

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(探索研究期間)

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]

[国立大学法人 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4年4月1日～令和5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 (2022 年度)

1. カリウムを触媒とする熱分解・ガス化法の開発
 - 1.1. カリウム触媒担持法の開発
 - 1.2. 熱分解法の開発
 - 1.3. 改質ガス化法の開発
2. ベンチスケール試験研究
 - 2.1. 熱分解試験研究
 - 2.2. 熱分解・改質ガス化試験研究
(MS2: 熱分解特性およびチャーガス化特性を踏まえたカリウム担持率(範囲)の決定)
 - 2.3. カリウムリサイクル・再生法開発
(MS7: 連続熱分解・改質ガス化シーケンスの実証)
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
 - 3.2. 熱分解炉設計
(MS12: 熱分解炉・プロセスの概念設計)
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
(MS17: スギを想定したバイオマス供給モデルの構築)

※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当該年度末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。

§2. 研究開発成果の概要

前年度までのラボスケール研究(カリウム(K)担持バイオマス熱分解、熱分解によって生成するチャーのガス化)の成果を踏まえてベンチスケール研究を展開した。K 担持バイオマスの連続熱分解(スクルーコンベア型反応器)では、K 担持率を $> 1 \text{ mol-K/kg}$ -原料とすることによって重質タール収率を 1 wt%未満(低減率 $> 95\%$)に低減できることを実証し、タール生成抑制が架橋形成促進によることをモデルによって定量的に説明した。熱分解反応器と揮発成分改質・チャーガス化反応器を連続した装置を用いて実施した試験では、プロセスシミュレーションによって導出した冷ガス効率 $> 95\%$ -LHV を満足する条件(酸素/炭素比、水蒸気/炭素比、ガス化改質温度)の範囲内でバイオマス炭素転換率 $\approx 100\%$ 、合成ガス中重質タール濃度 $< 5 \text{ mg/Nm}^3\text{-dry}$ 、炭化水素ガス濃度 $< 3 \text{ vol}\%$ -dry-合成ガスを同時に満足できるかどうかを調べた。まず、水蒸気と酸素を酸化剤とし

た場合に、ガス化改質温度=720°Cにおいて上記条件をいずれも満足する反応成績を得ることができた。さらに、CO₂と酸素を酸化剤とした場合、ガス化改質温度=730°Cにおいて、上記条件を全て満足しただけでなく、重質タール濃度 0.2 mg/Nm³-dry、軽質タール濃度<5 Nm³-dryという目標を大きく上回る反応成績を達成した。このときのCO収率は原料炭素基準で100%前後であり、CO₂と酸素を酸化剤とすることにより carbon negativity が極めて高いガス化が実現できることを示した。ガス化の経済性を高めるための検討も行った。酸触媒(硫酸)を少量担持したバイオマスの低温熱分解(≈300°C)によって無水単糖(レボグルコサン・レボグルコセノン;セルロース基準収率33%)、フラン類・フェノール類を得る¹⁾とともに、熱分解後の固体の粉砕・熱間成型・炭化によって高強度コークスを製造できることを示した。^{1,2)} この逐次プロセスによってコークス(クリーンガス化原料、製鉄用還元材)と有用化学物質を併産する新プロセスを提案し、関連する特許を出願した。

【代表的な原著論文情報】

F. Wei, S. Kudo, J.-i. Hayashi. Staged Pyrolytic Conversion of Acid-Loaded Woody Biomass for Production of High-Strength Coke and Valorization of Volatiles. *Energy & Fuels* 2022, 36, 6949-6958

A. Wibawa, U.P.M. Ashik, S. Kudo, S. Asano, Y. Dohi, T. Yamamoto, Y. Kimura, X. Gao, J.-i. Hayashi. Preparation of Formed Coke from Biomass by Sequence of Torrefaction, Binderless Hot Briquetting and Carbonization. *ISIJ Int.* 2022, 62, 1629-1683.