

## さががけ「光エネルギーと物質変換」

### 研究領域事後評価報告書

#### 総合所見

地球温暖化の進行やエネルギー資源の枯渇は全世界的な大問題となっており、クリーンエネルギーである太陽光の活用は避けて通れない課題である。この中長期的課題を解決するためのキーテクノロジーとして人工光合成に対する期待は非常に高く、本研究領域「光エネルギーと物質変換」の設定は時宜にかなっていたといえる。

独創的で挑戦的な研究課題を研究実績に囚われることなく真にサイエンスの観点で評価し採択するという研究総括の方針に基づき、また、化学、生物、物質創製、物性や測定など異なる専門分野で相補的な協力関係が生まれることに配慮して、人工光合成を中心とするエネルギーの分野でブレークスルーの可能性を秘めた研究課題がバランス良く採択されている。

研究マネジメントに関して、研究総括は採択された研究者の潜在的な可能性を信じて研究の主体である研究者を全面支援するという姿勢を貫いている。同時に、サイトビジットや個別面談によるきめ細やかな議論や研究費査定、研究総括裁量経費の活用、表彰制度の設置等の工夫されたマネジメントで本研究領域の研究を活性化することに成功している。

その結果として、論文発表数は研究者あたり平均 21.5 報、国際学会発表数は研究者あたり平均 14.6 回であり、それらの中には、主要な論文や招待講演が十分に含まれている。併せて、研究領域内の研究者間による共同研究 47 件の成果も含まれている。また、文部科学大臣表彰、日本化学会進歩賞、英国王立化学会 PCCP 賞など、採択研究者 37 名中 23 名が国内外での顕彰・受賞を得ている。さらに、本研究領域の研究者の合計 83%が昇任している事実は特筆に値する。これらを踏まえると本研究領域の成果が国際的に特に高いレベルにあると評価され、また、将来起こり得るブレークスルーや科学技術イノベーションの芽生えの可能性がうかがえる。

また、研究総括は光化学の分野で日本を代表する世界的な研究者の一人である。研究課題の選考では、過去の実績もさることながら、独創性、挑戦的研究姿勢など研究者の個性、「ひと」を重視し、将来を見据えた人選を行っており、総括の高い見識をうかがい知ることができる。また、研究の推進に当たっては、若い研究者に適度の緊張感を与えると同時に、不測の環境変化や研究の展開に臨機応変に対応できる仕組み作りや実験環境の安全性にも配慮するなど、研究総括としての優れた指導力を発揮している。アウトリーチ活動にも精力的であり、研究総括の研究者育成および環境問題への強い思いを感じさせる。

以上を総括し、本研究領域は総合的に特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

採択された研究課題は、本研究領域の基幹となる人工光合成を中心としつつ、分光計測・観測、機能性材料、理論生物学、構造生物学など関連する広い領域を網羅している。所属も、全国の国公私立大学、国内外の研究所と特定の機関に偏る事なく、バランスがとれて

いる。年齢も 30 歳台から 45 歳までが 80%を占め、次代を担う若手・中堅研究者の育成という観点で適切である。

領域アドバイザーについては、生物、光・物理化学、錯体化学、有機・材料化学、半導体の分野で国際的に活躍している国内の著名な研究者が選ばれている。加えて、産業界や海外からも参画を仰ぎ、充実した人選となっている。所属機関にもほとんど重複はなく、大変良く構成されている。

研究のマネジメントは、研究者の自主性や自由裁量を最大限に尊重し全面支援を行うという姿勢を貫きつつも、適切なタイミングで研究指導を行っている。領域会議の場で明確となった問題点を取り上げ、個別議論の場を設けてフォローしたことは、大いに有効な方法であったと考えられる。個別議論の頻度も年 7~8 回を数えており、本研究領域の研究の進捗および各研究者の成長にかける研究総括の熱意がうかがい知れる。

研究状況を踏まえた研究費の査定や本研究領域独自の「研究総括裁量経費」の運用等を取り入れ、研究の展開に臨機応変に対応できるようにしたことは適切な処置である。研究総括裁量経費運用の例としては、原料合成に多大な労力が必要で研究の進捗が滞っていた研究について、原料合成を化学合成企業へ委託することで研究の大幅な加速に成功したことが挙げられる。

アウトリーチ活動にも精力的であり、特にサイエンスカフェの開催は大所高所にたった研究総括の研究者育成および環境問題への強い思いを感じさせる。領域期間の終盤においても一般社会への啓蒙活動に、領域の成果を組しながら、加速させている。

本研究領域の研究者は、最先端・次世代研究開発支援プログラムへの移動者 2 名（阿部、栗栖）と研究開始時に既に教授のポストに在った 2 名（八木、横野）を除くと、研究終了時の役職が准教授 10 名、教授 9 名（内、客員教授 1 名）を含む合計 83%が昇任しており、本研究領域の人材の育成・輩出は十分であると判断される。本研究領域の研究者の中から将来大きな研究プロジェクトを率いるリーダーが生まれることを期待する。

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

論文発表数は 797 件(内国際論文発表 751 件)、口頭発表数は 2,076 件(内国際学会口頭発表 539 件)であり、研究期間中を通して研究者あたり国際・国内論文誌に平均 21.5 報の論文発表と、国際学会に平均 14.6 回の研究発表となっている。論文誌の中にはインパクトファクターの高い Nature、Nature Chemistry、Nature Material などの Nature 系雑誌、Proc. Nat. Acad. Sci. USA、J. Am. Chem. Soc.、Angew. Chem. Int. Ed.、J. Biol. Chem. 誌等も含まれており、また国際学会口頭発表の内 196 件が招待講演である。さらに、文部科学大臣表彰(荒谷、石北、伊田、前田)、日本化学会進歩賞(荒谷、前田、伊田)、英国王立化学会 PCCP 賞(前田)など、採択研究者 37 名中 23 名が国内外での顕彰・受賞を獲得している。

特筆すべき独創的な研究成果としては、メタン分解酵素の立体構造解明、光化学系のプロトン移動経路の解析、高い反応量子収率を示す CO<sub>2</sub>還元光触媒系の開発、新規 CO<sub>2</sub>可視光

還元触媒の開発、鉄 5 核錯体を用いた酸素発生、広域可視光による水の完全分解、超高時間分解能の分光測定手法開発などを挙げることができる。特に光化学系の構造と機能については、理論解析、結晶解析、変異体解析などの共同研究はまとまって先導的な成果を生みだしている。

以上の研究実績は本研究領域の成果が国際的に高いレベルにあることの証左であり、特に高く評価される。

本研究領域で得られた研究成果から将来起こり得るブレークスルーや科学技術イノベーションの芽生えの可能性がうかがえる。今後、本研究領域の発展状況を調査・検討し、判定することが必要であり、人工光合成関連の分野で本研究成果の意義や重要性について再確認されることが望まれる。

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特に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

革新的な発明を行うためには、機能や特性を単に追い求めるだけでは不十分である。原理や機構の解明により新しい科学が創出され、その結果として、可能となる新しい見方や異なる方法によって科学技術の革新が起こり得ることも事実である。学理研究を上手く取り入れ、機能・特性研究との融合を図ることで従来にない新しいアイデアが生まれることが期待される。

本研究領域において、生物系、化学系、材料系等の専門を異にする研究者が一堂に会して研究を進め、その発展系として異分野間での共同研究が進められたことは極めて重要である。さらに本研究領域の成果報告会を、「フォーラム：人工光合成」、科研費新学術領域「人工光合成による太陽エネルギーの物資変換：実用化に向けての異分野融合」の公開シンポジウムとして日本化学会との連携で行っており、外部発表を効果的に行ったと評価できる。今後も、これらをはじめとした種々の取り組みによって、生物／材料、光・電気化学／触媒のような異分野融合の研究領域を新たに、あるいは継続して設定することが望まれ、その結果として予想外の発見が生まれ、新しい研究分野が形成されることが期待される。

### 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

本研究領域と例えば、NEDO 人工光合成プロジェクトとの間で研究発表会や技術討論会等の場を設けることが望まれる。これにより研究フェーズの異なる研究者、技術者の交流が生まれ、結果として、新しい着想による大きな発明や技術的ブレークスルーに繋がることを期待される。たとえば、人事的交流により産学双方の価値観と研究スキルを理解した研究者を育成すれば、最新の学術研究に根ざした技術を、従来以上に迅速に産業化できるものと期待される。

実用化のフェーズでは材料、デバイス、システムの耐久性が問われる。耐久性に関する

研究は実用化のためには必須要件である。産官学が連携し企業の研究開発に関するマネジメント手法も取り入れながら、本研究領域で生まれた研究成果を実用化、さらには産業化へと結び付けることが望まれる。

### 3. その他の提言

エネルギー資源の枯渇や地球温暖化などの環境問題の解決のためには、太陽光の活用はさけて通れない課題である。人工光合成はその解決策の有力な手段のひとつであるが、実用化・産業化にはいくつもの革新的な研究とその融合が求められる。そのためには、本研究領域を含めた融合領域で、世代を継いで研究モチベーションを維持できるような、継続的な研究開発支援が必要である。人工光合成のようなエネルギー・環境問題に関連する研究に継続的な支援を得るためには、サイエンスカフェなどの活動を通して研究成果を広く一般市民に理解してもらい、研究の必要性を認識してもらうことも重要である。