

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 2 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名: 林 潤一郎]

[所属: 九州大学 先導物質化学研究所・教授]

[研究開発課題名: 熱化学再生型バイオマスガス化の開発と実証]

実施期間: 令和 5 年 4 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究開発実施体制

(1) 九州大学グループ

① 研究開発代表者: 林潤一郎 (九州大学先導物質化学研究所、教授)

② 研究項目 (2023 年度)

1. カリウムを触媒とする熱分解・ガス化法の開発 (ラボスケール)
 - 1.1. カリウム触媒担持法の開発 (2022 年度に完了)
 - 1.2. 熱分解法の開発 (2022 年度に完了. ただし、カリウム触媒存在下の熱分解反応機構解明を追加課題とした)
 - 1.3. 改質ガス化法の開発
「MS5: カリウムが触媒となるガス化反応速度論の定量化」は 2022 年度に前倒して到達したので本報告書には内容を記載しない. ただし、カリウム触媒の化学形態等に関する検討 (追加課題) の成果を本報告書に述べる.
2. ベンチスケール試験研究
 - 2.1. 熱分解試験研究 (2022 年度に完了)
 - 2.2. 熱分解・改質ガス化試験研究
MS9: 連続熱分解・改質ガス化におけるカリウム触媒リサイクルの実証 (成果を本報告書に述べる)
 - 2.3. カリウムリサイクル・再生法開発
MS8: 反応系からのカリウム触媒回収および再生の実証 (成果を本報告書に述べる)
3. 熱化学再生型ガス化プロセス設計
 - 3.1. プロセスシミュレーション (2022 年度に完了)
 - 3.2. 熱分解炉設計 (2022 年度に完了)
 - 3.3. 改質ガス化炉設計
「MS13: 改質ガス化炉・プロセスの概念設計 (ver.1) 完了」は本年度に設定したが、2022 年度に前倒して到達したので本報告書には内容を記載しない.
 - 3.4. シフト反応器設計
「MS14: シフト反応器・プロセスの概念設計 (ver.1) 完了」は本年度に設定したが、2022 年度に前倒して到達した (プロセスシミュレータへの組み込み済) ため、本報告書には内容を記載しない.
 - 3.5. 熱再生プロセス設計
「MS15: 熱再生器・プロセスの概念設計 (ver.1) 完了」は本年度に設定したが、2022 年度に前倒して到達した (プロセスシミュレータへの組み込み済) ため、本報告書には内容を記載しない.
4. サプライチェーン・ビジネスモデル検討
 - 4.1. バイオマス原料供給モデル検討 (2022 年度に完了)
 - 4.2. サプライチェーンの検討
MS18: サプライチェーンおよびビジネスモデル (Ver.1) 提示 (成果を本報告書に述べる)
 - 4.3. バイオマスガス化実装のための制度検討
MS19: BTC 実装・普及のための政策・制度提案 (成果を本報告書に述べる)

※上記の項目はいずれも本研究開始当初に計画した当該年度の実施項目である。MS を付した項目は研究提案時に設定したものは 2023 年度上半期あるいは下半期までに到達すべきマイルストーンを設定したものである。MS の後に付した数字は MS の通し番号である。当初に設定した各マイルストーンおよび到達時期の一覧を参考資料として本報告書の末尾に示した。

§2. 研究開発成果の概要(800字以内)

ラボスケール研究では、 K_2CO_3 担持バイオマス熱分解反応機構の解明とチャー CO_2 ガス化におけるカリウム(K)触媒の化学的挙動の解明に取り組み、K担持によるタール生成量低減を、K担持率と H_2O 、 H_2 および炭化水素ガス発生を伴う架橋形成の量的関係、架橋形成量とタール生成量の関係に基づいて定量的に説明した。熱分解中の K の化学形態、触媒 (K_2CO_3 、 KOH および K アルコキシド) が関与する架橋形成反応機構も明らかにした。チャーのガス化については、K は K_xO_y (ただし、総括の $y/x < 0.5$) と K_2CO_3 の 2:1 混合物(K基準)としてガス化を触媒すること、K触媒添加によって 99%ガス化に要する時間の短縮度を最大で 2,150 倍にできることを明らかにした。

ベンチスケール研究では二つのモード、すなわち熱分解炉から供給するチャー粒子層を固定層として操作する(チャーの抜き出し無し)モードおよびチャーとカリウム触媒をリサイクルする移動層モードで試験を行った。固定層モードでは、前年度実証した水蒸気/酸素(O_2)を酸化剤とする方式に続いて CO_2/O_2 を採用した場合の性能を調べ、反応条件(CO_2/C 比、 O_2/C 比、ガス化・改質温度、K担持率)と原料バイオマス炭素のガスへの転換率の関係を明らかにし、定常炭素転換率 100%、合成ガス中重質タール濃度 0.08–0.7 mg/Nm³-dry、軽質タール濃度 < 0.6–9 mg/Nm³-dry、炭化水素濃度 < 2.1 vol%を実証した(当初目標値を全てクリアした)。さらに、固定層モードがガス化改質炉の断熱操作を模擬できていること、固定層から回収したチャー中の K 触媒が上述したのとほぼ同組成の K_2CO_3 : K_xO_y 混合物であることも明らかにした。移動層モードでは、移動層からのチャー抜き出し、チャー水洗によるカリウム回収、原料・チャーへの K_2CO_3 : KOH 担持、K担持原料・チャーの熱分解炉への併給を全て満足した条件下で、炭素転換率 100%、合成ガス中総タール濃度 < 1 mg/Nm³-dry、冷ガス効率 > 96%-LHV を達成した。

【代表的な原著論文情報(2023年度)】

A. Wibawa, S. Kudo, S. Asano, Y. Dohi, T. Yamamoto, J.-i. Hayashi. *Control of Reactivity of Formed Coke from Torrefied Biomass by Its Washing with Torrefaction-derived Acidic Water. ISIJ international* **2023** 63, 1545–1556.