



低温での二酸化炭素再資源化を可能にする 新触媒技術の開発

工学研究科 マテリアル生産科学専攻

准教授 栗原 泰隆  <https://researchmap.jp/yasutakakuwahara/>

教授 山下 弘巳  <https://researchmap.jp/read0118536>



研究の概要

二酸化炭素 (CO₂) は地球温暖化の主たる原因物質とされており、世界規模でその排出量削減に向けた取り組みが行われています。一方で、CO₂を還元することによって得られる一酸化炭素 (CO) は、アルコールやガソリン、ジェット燃料などの液体炭化水素の原料となる有用な化学原料です。CO₂を水素 (H₂) と反応させて CO を得る反応 (逆水性ガスシフト反応) には、従来500℃以上の高温が必要とされており、低温では低い反応率しか得られず非効率という課題がありました。山下研究室では、モリブデン酸化物に白金 (Pt) ナノ粒子を担持した触媒を用いると、従来よりも低い140℃という低温でも CO₂と H₂から CO を高効率かつ選択的に得られることを見出しました。さらに興味深いことに、触媒に光を照射すると反応速度が向上することを見出しました。

研究の背景と結果

CO₂は地球温暖化の主たる原因物質とされており、世界規模でその排出量削減に向けた取り組みが行われています。わが国でも、2050年までに CO₂を含む温室効果ガスの実質排出ゼロの実現が目標に掲げられており、CO₂を炭素資源と捉えて回収し、有用物質へと再利用する技術 (CO₂回収利用) の開発が求められています。CO₂を還元することによって得られる CO は、アルコールやガソリン、ジェット燃料などの液体炭化水素の原料となる有用な化学原料です。CO は工業的には、コークスや天然ガスに含まれるメタンガスと水蒸気とを800℃以上の高温で反応させることで製造されています。CO₂を効率よく CO に変換することができれば、CO₂排出量削減と有用化学原料の製造を同時に達成することができ、地球温暖化と化石資源の枯渇の問題に貢献できると期待されています。しかし、CO₂を H₂と反応させて CO を製造する反応 (逆水性ガスシフト反応、反応式: (CO₂ + H₂ = CO + H₂O)) には従来500℃以上の高温が必要とされており、低温では平衡制約により低い反応率しか得られず非効率という課題がありました。

当研究室では、モリブデン酸化物に白金 (Pt) ナノ粒子を担持した触媒を CO₂の水素化反応に用いると、従来よりも低い140℃という低温でも有用な CO が高効率かつ選択的に生成されることを見出しました。さらに興味深いことに、触媒に光を照射すると反応速度が飛躍的に向上することを見出しました。特に、厚さ40 nm 程度のナノシート状のモリブデン酸化物に Pt ナノ粒子を固定化した触媒では、粒子状のモリブデン酸化物を用いた場合に比べて約1.5倍程度の CO 生成速度が得られ、可視光を含む光照射下では1.2 mmol/g/h の反応速度で CO を生成することができました。本研究成功の鍵は、モリブデン酸化物を Pt ナノ粒子と組み合わせることで、(i) 活性サイトとなる酸素欠陥の形成をうまく制御できた点、(ii) モリブデン酸化物の色が変化し、表面プラズモン共鳴に基づく可視光吸収特性を示した点、にあります。

研究の意義と将来展望

当研究室の開発した触媒は、調製が簡便である、分離・回収の容易な固体触媒である、廃熱を利用可能な低温 (140℃付近) でも駆動する、など実用化に不可欠な基盤要素を兼ね備えています。さらに、触媒に可視光を照射することで、反応速度が向上するという特徴を有してい

ます。本技術は、今後ますます排出量削減が迫られる CO₂を工業的に有用な物質へと変換するためのクリーンな触媒技術として期待されます。

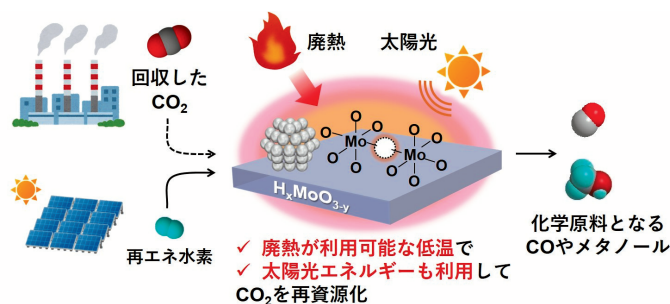


図1 省エネルギーで CO₂を再資源化するための触媒開発

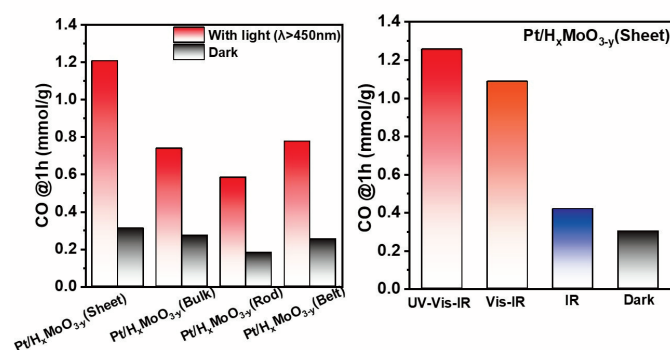


図2 Pt ナノ粒子担持モリブデン酸化物触媒を用いた CO₂水素化反応の結果

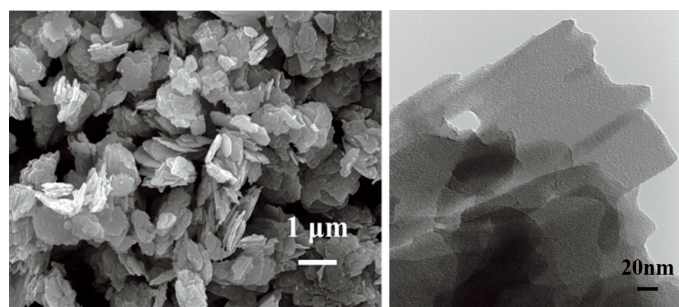


図3 Pt ナノ粒子担持モリブデン酸化物触媒の走査電子顕微鏡 (SEM) 像および透過電子顕微鏡 (TEM) 像

特 許 特願2020-093711

論 文 Ge, Hao; Kuwahara, Yasutaka; Yamashita, Hiromi et al. Plasmon-induced Catalytic CO₂ Hydrogenation by a Nano-sheet Pt/H_xMoO_{3-y} Hybrid with Abundant Surface Oxygen Vacancies. Journal of Materials Chemistry A. 2021; 9 (24): 13898-13907. doi: 10.1039/d1ta02277f
Kuwahara, Yasutaka; Mihogi, Takashi; Yamashita, Hiromi et al. A Quasi-stable Molybdenum Sub-oxide with Abundant Oxygen Vacancies that Promotes CO₂ Hydrogenation to Methanol. Chemical Science. 2021; 12 (29): 9902-9915. doi: 10.1039/d1sc02550c

参考 URL https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210526_2

キーワード CO₂回収利用、CO₂再資源化、モリブデン酸化物、表面プラズモン共鳴