

【課題番号】 2RF-2301

【研究課題名】 「常温常圧中性における CO₂ からギ酸へのバイオ資源化」

【研究期間】 2023 年度（令和 5 年度）～2025 年度（令和 7 年度）

【研究代表者（所属機関）】 宋和 慶盛（京都大学）

研究の全体概要

本研究では、生体触媒である酵素を活用した新しい CO₂ バイオ資源化技術を提案する。本技術の特徴は、①穏和環境での作動、②生体触媒による高い反応効率であり、「どこでも、誰でも使える、安心安全」な CO₂ 資源化技術へと展開できる。大気中の低い CO₂ 濃度（400 ppm）を想定した環境において、高い安定性と活性を有する酵素機能電極の構築を目指し、その実現可能性の検証を研究目的とする。

メタノール資化性菌 *M. extorquens* AM1 由来のギ酸脱水素酵素（FoDH1）は、CO₂ からギ酸への還元を触媒する。生体触媒である FoDH1 は、高い選択性と優れた反応性を有しており、穏和な条件（常温常圧中性）で、高いファラデー効率（99%以上）と小さな反応過電圧（0.1 V 以下）で作動する CO₂ 資源化触媒として利用できる。さらに、本酵素は電極と直接的に電子移動できる稀有な“導電性酵素”であるため、酵素機能電極（＝酵素が表面に修飾された触媒機能を持つ電極）を構築することで、「どこでも、誰でも使える安心安全」な技術に展開可能である。しかし、①社会実装に資する反応性や耐久性の向上を目指した酵素機能電極の改良や、②大気中の低濃度な CO₂ を直接回収し資源化する Direct Air Capture（DAC）型酵素機能電極設計に関して、これらの実現可能性を検証できていない点が課題となっている。

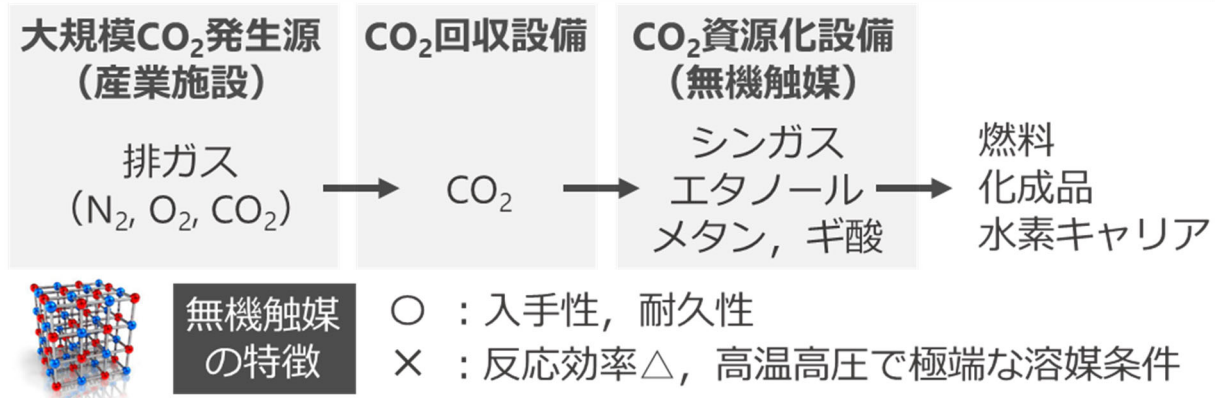
本研究では、申請者が保有する in silico 解析技術（構造解析、仮想変異体作製）と in vitro 評価技術（FoDH1 発現系と電気化学測定系）を融合させ、高い活性と耐久性を持つスーパー酵素を創出する。さらに、ガス状基質を直接的に反応場に供給できる「ガス拡散型バイオ電極」を構築し、大気中に相当する低 CO₂ 濃度（400 ppm）で作動できる DAC 型の CO₂ バイオ資源化技術を開発する。本技術は、2050 年のカーボンニュートラルに向けた CO₂ の利用（Utilization）に貢献できる。すでに実証試験が進められている無機触媒を中心とした CO₂ 資源化技術とは異なる特徴（高い選択性と穏和な作動条件）を持つため、将来的に相互の長所と短所を補完できる資源化技術群の構築に繋がる。

常温常圧中性におけるCO₂からギ酸へのバイオ資源化

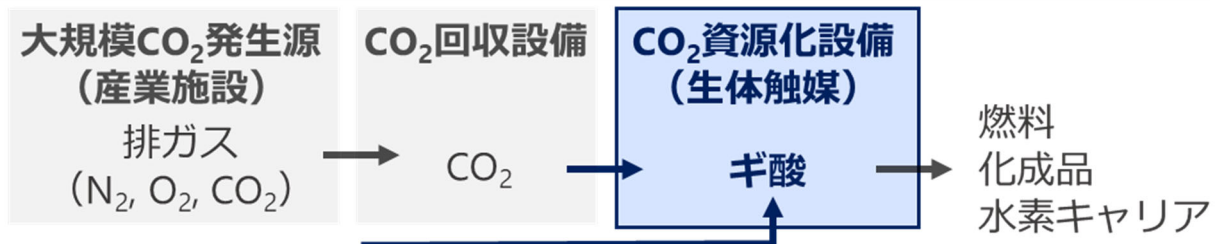
研究目的

生体触媒を活用した「どこでも、誰でも使える安心安全」なCO₂バイオ資源化技術の実現可能性を検証する

現状



提案するコンセプト：青色で示す技術でCO₂資源化の横展開を目指す



広範なCO₂発生源 (大気・居住空間)

一般空気 (N₂, O₂, CO₂)

研究構成と特徴

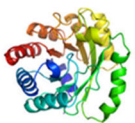
内容① 高活性な酵素機能電極の作製 (1年目)
 内容② 高耐久な酵素機能電極の作製 (2年目)
 内容③ 低いCO₂濃度で作動する (2~3年目)
 DAC*システムの構築 *Direct Air Capture

■ **コア技術**

最小限の電気 → 導電性酵素電極 → CO₂ → ギ酸

■ **独創性**
in silico解析とin vitro評価に基づく酵素創出

■ **新規性**
導電性酵素を活用した新規CO₂資源化技術
大気中CO₂の直接的回収および資源化技術



生体触媒の特徴

- : 反応効率, 常温常圧中性で作動
- × : 安定性△, 実現可能性が未検証