

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
年次報告書(探索研究)

令和元年度 研究開発年次報告書

平成 29 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：阿尻 雅文]

[東北大学・未来科学技術共同研究センター・教授]

[研究開発課題名：低温改質による C1 化学の低エネルギー化]

実施期間：平成 31 年 4 月 1 日～令和 2 年 3 月 31 日

§1. 研究開発実施体制

(1)「阿尻」グループ(東北大学)

① 研究開発代表者:阿尻 雅文 (東北大学・未来科学技術共同研究センター・教授)

② 研究項目

- ・酸素ナノキャリア材料の性能向上
- ・酸素キャリアの再生プロセス開発
- ・固定層反応試験と速度論評価

(2)「福島」グループ(東北大学)

① 主たる共同研究者:福島 康裕 (東北大学 大学院工学研究科、教授)

② 研究項目

- ・メタノール以外の基礎化学品製造プロセスへの適用による効果検討

(3)「菊池」グループ(東京大学)

① 主たる共同研究者:菊池 康紀 (東京大学 国際高等研究所 サステイナビリティ学連携研究機構、准教授)

② 研究項目

- ・予備的プロセスシミュレーション

(4)「清水」グループ(新潟大学)

① 主たる共同研究者:清水 忠明 (新潟大学 自然科学系・工学部、教授)

② 研究項目

- ・小型流動層リアクターの設計及び試作機による流動試験

§2. 研究開発実施の概要

本研究開発で提案する C1 化学プロセスの低エネルギー化のためには、技術アセスメントで示された様に、酸素キャリアを利用した反応場分離により熱力学的平衡を打破し、500℃以下の低温において、高いメタン転化率を実現する必要がある。本年度の研究開発においては、これまで CeO_2 系酸素キャリアで確認されていた水熱有機修飾法を利用した露出結晶面制御による性能向上を、Fe-Zr 系酸素キャリアに展開し、酸素貯蔵放出能の更なる向上に成功した。

また、これまでの繰り返し反応試験においては、高い活性を有する露出結晶面制御酸素キャリアの顕著な劣化は確認されていないが、劣化が生じた場合においても、露出結晶面を再生し酸素ナノキャリアの酸素貯蔵放出能を回復させることができる、水熱有機修飾法を利用した酸素ナノキャリアの露出結晶面制御プロセスを開発した。

さらに、酸素メタン転化率100%となるリアクター設計のため、酸素キャリアを充填したリアクターにメタンを連続的に供給し、出口ガス組成の時間依存性を取得することで、400℃の低温条件においても、酸素キャリア中のメタン改質反応に寄与する酸素が十分に存在する条件では、100%近いメタン転化が実現しうることを実験的に確かめた。加えて、2塔式流動層装置による実験を通じて、粒子の円滑な循環と、2塔それぞれからのガスが相互に混入しないための運転条件を得た。流動層実験では、従来の1段流動層に加えて、粒子滞留時間分布を狭めるための上下2段分割型流動層も用いて、粒子の円滑な循環流動が達成できた。

技術アセスメントにおいては、メタノール以外の基礎化学品製造プロセスへの本手法の適用による効果を検討し、他のプロセスと組み合わせた水素生産技術としての本研究課題の価値が得られることなどを明らかにした。さらに熱交換ネットワークによる熱利用の最適化手法も検討や、燃料消費や未利用の過剰な熱の発生の削減量の定量化も行った。