

PRESS RELEASE (2024/01/15)

酸性で駆動する超疎水性二酸化炭素還元電極

二酸化炭素の効率的資源化

ポイント

- ① 二酸化炭素(CO₂)電気化学的還元は、多くの場合アルカリ性の電解質を使って反応が行われるが、CO₂がアルカリ電解質に溶解することによってできる炭酸塩の析出により電極が破壊されるという問題があった。
- ② 今回、酸性条件下で高いCO₂還元性能を示す超疎水性の銅極薄電極を作製しました。
- ③ 本成果により、地球上での炭素循環を促進し、地球温暖化や資源エネルギー問題の解決に貢献することが期待される。

概要

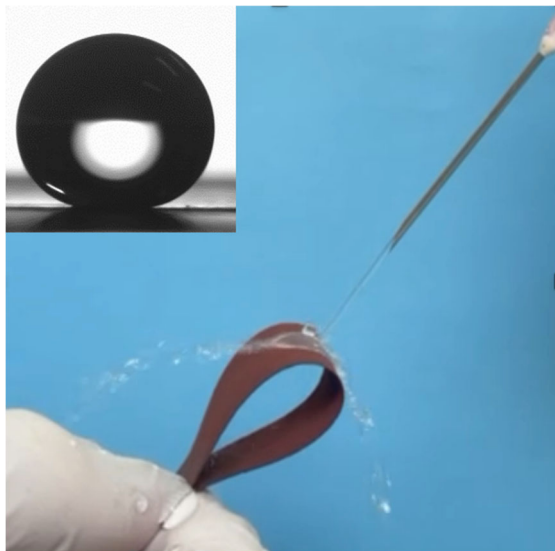
二酸化炭素(CO₂)電気化学的還元は、再生可能な電力と水とCO₂から価値のある化学物質や燃料を合成する化学プロセスです。多くの場合、アルカリ性の電解質を使って反応が行われますが、CO₂がアルカリ電解質に溶解することによってできる炭酸塩の析出により電極が破壊されるという問題がありました。

本研究では、酸性条件下で高いCO₂還元性能を示す超疎水性の銅極薄電極を作製しました。

九州大学先導物質化学研究所、東北大学材料科学高等研究所の山内美穂教授の研究グループは、多孔性構造と超疎水性を有する銅極薄電極を用いることで、通常では銅電極が活性を示さない酸性水溶液中においても、CO₂を還元して効率よく多炭素化合物を合成することに成功しました。

今回の発見は、地球上での炭素循環を促進し、地球温暖化や資源エネルギー問題の解決に貢献します。

本研究成果は英国の雑誌「Nature Communications」に2024年1月15日(月)19時(日本時間)に掲載されました。



左図：超撥水性銅電極

マイクロ孔構造と微細な突起構造を有するCu電極はCO₂の高速拡散と超撥水性を兼ね備え、酸性条件下でも効率的にCO₂還元を促進する。

【研究の背景と経緯】

メタネーション(※1)などの二酸化炭素 (CO₂) を化学原料として用いる化学プロセスが地球上での炭素循環プロセスとして注目されています。メタネーションは CO₂ と水素を反応させてメタンを製造するプロセスです。他方、水を水素源とする電気化学的二酸化炭素還元は、水素の供給が困難な場所でも運用できる汎用性の高い化学プロセスです。

副反応である水素発生を抑制するため、通常はアルカリ条件下で CO₂ 還元を行います。アルカリ水溶液に溶解した CO₂ から生成する炭酸塩の析出のために反応が停止してしまうという問題が起こります。他方、CO₂ の低下や水素発生が増大のために、酸性条件下で効率的に CO₂ 還元を行うことは困難であり、成功例は数例に限られます。

【研究の内容と成果】

本研究では、CO₂ を酸性条件下で効率よく変換するために多孔性構造と超撥水性(※2)を備える銅電極を構築しました。この銅電極では、電極全体に存在するマクロ孔(※3)から CO₂ が電極界面に効率よく供給されるとともに、酸性水溶液との接触が低減のために水素発生が抑制されるため、通常では銅電極が活性を示さない pH=1~6 の酸性条件下でも CO₂ が多炭素化合物に変換されます (多炭素化合物生成のファラデー効率(※4) : 87%)。また、この電極は CO₂ 濃度が低下しても高い活性を示します (25%の二酸化炭素ガスを使った場合の多炭素化合物生成の部分電流密度(※5) : -0.34 A cm⁻²)。さらに、この銅電極は、pH=1 の酸性条件下でも -0.2 A cm⁻² の電流密度で 30 時間以上動作することがわかりました。

【今後の展開】

Cu 表面の耐久性を向上させることで電極のさらなる長寿命化を実現します。

【参考図】

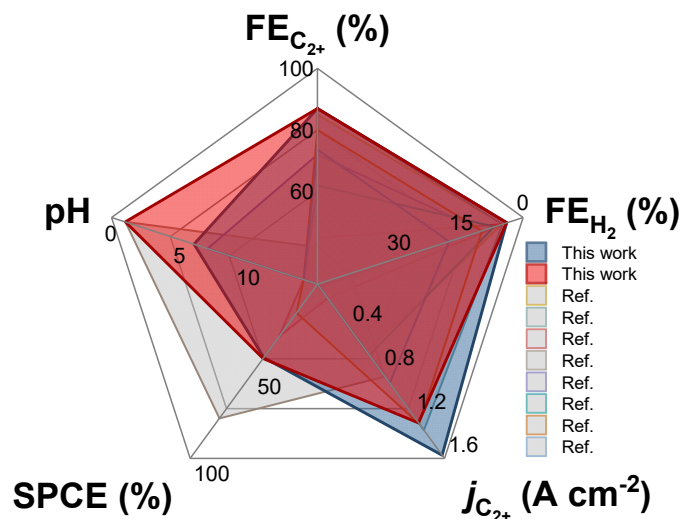


図1 超撥水性銅電極の性能

超撥水性 Cu 電極とこれまでの報告における多炭素化合物生成のファラデー効率 (FE_{C₂₊}) および部分電流密度 (j_{C₂₊})、水素生成のファラデー効率 (FE_{H₂})、一回反応の変換効率 (SPCE)、pH の比較。

【用語解説】

(※1) メタネーション

水素と二酸化炭素から熱エネルギーを使ってメタンを合成する技術

(※2) 超撥水性

界面に対して 150° を超える接触角で水滴が接する現象。

(※3) マクロ孔

直径 50 nm 以上の細孔。

(※4) ファラデー効率 (Faradaic efficiency)

回路を流れた電子のうち、着目する化合物の生成に利用された電子の割合。選択率に相当。

(※5) 部分電流密度

単位面積に単位時間に電極に流れる電気量に、注目する化合物の生成に関わるファラデー効率をかけたもの。その化合物の生成速度に対応。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 (JP18H05517, 22K19088, 23H00313)、Moonshot Research and Development Program (JPNP18016)、JST 脱炭素エネルギー先導人材育成フェローシップ (JPMJFS2132) の助成を受けたものです。

【論文情報】

掲載誌：Nature Communications

タイトル：Gas Diffusion Enhanced Electrode with Ultrathin Superhydrophobic Macropore Structure for Acidic CO₂ Electroreduction

著者名：Mingxu Sun, Jiamin Cheng, Miho Yamauchi

D O I : 10.1038/s41467-024-44722-4

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学 先導物質化学研究所 教授 山内 美穂 (ヤマウチ ミホ)

TEL : 092-802-6454 FAX : 092-802-6454

Mail : yamauchi@ms.ifoc.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報課

TEL : 092-802-2130 FAX : 092-802-2139

Mail : koho@jimu.kyushu-u.ac.jp