

## 中長期企画「光エネルギー変換のための新たなチャレンジ」

京都大学大学院工学研究科 阿部 竜

北海道大学電子科学研究所 三澤 弘明（現岡山大学異分野基礎科学研究所）

### 【企画趣旨】

化石資源の大量消費にともなう二酸化炭素濃度の増加、資源枯渇の懸念などから、太陽光などの再生可能エネルギーの利用技術開発と社会実装拡大が切望されている。すでに実装が進んでいる太陽電池などの光電変換に加え、光エネルギーを水素などの化学エネルギーへと変換して蓄える「光エネルギー変換」が、エネルギー問題解決に貢献する革新的技術として期待され、活発に研究されている。本企画では、太陽光エネルギー変換技術として大きな期待が寄せられている「人工光合成」を中心に上げ、世界を先導する我が国の第一線の研究者からのご講演と活発な議論を通じて、それらの科学技術が抱える現状の問題点や将来展望などについて俯瞰し、今後の中長期研究戦略の構築に繋げることを目的とした。

### 【各シンポジウムの概要】

#### 第1回：第99春季年会（2019）「人工光合成最前線：その実現の鍵を探る」

太陽光エネルギーを利用し「水からの水素製造」や「二酸化炭素の還元再資源化」を行う人工光合成技術は、エネルギー環境問題解決の切り札として期待され、様々な分野の研究者が参画するとともに、参入の機会を検討する企業が増えつつある。本企画の初回では人工光合成研究の最前線を走る研究者に「解決すべき課題」を踏まえたご講演をお願いし、また産業界からも人工光合成研究への期待や要望を含むご講演を提供して頂くことで、人工光合成実現にむけた課題共有と相互理解の促進を図った。

**講演者（以下敬称略）：**堂免 一成（東大）、瀬戸山 亨（三菱ケミカル）、北川 良太（東芝）、阿部 竜（京大）、森川 健志（豊田中研）、脇 一太郎（昭和シェル）、稲垣 伸二（豊田中研）

#### 第2回：第100春季年会（2020）「人工光合成：どの反応を狙うか？」（コロナにより中止）

人工光合成技術は、エネルギー環境問題解決の切り札として、産業界からも大きな注目と期待が集まっており、近年は窒素還元によるアンモニア合成、水からの過酸化水素合成、高付加価値化合物の酸化的合成など、ターゲットとなる反応も多岐に渡っている。そこで本企画では、それぞれの反応系において世界を先導する研究者に、各反応系における最新の進捗を、その魅力そして課題を含めた形でご講演頂くことで、人工光合成実現にむけた課題共有そして新規参入の促進を図ることを目指した。

**講演者：**石谷 治（東工大）、佐藤 俊介（豊田中研）、工藤 昭彦（東理大）、三澤 弘明（北大）、井上 晴夫（首都大）、佐山 和弘（産総研）

#### 第3回：第101春季年会（2021）「人工光合成実現に向けた太陽光エネルギー変換効率向上の戦略」

水分解、二酸化炭素還元、窒素還元など、いずれの系も、その実用化には太陽光エネルギー変換効率の大幅向上が必須である。変換効率の向上戦略として、可視光応答型光触媒の開発とともに、光アンテナや光増強場の設計、1光子誘起反応系の開発、励起キャリア有効利用による量子収率向上、表面反応の

制御、などが検討されている。これら各戦略の概念と最新動向について、そのフロントランナーの先生方にご講演頂き、相互理解を深めるとともに、討論と意見交換を通じた協働の可能性を探った。

**講演者：**堂免 一成(東大)、三澤 弘明(北大)、寺西 利治(京大)、工藤 昭彦(東理大)、井上 晴夫(首都大)、石谷 治(東工大)

#### **第4回：第102春季年会(2022)「人工光合成技術の社会実装に向けた課題そして展望」**

カーボンニュートラル社会の実現に向け、人工光合成への期待がますます高まっている。これまで学術的な成果を中心に本技術の進展を紹介してきたが、産業界の関心は、変換効率等の数値にとどまらず、人工光合成系で得られる様々な生成物の価値やそれらの分離・貯蔵・利用なども含めた経済性などにも及んでいると考えられる。そこで第4回となる今回は、人工光合成技術の社会実装を想定し、経済性も踏まえた実現の可能性や課題、そして展望を議論する場とすることを目指して企画した。

**講演者：**瀬戸山 亨(三菱ケミカル)、佐山 和弘(産総研)、天尾 豊(大阪市大)、森川 健志(豊田中研)

#### **第5回：第103春季年会(2023)「人工光合成実現の鍵：光励起キャリアを観る・操る」**

人工光合成系の変換効率向上には、可視光を多く吸収できる光触媒材料の開発のみならず、光吸収で生成する光励起キャリアをいかに効率良く反応に用いるかが鍵となっている。そこで本企画では、光励起キャリアの利用効率向上に向けた、各種分光技術による光励起キャリアの観察、光キャリアの効率的分離を可能とする材料設計、などについて最先端技術を共有し、議論する場を目指した。

**講演者：**山方 啓(岡山大)、佐伯 昭紀(大阪大)、玉置 悠祐(東工大)、高田 剛(信州大)

#### **第6回：第104春季年会(2024)「人工光合成の新展開：窒素分子の活性化と変換」**

アンモニアの大量合成にともなうエネルギー消費や二酸化炭素排出の懸念から、太陽光水電解や人工光合成などで得られるクリーンな水素を原料とするグリーンアンモニア合成、さらには光触媒等を用いて直接窒素分子からアンモニアを合成する革新的技術などが盛んに研究されている。本企画では、当該分野におけるトップランナーの研究者にご講演を頂き、その最新動向を共有し議論することを目的とした。

**講演者：**西林 仁昭(東大)、大木 靖弘(京大)、北野 政明(東工大)、押切 友也(東北大)

#### **【将来の予測と可能性】**

本企画開始から6年の間に新規材料や反応系の開発など種々の要素技術開発が進み、最近では100 m<sup>2</sup>の光触媒パネルによる太陽光水素製造の実証実験も実施されるなど、着実な進展が見られる。しかし、実用化に必要とされる太陽光エネルギー変換効率(例えば水素製造では5%以上)は光触媒系では実現されておらず、高い変換効率が報告されているものは太陽電池とのハイブリッド型にとどまっている。今後5年ほどの間に、この壁の突破に資する革新的な学術成果が数多く創出されることに期待が持たれる。

#### **【著者紹介】**

阿部 竜 京都大学大学院工学研究科 物質エネルギー化学専攻 教授