

# ナノ構造炭素触媒を用いた電気化学的CO<sub>2</sub>資源化反応

工学研究科 マテリアル生産科学専攻

准教授 栗原 泰隆

Researchmap <https://researchmap.jp/yasutakakuwahara/>

## 研究の概要

地球温暖化に対する懸念から、温室効果ガスの一つである二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を有価物質へと資源化する物質変換システムの実現が求められています。電気化学的 CO<sub>2</sub>還元反応は常温・常圧条件で進行することに加え、高付加価値な炭素有機化合物を一段階で合成できることから、効率的な CO<sub>2</sub>資源化技術として関心を集めています。電子利用効率の低さや、生成物の選択性の低さが依然として課題です。我々は、ユニークなナノ構造を持ち、高い導電性と表面積を有する炭素材料に活性金属種 (Co, Ni など) を固定化した触媒を電気化学的 CO<sub>2</sub>還元反応に用いると、高い電子利用効率で CO<sub>2</sub>を工業的に有用な一酸化炭素 (CO) へと変換できることを見出しました。また、本反応では水の還元により水素 (H<sub>2</sub>) も副生してしましますが、炭素材料の組成や活性金属種の化学状態を制御することで、H<sub>2</sub>の副生を抑制し、高い選択性で CO を合成できることを見出しました。

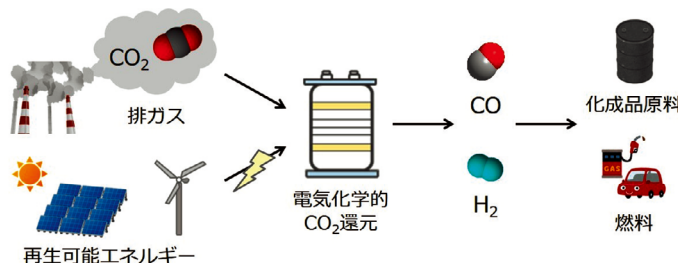
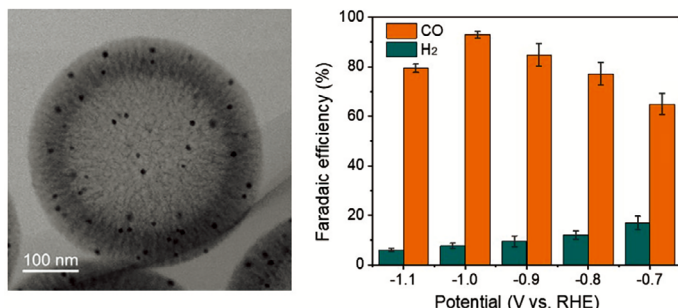
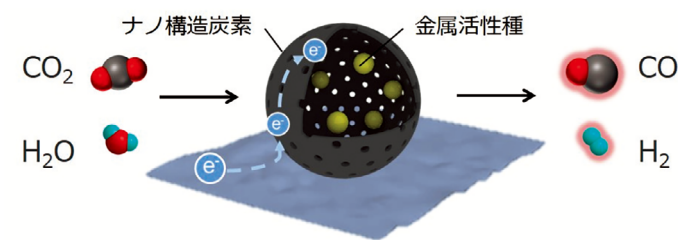
## 研究の背景と結果

CO<sub>2</sub>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 CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>を炭素資源と捉えて回収し、有価物質へと資源化する技術の開発が求められています。電気化学的 CO<sub>2</sub>還元反応は常温・常圧条件で進行することに加え、高付加価値な炭素有機化合物を一段階で合成できることから、効率的な CO<sub>2</sub>資源化技術として関心を集めています。しかしながら、本反応では水の還元により H<sub>2</sub>が副生してしまうため、CO<sub>2</sub>還元に対する電子利用効率が低いことや、CO<sub>2</sub>還元によって得られる物質の選択性が低いことが課題となっています。

我々は、ユニークなナノ構造を持ち、高い導電性と表面積を有する炭素材料に活性金属種 (Co, Ni など) を固定化した触媒を電気化学的 CO<sub>2</sub>還元反応に用いると、高い電子利用効率で CO<sub>2</sub>を CO へと変換できることを見出しました。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に利用できることから工業的に利用価値の高い物質です。また、本反応では水の還元による H<sub>2</sub>の副生が避けられませんが、炭素材料の組成、活性金属種の化学状態を制御することで H<sub>2</sub>の副生を抑制し、高い選択性で CO を合成できることを見出しました。さらに、放射光を利用した触媒構造解析や計算機シミュレーションを駆使した調査により、活性金属種のナノ構造の違いが分子の吸着挙動と得られるガス中の CO/H<sub>2</sub>比に影響することを見出しました。

## 研究の意義と将来展望

電気化学的 CO<sub>2</sub>還元反応により得られる CO と H<sub>2</sub>の混合気体 (合成ガス) 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に利用できることから、本技術はカーボンニュートラル社会の実現に向けたクリーンな CO<sub>2</sub>変換技術として期待されます。今後は作動電圧の低減や電流密度の向上、耐久性向上に向けた取り組みにより、実用化を目指します。

図1 電気化学的 CO<sub>2</sub>還元による CO<sub>2</sub>の有価物質への変換図2 ナノ構造炭素触媒を用いた電気化学的 CO<sub>2</sub>還元による CO の合成 (上)、ナノ構造炭素触媒の TEM 像 (左下)、CO および H<sub>2</sub>に対する電子利用効率 (右下)

特 許	Li, Kaining; Kuwahara, Yasutaka; Yamashita, Hiromi et al. Hollow carbon sphere featuring highly dispersed Co-N <sub>x</sub> sites for efficient and controllable syngas electrosynthesis from CO <sub>2</sub> . Chemical Engineering Journal. 2024, 488, 150952. doi: 10.1016/j.cej.2024.150952
論 文	Li, Kaining; Kuwahara, Yasutaka; Yamashita, Hiromi. Poly(ethylenimine)-assisted synthesis of hollow carbon spheres comprising multi-sized Ni species for CO <sub>2</sub> electroreduction. Chinese Journal of Catalysis. 2024, 64, 66-76. doi: 10.1016/S1872-2067(24)60087-2
参考URL	Li, Kaining; Kuwahara, Yasutaka; Yamashita, Hiromi. Aminopolymer-functionalized hollow carbon spheres incorporating Ag nanoparticles for electrochemical syngas production from CO <sub>2</sub> . Applied Catalysis B: Environmental. 2023, 331, 122713. doi: 10.1016/j.apcatb.2023.122713
キーワード	CO <sub>2</sub> 回収利用、CO <sub>2</sub> 資源化、電気化学的触媒反応、炭素材料