

この研究は以下の補助を受けて平成 30 年度、令和元年度に実施しました。

公益財団法人 JKA 機械振興補助事業 研究助成

補助事業番号 2018M-176

助事業名 平成 30 年度光エネルギーによる物質変換を指向した光誘起多電子反応系の創製  
補助事業

## 報告書

### 1. 研究概要

化石燃料の枯渇によるエネルギー危機および地球温暖化を始めとする環境問題に対する解決策として、太陽光エネルギーを貯蔵可能な化学エネルギーへと変換する人工光合成が近年盛んに研究されています。人工光合成の実現に向けては様々な手法が検討されており、半導体光電極を利用した光電気化学的な物質変換もその中の一つではありますが、この方法では半導体内部のバンド屈曲を利用して電荷分離が進行するため高い量子効率を得やすく、また酸化と還元反応が異なる電極上で進行するためそれぞれの生成物を別々に回収できるという特徴を有しています。一方で、人工光合成に関わるほとんどの反応は複数個の電子の移動を伴う多電子移動反応により進行しますが、一般的な光電極では反応の駆動に多くの余剰の電圧（過電圧）の印加を必要とするため、これがエネルギー変換効率の向上を妨げる大きな要因となっています。そこで本研究では太陽光の大半を占める可視光に応答可能な光電極を開発すると共に、多電子移動反応に高い活性を示す触媒を開発し、これらを複合化することで高効率な光-化学エネルギー変換システムを創製することを目指しました。

### 2. 研究内容

太陽光を利用した物質変換の実現（有用物質の生産）に向けて、水分解や二酸化炭素固定のための半導体光電極および多電子移動触媒の開発を行いました。太陽光はエネルギーの小さな可視光によって大半が占められており、エネルギー変換効率の向上には可視光の利用が極めて重要です。そこで本研究では可視光応答可能なバンドギャップの小さい光電極としてピスマスバナジウム電極および銅インジウム硫化物電極をそれぞれ光アノードおよび光カソードとして作製し、可視光照射下での光電気化学特性の評価を行いました。また、多電子移動反応（酸素発生反応や二酸化炭素還元反応）が伴うエネルギーロスの低減に向けて、本研究では鉄コバルト複水酸化物および銅とパラジウムの合金ナノ粒子をそれぞれ作製し、これらが 200 mV 程度の非常に小さな過電圧で目的反応を駆動できることを見出しました。そして、以上で得られた成果を統合し、太陽光、水、二酸化炭素を出発源として水素や一酸化炭素を合成できる光-エネルギー変換システムを創製することに成功しました。