貢献

本研究領域による論文発表数は 523 件(うち国際誌 515 件)、口頭発表数については国内学会が 1164 件(うち招待講演 425 件)、国際学会が 714 件(うち招待講演 338 件)に達しており、国際誌への投稿数と国内外の学会での招待講演数が著大である。これは、本研究領域における各研究課題および研究成果に対する国内外での関心の高さ、そして評価の高さ

が反映された結果であると判断される。国際特許 33 件を含む 114 件の特許出願もなされており、二酸化炭素排出抑制に繋がる有望な基盤技術の開発研究が進捗したことの証左である。

本研究領域は、エネルギー供給技術、エネルギー・電力貯蔵技術、省エネ・高効率利用技術に係る 3 つの研究分野で構成されており、各分野における具体的かつ代表的な研究の成果は以下の通りである。

エネルギー供給技術の研究では、バイオマス、太陽電池、燃料電池に係る研究が推進された。

バイオマス研究に係る特筆すべき成果は、陸上植物の光合成効率向上に対するグルタチオンの高い効果が明らかになったことであり、微細藻類の増殖に対する効果も確認され、グルタチオン活用によるバイオマスの高生産への可能性が拓けた。次世代バイオ燃料としての期待が大きい油分生産藻類については、分子育種による高生産性株の選抜や最適培養条件などの研究が鋭意推進された。しかしバイオ燃料生産プロセス・システムの設計・評価に活用できる定量的データや情報の集積には期待されるレベルまでには及ばなかった。

有機薄膜系太陽電池の開発研究においては、低分子ハイブリッドセルによって本研究課題の目標値(10%)を突破する 11.7%の効率が達成された。

燃料電池に関しては、有機物質を液体燃料として繰り返し利用できる選択触媒とアルカリ型燃料電池の開発が取り上げられた。選択触媒の可能性を明らかにし、高価な白金触媒を必要としないアルカリ型燃料電池の試作と動作検証に成功した。

エネルギー・電力貯蔵技術については二次電池とキャパシタが取り上げられた。これまでほとんど研究が進んでいなかったマグネシウム電池で、新たな正極材料を見出し、充放電が可能な電池系を見出したことは大きな成果である。この成果は、電解液や負極材料など他の要素技術の研究加速へと繋がり、大容量用電池としての商品化が期待される。加えて、次世代電池の最有力候補である全固体電池開発において、透過型電子顕微鏡による硫化物の観察が可能となり、界面抵抗のメカニズムを解明したことは大きな成果である。

省エネ・高効率利用技術としては、半導体インバーターと高効率熱電変換技術の開発研究が推進された。GaN 半導体を用いたインバーターの開発では、オフ電圧ストレス耐性の向上やノーマリオフ動作を達成し、GaN-HEMT(高電子移動度トランジスタ)の作成とインバーターへの実装まで実現した。今後の実用化が強く期待されることから、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代パワーエレクトロニクス事業」に引き続き採択された。また高効率熱電変換技術の研究では、安定供給に懸念がある資源や有害元素を使用しない熱電変換素子の開発に貢献できる基盤的な成果が得られている。

いずれのテーマも、各々の研究領域においてボトルネックとなっているような根本的な課題に正面から取り組んで多くの成果を上げていることは高く評価できる。

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から将来起こりうる科学技術イノベーションの可能性を判断することは現状では必ずしも容易ではない。しかし、国際特許 33 件を含む 114 件の特許出願がなされており、多数の学術論文の発表も含めて、二酸化炭素排出抑制に繋がる有望な基盤技術の研究開発が進捗したと判断される。

具体的には、グルタチオンを用いた光合成効率向上によるバイオマス高生産は、その実用化に近いものと判断される。省エネ・高効率型パワー半導体デバイスとしての GaN-HEMT に加えて、大容量電池としてのマグネシウム電池の実用化も期待できる。このほか有機薄膜系太陽電池、白金触媒を必要としないアルカリ型燃料電池等の開発・実用化に向けて大きな進捗がもたらされたものと判断される。

すぐに製品化に繋がるものではないが、各々の研究領域においてボトルネックとなっているような根本的な課題に正面から取り組み、多くの成果を上げていることは、科学技術イノベーション創出に向けて重要な要素であり、大きな推進力になるものと判断される。

本研究領域において得られた成果に基づき、多くの研究課題が JST、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、内閣府の SIP などにおいて引き続き研究を深めていることから、個別の研究課題は科学技術的にも社会的にも価値ある成果を得てきたものと認められる。

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、高い水準にあると評価できる。

2. 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

研究領域を異なる視点や多面的な観点から検討することは重要であり、そのためには、可能な限り有能な人材を国内外問わず集積する必要がある。招聘専門家による非公開ワークショップの実施や部外者からの助言を受けるなどの方策を頻繁に実施することによって研究の急速な進捗が期待でき、科学技術の進歩に繋がると期待される。

挑戦的ではあるが完成すれば大きな進歩につながる研究課題の探索・抽出を継続して行うことも重要である。本研究領域では、国内外の他のプロジェクトでは、あまり取り組まれていないチャレンジングなテーマを採択することにより、科学技術の進展という視点で大きな成果が得られている。今後、新たな研究領域を設定し運営するに際し、出口が近く着実な成果で高評価が期待される研究課題よりも、出口が遠く難しいため厳しい評価が予想されるチャレンジングではあるがポテンシャルのある研究課題を採択しサポートする取り組みの発展が期待される。

また、研究活動の成果を科学技術の進歩に結びつけるためには、継続的に取り組まれる研究のコアとなる「人」の存在がポイントとなる。学術的な研究成果に加えて人材育成という観点からも支援を促進するような仕組みがあると良い。

(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

優れた研究成果が得られたといってもその社会還元や産業化・実用化には一般的に長い時間がかかる。イノベーション創出へ向けて、研究期間終了後、適切な評価の下で後継プロジェクトに途切れることなくつなぐ取組が必要である。顕著な成果が得られた研究チーム(研究課題)については、他の支援スキームを活用することで研究開発が継続されている例はあるが、研究開発を継続し社会実装へと着実に繋ぐためには、多様な支援スキームの利用をさらに推進すべきである。

将来社会を展望した場合に、重要な研究課題でありながら十分な研究開発の成果、特に技術的な成果が必ずしも期待に達し得なかった場合、研究チームによる取り組みや成果を分析した上で、研究開発の必要性が認められる課題については、新たな体制による研究推進も選択肢である。

研究課題によっては技術が確立するまでは情報を公開しにくい側面もあるが、一旦技術が確立した後は、できるだけ多くの関係者に活用してもらうことが重要となる。関連業界の企業への情報発信と連携体制の構築などが求められる。

本研究領域は、二酸化炭素削減というグローバルな問題に取り組むものであり、その技術開発は国内にとどまるものではない。特に、バイオマス関連の研究は海外でのフィールドにおける実証試験などが重要になるため、海外の関連機関との連携を効果的かつ効率的に進められるような支援がなされることが望ましい。環境立国を掲げる我が国としては、先進技術の開発と並行して、開発技術を活用した国際戦略の策定も併せて検討される必要がある。

(3) その他の提言

研究成果に係る情報が日本国内にとどまることのデメリットは大きい。本研究領域の主たる研究成果を英語で取り纏め、海外に向けて広く広報すべきである。

また本研究領域の優れた点や特徴について検証し、今後の領域設定やマネジメントに活用すべきである。