

領域番号	4906	領域略称名	革新的光物質変換
研究領域名	光合成分子機構の学理解明と時空間制御による革新的光-物質変換系の創製		
研究期間	平成29年度～令和3年度		
領域代表者名 (所属等)	沈 建仁（岡山大学・異分野基礎科学研究所・教授）		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>天然光合成は、太陽光エネルギーを利用して CO₂ と水から有機物を合成し、酸素を放出するもので、これによって地球上ほぼすべての生物の生存に必要なエネルギーと酸素を供給している。現代社会に不可欠な化石資源も光合成の産物であり、化石燃料の大量消費によって放出される CO₂ の増加が地球温暖化を引き起こすなど大きな問題となっており、それらに代わるクリーンエネルギーの獲得が人類に課せられた緊急かつ重大な課題である。本領域は、これまで日本で世界トップレベルの研究が行われてきた「天然光合成の機構解明」と「人工光合成システムの開発」という二つの研究分野を融合させ、それぞれの分野の研究をさらに深化・発展させながら、両分野の有機的な融合により革新的な光-物質変換系を創出するために組織されたものである。天然光合成については、水分解の詳細な反応機構や光エネルギーの高効率捕集・伝達機構を高精度の時空間レベルで解明する。そして解明されたこれらの原理を人工光合成系の開発に応用し、太陽光を利用した水分解や二酸化炭素還元触媒の開発を行う。両分野間の連携を最先端の理論・計測技術を取り入れた研究者の参加によって強化し、異分野間の本質的な融合を図る。これにより、天然光合成の作動原理をこれまでより高い時空間レベルで解明するとともに、これらを指導原理として取り入れることにより、時空間で高度に制御可能な「革新的な高効率光-物質変換系の開発」を目指す。</p>		
	<p><u>(2) 研究の進展状況及び成果の概要</u></p> <p>天然光合成の原理解明と人工光合成系の開発は、生物学から化学・物理学・工学の各分野にまたがる複合領域研究であり、そのため、本領域は、各分野の研究者からなる計7つの計画研究と31の公募研究を組織した。各計画・公募研究はほぼ計画通りに研究が進展しており、これまで計251編の論文を発表するなど多くの成果を得た。特に、天然光合成の原理解明では、光合成細菌反応中心-光捕集アンテナ超複合体の高分解能構造 (Nature, 2018)、珪藻光捕集アンテナタンパク質の構造 (Science, 2019)、紅藻光化学系 I 複合体の電子顕微鏡構造(PNAS, 2018)などが新たに解析された。人工光合成系の開発では、貴金属を用いない系として世界最高効率での可視光水分解を実証し(J. Am. Chem. Soc., 2019)、合成が困難であった CO₂ を選択的に還元する3核錯体の合成にも成功した(Chem. Sci., 2018)。そして融合研究として、量子動力学理論と量子化学計算を組み合わせ植物の光化学系 II 初期電荷分離過程が、外界変動に対して頑健性を有することを示し(J. Phys. Chem. Lett., 2018)、有機薄膜太陽電池のエネルギー変換過程の電荷分離状態が長時間維持される「量子古典ラチェット機構」が起こり得ることを明らかにした(Phys. Rev. Lett., 2018)。これらのほか、国際的に高く評価される成果を多数輩出している。</p>		

<p>科学研究費補助金審査部会における所見</p>	<p>A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)</p>
	<p>本研究領域は、生物・化学・物理・工学の各分野の研究者により構成され、「天然光合成の機構解明」と「人工光合成系の開発」の融合により、革新的な光-物質変換系を創出することを目指している。各研究項目は、おおむね当初計画に沿って順調に研究が推進されている。特に、天然光合成の機構解明および人工光合成系の開発に関する基礎的な研究成果は、世界初やトップレベルの成果も多く、高いレベルにあることは評価できる。</p> <p>一方で、天然光合成および人工光合成の実験を主体とした研究項目間の連携、これらの研究項目に対する理論および解析を担う研究項目の連携や役割がやや不明確であり、領域代表者のリーダーシップによる連携体制の強化が望まれる。また、研究領域全体で、基礎的な成果をもとにしたエネルギー・環境問題への貢献という目標に到達する道筋を明確にしつつ、公募研究も交えた研究の加速と融合が望まれる。</p>