

平成 30 年 6 月 12 日

報道機関各位

東京工業大学
科学技術振興機構(JST)

貴金属、稀少金属を用いない CO₂ 資源化光触媒を開発

—ありふれた元素だけを用いて人工光合成を実現—

【要点】

- 地球上に豊富に存在する元素(炭素、窒素、鉄)からなる新しい光触媒を開発
- 太陽光をエネルギー源として CO₂ を有用な炭素資源に変換
- 貴金属や稀少金属を用いた従来の光触媒と同等の性能を実現

【概要】

東京工業大学 理学院 化学系の石谷治教授、前田和彦准教授、栗木亮（大学院生、日本学術振興会特別研究員）らは、フランス パリ第7大学のマーク・ロバート教授らの研究グループと共同で、JST 戦略的創造研究推進事業 CREST の国際強化支援のもと、有機半導体材料と鉄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、有用な一酸化炭素(CO)^[用語 2]へ選択的に還元されることを発見した。

これまで開発されてきた高効率 CO₂還元光触媒は、ルテニウムやレニウムといった貴金属^[用語 3]や稀少金属を用いたものがほとんどだったが、今回開発した光触媒は、これらの金属を全く使わずに、ほぼ同等の光触媒性能を示すことがわかった。

本成果により、卑金属^[用語 4]や有機半導体材料だけを用いた光触媒でも、太陽光をエネルギー源として、地球温暖化の主因である CO₂ を有用な炭素資源へと変換できることが明らかになった。

研究成果は 2018 年 6 月 12 日(日本時間)、米国化学会誌「*Journal of the American Chemical Society*」に速報として掲載された。

●研究成果

石谷教授らは、炭素と窒素から構成される有機半導体カーボンナイトライド^[用語 5]を鉄錯体と組み合わせて光触媒として用いることで、二酸化炭素(CO₂)を一酸化炭素(CO)へと高効率に還元できることを見出した。この光触媒反応は、太陽光の波長帯でも主成分である可視光を照射することで進行する。カーボンナイトライドが可視光を吸収し、還元剤から触媒である鉄錯体への電子の移動を駆動する。その電子を用いて鉄錯体はCO₂をCOへと還元する。性能の指標となるCO生成におけるターンオーバー数^[用語 6]、外部量子収率^[用語 7]、CO₂還元を選択率^[用語 8]は、それぞれ155、4.2%、99%に達した。これらの値は、貴金属や稀少金属錯体を用いた場合とほぼ同程度であり、すでに報告されている卑金属や有機分子を用いた光触媒と比べて10倍以上高かった。

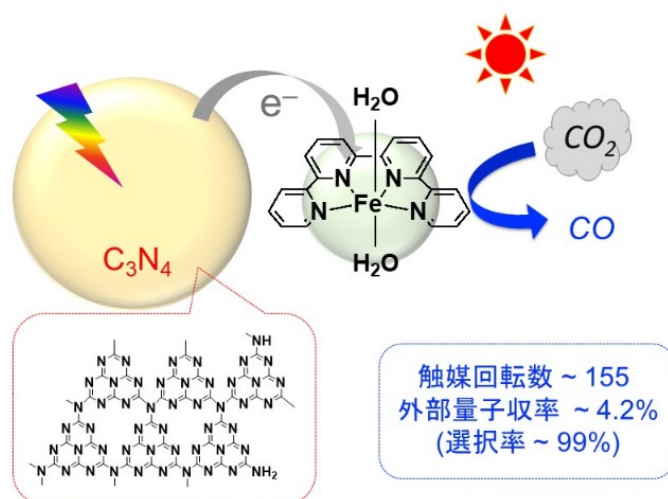


図 1. カーボンナイトライドと鉄錯体を組み合わせた光触媒による CO₂還元反応

●背景

近年、金属錯体や半導体を光触媒として用いて CO₂を還元資源化する技術の開発が世界中で行われている。“人工光合成”と呼ばれるこの技術が実用化されれば、地球温暖化の主因とされ、悪者扱いされている CO₂を、太陽光をエネルギー源にして有用な炭素資源へと変換できるようになる。

これまでに報告されている高い活性を示す光触媒には、ルテニウムやレニウム、タンタルなどの貴金属や稀少金属を含む錯体や無機半導体を用いられてきた。しかしながら、莫大な CO₂量を考えると、地球上に多量に存在する元素だけで構成される新たな光触媒を構築する必要があった。

●研究の経緯

石谷教授らは、JST（科学技術振興機構）の戦略的創造研究推進事業（CREST「新機能創出を目指した分子技術の構築」）における支援を得て、この課題に挑戦すべく、パリ第7大学のマーク・ロバート教授の研究グループと共同研究を行った。その結果、有機半導体であるカーボンナイトライドを、鉄と有機物で構成される錯体とを融合して光触媒として用いることで、可視光の照射かつ常温常圧という条件でCO₂を高効率に資源化することに成功した。

本成果により、卑金属や有機半導体材料だけを用いた光触媒でも、太陽光を有効に活用し、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。

●今後の展開

今回の研究から、炭素、窒素、鉄といった地球上に多量に存在する材料群を用いても、太陽光をエネルギー源としたCO₂還元資源化を高効率に達成できることを初めて実証した。今後は、光触媒としての機能をさらに向上させると共に、地球上に多量に存在し安価な水を還元剤として用いることのできる酸化光触媒との融合を達成することが課題となる。

●付記

この国際共同研究は、JST 戦略的創造研究推進事業（CREST「新機能創出を目指した分子技術の構築」）に加え、日本側での研究の一部は、科学研究費助成事業（若手研究(A)、新学術領域計画研究「複合アニオン」等）により支援されました。

【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**：分子式はCO。フィッシャー・トロプシュー反応などにより炭化水素を合成できるため、有用な炭素資源として注目を集める。

(用語 3) **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)

(用語 4) **卑金属**：貴金属ではない金属のこと。

(用語 5) **カーボンナイトライド**：炭素と窒素だけで構成された有機半導体。構造は図1に示されている。

(用語 6) **ターンオーバー数**：触媒反応の活性点が何回機能したかを表す指標。例えば活性点が100個あり生成物が10000個得られた場合、ターンオーバー数は100となる。

(用語 7) **外部量子収率**：照射した光の量に対する反応に用いることができた光の

量の割合。例えば、10000 個の光子を照射して、そのうち 100 個の光子が反応に関与した場合、外部量子収率は 1%となる。

(用語 8) **選択率** : 化学反応における全ての生成物量に対する目的生成物量の割合。

【論文情報】

掲載誌 : Journal of the American Chemical Society

論文タイトル : A carbon nitride/Fe quaterpyridine catalytic system for photo-stimulated CO₂-to-CO conversion with visible light

著者 : Claudio Cometto, Ryo Kuriki, Lingjing Chen, Kazuhiko Maeda, Tai-Chu Lau, Osamu Ishitani and Marc Robert

DOI : 10.1021/jacs.8b04007

【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