

ALCA-Next

「資源循環」領域

2024 年度 年次報告書

2024 年度採択

[研究開発代表者名: 渡部 綾]

[静岡大学大学院工学領域 准教授]

[研究開発課題名: CO₂からの炭素耕起で有価資源を大量生産する革新触媒プロセスの開拓]

主たる共同研究者:

[福原 長寿 (静岡大学大学院工学領域 教授)]

[孔 昌一 (静岡大学大学院工学領域 教授)]

実施期間 : 2024 年 9 月 2 日 ~ 2025 年 3 月 31 日

§1. 研究開発成果の概要

本研究では、産業排ガス CO₂を高効率で大量に有価な炭素資源に変える革新的触媒変換システムを開拓する。2024 年度は、CO₂から固体炭素への変換技術の拡張を目的に、CO₂のメタン化→CH₄ のドライ改質→固体炭素捕集の触媒プロセス(変換技術①)に加え、CO₂の逆シフト(RWGS)反応→固体炭素捕集の新規な触媒プロセス(変換技術②)を開発した。いずれの変換プロセスも物質・熱移動を加速する構造体触媒で構成するため、変換技術②に適した高性能な RWGS 用構造体触媒(Cu-Fe/Zn 系)を electroless plating 法で調製した。そして、炭素捕集触媒(Fe 系、wash-coat 法で調製)と連結した変換技術②で、RWGS 転化率 61%(@500°C)と固体炭素捕集率 53.7%を達成した。500°C程度の低温域でもかなり高効率に炭素を固定することに成功した。そして、触媒化学的な検討から炭素捕集場の共存水素の役割を調査し、水素は Fe₃C 種(中間体)の形成と炭素析出速度の加速、金属活性相の維持に係わっていることを明らかにした。また、変換技術①と②の構造体触媒(スパイラル形)が与える反応工学的なプラス効果は、基材形状による旋回流(swirl flow)が触媒表面の境界抵抗を大きく低減し、物質・熱移動を加速するためであることを明らかにした(CFD 解析)。さらに、通電加熱式のドライ改質(*e*-DRM)反応にスパイラル形触媒を適用した結果、優れた反応性を示し、高い CH₄転化率を達成した。また、触媒有効係数による物質拡散と反応率との相関性を検証し、スパイラル形構造体触媒上の拡散性と伝熱性の促進が反応性を大きく向上させることを明らかにした。そして、この通電加熱式反応システムを新たにアンモニア分解反応へと展開し、グリーン水素を省エネルギー条件下で高効率に製造できることを明らかにした。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Hiroshi Akama, Ryo Watanabe, Priyanka Verma, Choji Fukuhara, “Multi-stage spiral-type structured catalyst system for direct large-scale methanation of industrial CO₂ emissions: A feasibility study”, Reaction Chemistry & Engineering, 2025 (in press), doi.org/10.1039/D4RE00606B
- 2) Ryo Watanabe, Priyanka Verma, Hiroshi Akama, Choji Fukuhara, “*e*-Methanation with a spiral catalyst: Optimized thermal management and long-term stability” RSC Advances, 15, 2025, 7365, doi.org/10.1039/d4ra08236b
- 3) Hiroyasu Suganuma, Ryo Watanabe, Priyanka Verma, Hiroshi Akama, Choji Fukuhara, “Electric heating system for iso-C5 dehydrogenation in the presence of H₂S”, Chemistry Letters, 54/1, 2025, upae228, doi.org/10.1093/chemle/upae228