

未来社会創造事業 探索加速型
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
終了報告書(探索研究期間)

令和3年度
研究開発終了報告書

平成29年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：椿 範立]

[富山大学学術研究部工学系・教授
カーボンニュートラル物質変換研究センター・センター長]

[研究開発課題名：二酸化炭素からの新しい Gas-To-Liquid 触媒技術]

実施期間：平成29年11月1日～令和4年3月31日

§ 1. 研究実施体制

(1) 富山大学グループ

①研究開発代表者:椿 範立 (富山大学学術研究部工学系、教授)

②研究項目

・CO₂ の水素化反応から軽油、ガソリン、混合芳香族、オレフィンなどの触媒(カプセル触媒を含む)とプロセスの開発

・CO₂からの新規低温メタノール合成

(2) 日本製鉄グループ

①主たる共同研究者:鈴木 公仁 (日本製鉄株式会社、主幹研究員)

主たる共同研究者:山根 典之 (日本製鉄株式会社、研究室長)(鈴木氏の後任)

共同研究者 加藤 謙 (日鉄エンジニアリング株式会社 シニアマネジャー)

共同研究者 森田 健太郎 (日鉄エンジニアリング株式会社 シニアマネジャー)

②研究項目

・全触媒プロセスの物質・熱収支のシミュレーション、CO₂減少量の解析、経済性解析

・高炉ガス中 CO₂の活用に関する検討

・触媒構造の解析

§ 2. 研究実施の概要

CO₂ の水素化は出発原子としての炭素、水素、酸素を生かし、触媒の力次第に多彩な有機分子を合成できる。本事業において、CO₂ の水素化をメタノール合成経由ルート或いは FT 合成(Fischer-Tropsch 合成)ルートを経由して実施し、軽油、ガソリンなどといったエネルギー製品、および軽質オレフィン、芳香族等の化学品まで選択的、高速的に合成する。これに合わせて、新規な触媒概念と触媒反応場を設計し、これらの複数反応工程をできる限り一括で遂行するシンプル・ケミストリーを追求する。これらの反応シーケンスを tandem catalysis 原理に従って、椿が発明した「カプセル触媒」、および「ハイブリッド触媒」概念を駆使し、できる限り one-step で完成し、全製造フローの製造工程段数を減らし、省エネルギー効果に伴う CO₂ の削減も狙う。

合成ガス(一酸化炭素と水素の混合物)転換と異なり、CO₂ から炭化水素を合成する際、酸素原子一個増えるため、副生する水も倍増する。触媒の耐水性能の向上と共に、平衡転化率の向上と触媒寿命延長を実現することは重要な開発目標である。触媒の耐水性の向上、および耐 CO₂ 酸化能力の向上を狙い、長い触媒寿命を実現する。

一方、CO₂ の電解還元あるいは逆水性ガスシフト反応変換によるグリーンな合成ガスの製造技術の進歩を視野に入れ、New-C1 化学として、合成ガスの新しい触媒転換反応も開発する。

将来目標として、まず日本製鉄(株)、日鉄エンジニアリング(株)が保有する CO₂ 濃縮・分離技術を生かし、製鉄所の高炉ガス(BFG)の CO₂ を有価物まで転換する新規工業プロセスを樹立する。

代表例として、カプセル触媒を含むハイブリッド触媒を開発し、二酸化炭素と水素から PET プラスチックの主要モノマーであるパラキシレン(PX)の一段合成を世界で初めて成功した(論文(1))。現在全世界年産5千万トンの PX が原油から作られており、二酸化炭素から作ると、1.6 億トン CO₂ の削減になり、日本年間 CO₂ の排出量の1割に相当する。現在企業5社と組み、2028 年のフル商業化へスケールアップしている。

巨大プラントの多い C1 化学工場の小型化、モバイル化、省エネ化を狙い、金属 3D プリント技術を駆使し、世界で初めての自己触媒機能付きの触媒反応器を発明し、従来の触媒充填を必要とせず、CO₂ の水素化による液体炭化水素燃料に安定した高い活性を実現できた(論文(2))。

合成ガスから航空機ジェット燃料(C11 を中心とする C8~C16 のイソ体炭化水素)を選択的に直接合成できる技術(触媒を含む)を世界初で成功した(論文(3))。

(1) “Rationally Designing Bifunctional Catalysts as an Efficient Strategy To Boost CO₂ Hydrogenation Producing Value-Added Aromatics”, Yang Wang, Li Tan, Minghui Tan, Peipei Zhang, Yuan Fang, Yoshiharu Yoneyama, Guohui Yang, Noritatsu Tsubaki, ACS Catalysis, Vol. 9, 895-901, 2019

(2) “Metal 3D printing technology for functional integration of catalytic system”, Qinhong Wei, Hangjie Li, Guoguo Liu, Yingluo He, Yang Wang, Yen Ee Tan, Ding Wang, Xiaobo Peng, Guohui Yang, and Noritatsu Tsubaki, Nature Communications, Vol. 11, 4098, 2020

(3) “Integrated tuneable synthesis of liquid fuels via Fischer-Tropsch technology”, Jie Li, Yingluo He, Li Tan, Peipei Zhang, Xiaobo Peng, Anjaneyulu Oruganti, Guohui Yang, Hideki Abe, Ye Wang, Noritatsu Tsubaki, Nature Catalysis, 2018, Vol.1, 787-793, 2018; Nature, Vol. 561, 286, 2018(社説)