



Tokyo Tech



平成 30 年 11 月 28 日

報道機関各位

東京工業大学
科学技術振興機構(JST)

銅マンガン錯体光触媒で二酸化炭素を高効率に還元

—安価な金属だけで人工光合成実現、地球温暖化対策へ期待—

【要点】

- 稀少金属や貴金属を用いなくても、太陽光を駆動力として高効率に CO₂ を資源化できる触媒が求められていた
- 地球上に豊富に存在する金属（銅、マンガンの錯体）だけを用いて、最も高効率で高耐久性を有する CO₂ 還元光触媒の開発に成功
- 地球温暖化対策として人工光合成の大規模な適用に期待

【概要】

東京工業大学 理学院 化学系の竹田浩之特任助教、加美山紘子大学院生(当時)、関根あき子助教、石谷治教授らは、産業技術総合研究所の小池和英主任研究者らと共同で、銅錯体とマンガン錯体から成る**光触媒**^[用語 1]に可視光を照射すると二酸化炭素(CO₂)が、**一酸化炭素(CO)**^[用語 2]や**ギ酸(HCOOH)**^[用語 3]に効率良く還元されることを発見した。この効率と耐久性（**量子収率**^[用語 4] 57%、**ターンオーバー数**^[用語 5] 1300 回以上）は、これまで知られていた、ありふれた金属すなわち**卑金属**^[用語 6]を用いた光触媒の性能を大きく凌ぎ、ルテニウムやレニウムといった**貴金属**^[用語 7]や稀少金属を用いた高効率**金属錯体**^[用語 8]と同等もしくはそれ以上であった。

現在、地球温暖化対策として、温室効果ガスである CO₂ を還元資源化する技術が求められている。これまで高効率 CO₂ 還元光触媒には、貴金属や稀少金属が用いられていたため、光触媒を使った CO₂ の大規模な還元による資源化の足かせとなっていた。今回、従来の高効率光触媒と比較して勝るとも劣らない特性を持った新たな光触媒系を銅とマンガンの錯体だけで作製することに成功した。地球温暖化対策としての人工光合成システムの大規模化への道を拓くことができた。

研究成果は 2018 年 11 月 27 日（現地時間）、米国化学会誌「*Journal of the American Chemical Society*」に掲載された。

なお本研究は、科学技術振興機構（J S T） 戦略的創造研究推進事業 チーム型研究（C R E S T）における研究課題「太陽光の化学エネルギーへの変換を可能にする分子技術の確立」（課題番号：JPMJCR13L1、研究代表者：石谷治）の一環として行われた。

●研究成果

研究グループは、科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業（CREST）の支援のもと、銅錯体とマンガン錯体から成る光触媒を作製し、可視光を照射することで二酸化炭素（CO₂）を一酸化炭素（CO）やギ酸（HCOOH）へ高効率に還元できることを見出した。この効率や耐久性（量子収率 57%、ターンオーバー数 1300 回以上）は、これまで知られていた卑金属を用いた他の光触媒を大きく凌ぎ、ルテニウム（Ru）やレニウム（Re）といった貴金属や稀少金属による高効率金属錯体と同等もしくはそれ以上であった。

銅は電線や十円玉の原料として、マンガンは乾電池の正極として用いられており、身近な金属だ。これらは鉱山において多量に採掘される比較的安価な金属元素である。今回の研究成果により、安価で多量に使える卑金属しか含まない光触媒でも、高効率な CO₂還元光触媒反応を進行させることが可能であることを見出した。

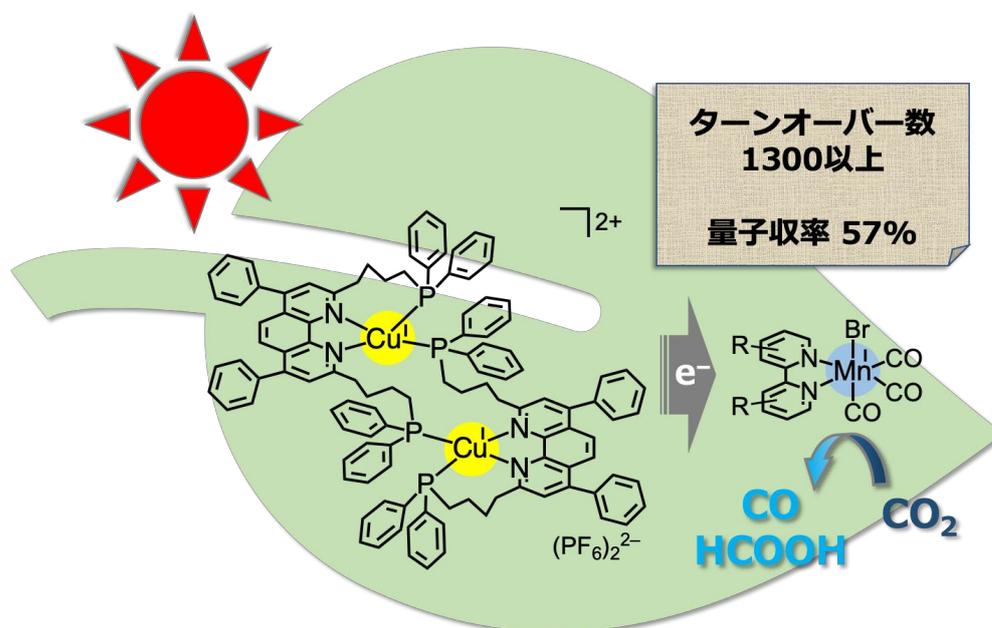


図 1. 銅(Cu)錯体とマンガン(Mn)錯体を組み合わせた CO₂還元光触媒反応

●背景

近年、地球温暖化の主な要因となっている CO₂ を資源化するための光触媒開発が世界中で活発化してきた。この人工光合成と呼ばれる技術が実用化できれば、大気中 CO₂ 濃度の上昇抑制に資するだけでなく、将来的に枯渇が心配されている化石資源の代替として有用な炭素資源を CO₂ を原料にして、太陽光だけをエネルギー源として合成できるようになる。

これまで開発されてきた高効率な CO₂ 還元光触媒反応は、レニウムのような地球上にわずかしか存在しない希少な金属、ルテニウムのように高価な貴金属を光触媒として用いなければ駆動しなかった。

世界で排出されている CO₂ は、年間約 330 億トンに及ぶ（2018 年版 EDMC／エネルギー・経済統計要覧）。CO₂ は温室効果ガスとして大幅に削減しなければならないが、既存の高性能光触媒では素材コストの問題などから、あまり利用できなかった。元素戦略的な見地から光触媒の開発研究が盛んに行われているが、これまで報告されている卑金属を用いた CO₂ 還元光触媒の耐久性は低く、その効率も満足いくものではなかった。

●研究の経緯

石谷教授らは、これまでも卑金属を用いた CO₂ 還元光触媒の開発を行ってきた。今回、発光性の銅錯体とマンガン錯体とを組み合わせた光触媒システムを開発し、可視光を照射して常温常圧で CO₂ を高効率に資源化することに成功した。この光触媒システムは、既存の貴金属を用いた高効率光触媒と比較しても勝るとも劣らない特性を有する。

卑金属だけを用いた光触媒でも、太陽光を有効に活用することで地球温暖化の主因である CO₂ を有用な炭素資源へと高効率に変換できることが明らかになった。大規模に人工光合成を実現するための第一歩と言える。

●今後の展開

今回の研究成果は、銅・マンガンのような地球上に多量に存在する材料群を用いて、太陽光をエネルギー源とした高効率 CO₂ 還元を世界で初めて実証した。今後は、この新たな光触媒の機能を向上させると共に、地球上に多量に存在する安価な水を還元剤として用いる半導体光触媒との融合を目指す。

【用語説明】

(用語 1) **光触媒**：光を吸収することで、反応を触媒的に進行させる分子もしくは物質のこと。

(用語 2) **一酸化炭素(CO)**：フィッシャー・トロプシュ反応などにより炭化水素を合成できるため、工業的に有用な炭素資源として注目を集める。

(用語 3) **ギ酸(HCOOH)**: 繊維加工や皮革加工、化学工業原料として用いられる。ギ酸は液体で、分解することで水素が定量に得られるため、運搬が容易な水素前駆体としても注目されている。

(用語 4) **量子収率**: 照射した光の量 (光子数) に対する反応生成物の分子数の割合。例えば、100 個の光子を照射することで、生成物分子が 50 個生成した場合、量子収率は 50%となる。

(用語 5) **ターンオーバー数**: 当該反応において、触媒が何回機能したかを表す指標。触媒 100 個を用い、生成物が 10000 個得られた場合、ターンオーバー数は 100 となる。

(用語 6) **卑金属**: 地球に多量に存在する金属。

(用語 7) **貴金属**: 8 種の高価な金属、金 (Au)、銀 (Ag)、白金 (Pt)、パラジウム (Pd)、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、ルテニウム (Ru)、オスミウム (Os)。地球上での存在量が少ない。

(用語 8) **金属錯体**: 金属イオンと配位子からなる分子もしくはイオン化合物。

【論文情報】

掲載誌: Journal of the American Chemical Society

論文タイトル: Highly Efficient and Robust Photocatalytic Systems for CO₂ Reduction Consisting of a Cu(I) Photosensitizer and Mn(I) Catalysts

著者: Hiroyuki Takeda, Hiroko Kamiyama, Kouhei Okamoto, Mina Irimajiri, Toshihide Mizutani, Kazuhide Koike, Akiko Sekine, Osamu Ishitani

DOI: 10.1021/jacs.8b10619

【問い合わせ先】

東京工業大学 理学院 化学系 教授

石谷 治(いしたに おさむ)

E-mail: ishitani@chem.titech.ac.jp

TEL: 03-5734-2240 FAX: 03-5734-2284

【JST 事業に関すること】

科学技術振興機構 戦略研究推進部 グリーンイノベーショングループ

中村 幹 (なかむら つよし)

E-mail: crest@jst.go.jp

TEL: 03-3512-3531 FAX: 03-3222-2066

【取材申し込み先】

東京工業大学 広報・社会連携本部 広報・地域連携部門

E-mail: media@jim.titech.ac.jp

TEL: 03-5734-2975 FAX: 03-5734-3661

科学技術振興機構 広報課

E-mail: jstkoho@jst.go.jp

TEL: 03-5214-8404 FAX: 03-5214-8432