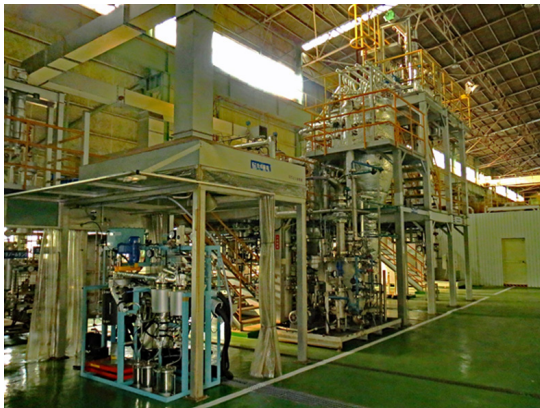


木質バイオマスからのジェット燃料製造技術の開発

Development of Jet Fuel Production System from Woody Biomass



山元 崇*¹
Takashi Yamamoto

藤井 篤*²
Atsushi Fujii

菱田 正志*³
Masashi Hishida

篠田 克彦*⁴
Katsuhiko Shinoda

BTL (Biomass to Liquid) はバイオマスから液体燃料を合成する技術であり、環境に優しいクリーンな燃料の製造法として注目を集めている。本研究開発では将来の大量供給のためのスケールアップに適した部分酸化式噴流床バイオマスガス化炉を開発した。また、高選択性FT (Fischer-Tropsch) 合成触媒・プロセスを実際に組み合わせたバイオマスガス化-FT合成一貫試験を行い、各種木質バイオマスからのバイオジェット燃料製造システムの成立性を実証した。

1. はじめに

BTL (Biomass to Liquid) の実用化に向けては全体プロセスとしての最適化が必要である。本研究開発では液体燃料合成触媒の研究開発で実績を有する富山大学と共同で、付加価値の高いバイオジェット燃料製造トータルシステムの研究開発を行った。

国際民間航空機関 (ICAO)、国際航空運送協会 (IATA) は航空機から排出される CO₂ 削減に取り組んでおり、2020 年から航空機 CO₂ 排出量への上限設定等を目標としている。目標実現にはバイオ燃料導入が必要不可欠である。

液体バイオ燃料としてはバイオエタノールなどのアルコール燃料が広く知られているが、単位質量当たりの発熱量が小さく、ジェット (航空用) 燃料としては不適である。そのため、バイオジェット燃料として動植物油、もしくは FT (Fischer-Tropsch) 合成による BTL の適用が検討されている。動植物油では藻類を起源としたバイオジェット燃料の開発プロジェクトが複数進行中であるが、大量供給に向けては大規模培養や精製プロセスの効率向上など様々な課題がある。一方 BTL によるジェット燃料製造はスケールアップが容易であり、需要増加に対応した大量供給が可能な製造技術として有望視されている。

2. バイオジェット燃料製造プロセスの開発

FT 合成によるバイオジェット燃料製造プロセスを図1に示す。木質バイオマスは粉碎された状態でガス化炉に投入され、H₂ と CO を主成分とする合成ガス (Syngas) となる。ガス化炉で生成されたガスは、冷却・精製工程を経て液体燃料合成プロセスへ供給される。FT 合成反応を迅速に進行させるため、H₂ と CO の分圧が高くなるよう、昇圧機で常圧から昇圧して供給する。また、反

*1 総合研究所伝熱研究部 主席研究員 技術士 (機械部門)

*2 総合研究所伝熱研究部

*3 三菱日立パワーシステムズ (株) ボイラ技術本部ボイラ開発部 技師長

*4 三菱日立パワーシステムズ (株) ボイラ技術本部ボイラ開発部 主幹技師 技術士 (機械部門)

応に寄与しない CO₂ は昇圧後、脱炭酸にて回収する。FT合成によって生成された炭化水素に水素を添加し、イソパラフィンを生成させる異性化プロセスから蒸留工程を経て、軽質油、ジェット燃料、ワックスといった製品を回収する。

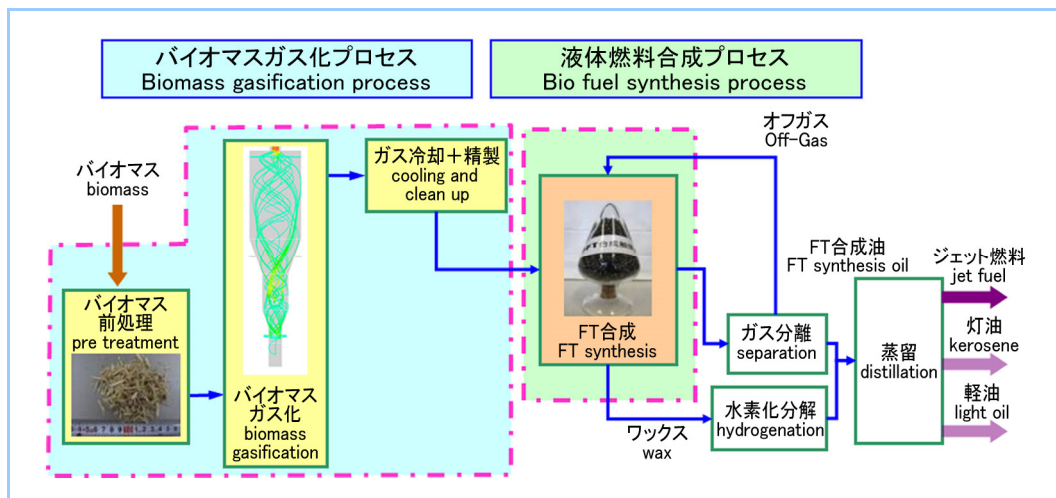


図1 バイオジェット燃料製造プロセス

2.1. バイオマスガス化炉の開発

バイオマスガス化プロセスには噴流床型ガス化炉を適用した。噴流床型ガス化炉は、高速でガス化を行うため比較的コンパクトであり大容量化が容易であることや、高温でのガス化によりタール発生量を低減可能であることが、バイオ燃料合成に適しているからである。

ガス化炉は図2に示すように形状を段階的に変化させる構造により、化炉下部の断面積を化炉上部に比べて小さくしている。この形状の効果によりガス化炉内のガス上昇流速(空塔速度)が化炉下部で大きく、化炉上部では小さくなる。図2には CFD で予測した化炉内でのバイオマス粒子挙動を併せて示している。化炉下部はガス流速が大きいいため大粒子の炉底への落下が防止され、化炉上部はガス流速が遅いため、小粒子のみが気流に随伴される特性を持たせている。未反応の大粒子や、反応に時間を要する原料は反応が完結するまで化炉内で循環して滞留し、十分小さな粒子となってから排出されるため、様々な性状を持つバイオマス原料に対して高い炭素転換率を得られる。

図3に各種大粒径バイオマス原料の炭素転換率を示す。原料の種類やガス化炉の運転条件(O₂/C)に関わらず、95%以上の高い炭素転換率を実現することができた。

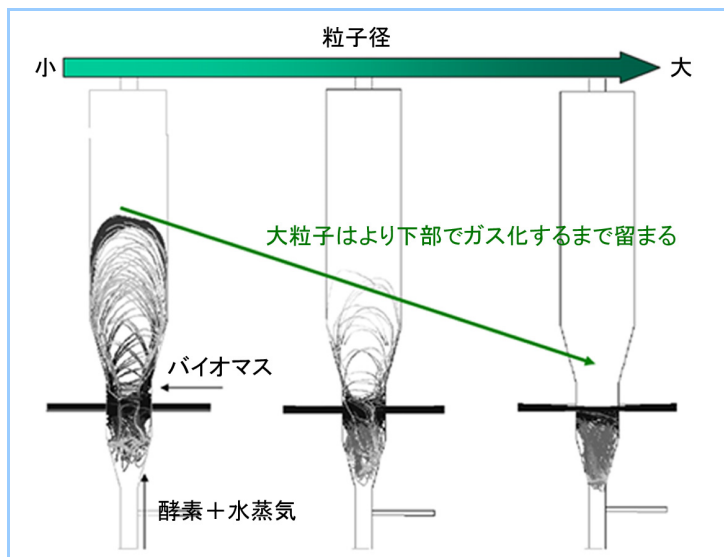


図2 ガス化炉内のバイオマス粒子挙動

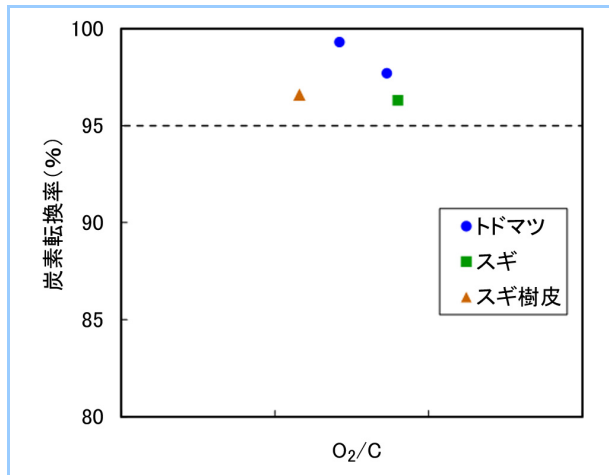


図3 各種バイオマスの炭素転換率

2.2. FT合成触媒・プロセスの開発

FT合成はカルベン(CH₂)の重合反応であり、得られた炭化水素はASF (Anderson-Schultz-Flory) 則に従い、C6-C8近傍に極大値を持つ山型の分布になる。ジェット燃料はC8-C16が主要な留分であり、その選択率を最大限に引き上げるためにはASF分布を打破する必要がある。今回のプロジェクトで共同研究を実施した富山大学の椿教授ら⁽²⁾は原料となる合成ガスに少量の1-オレフィンを添加し、更に高い選択性を有する触媒により世界初のAnti-ASF分布を実現するFT合成触媒・プロセスを開発した。

2.3. バイオマスガス化-FT合成一貫試験

本研究で開発したガス化炉及びFT合成触媒・プロセスを組み合わせ、バイオマスガス化-FT合成一貫試験を実施した。当社総合研究所(長崎地区)に設置されたバイオマスガス化-FT合成試験設備(図4, 表1)を使用し、2012~15年度に計4回の一貫試験を実施した。

図5に一貫試験で得られたFT合成油及びその炭素数分布の一例を示す。本プロセスにより高いジェット燃料留分(C8-C16)収率(約70%)が確認できた。また約100時間の実ガスによるガス化-FT合成一貫運転を実施し、触媒性能の劣化傾向が見られないことを確認した。

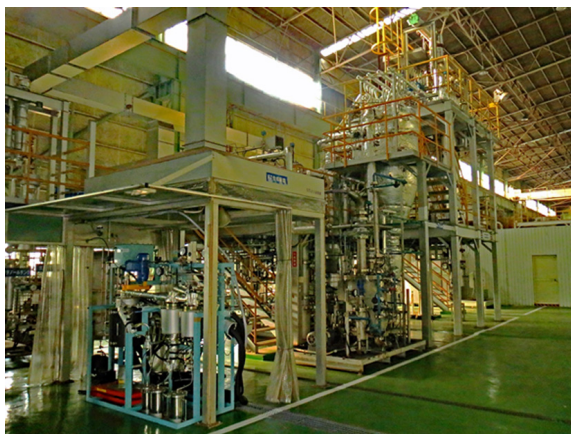


図4 バイオマスガス化-FT合成一貫試験設備

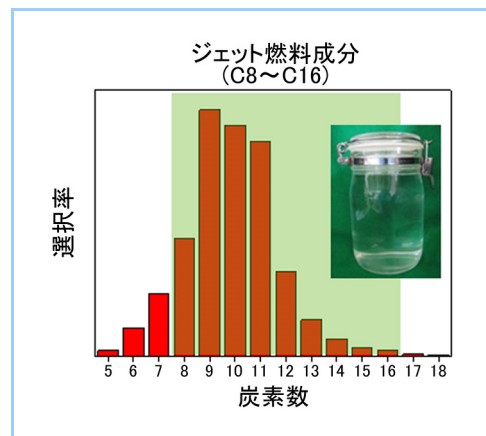


図5 FT合成油及びその炭素数分布

表1 バイオマスガス化-FT合成一貫試験設備仕様

ガス化炉	バイオマス処理量	240kg/日
	方式	常圧噴流床部分酸化
	ガス化剤	酸素・水蒸気
FT合成装置	方式	スラリー床触媒方式

2.4. バイオジェット燃料製造プロセスの検討

ここまでの研究開発結果を反映し、プロセスシミュレータを用いてFT合成油の精製システムを含むバイオジェット燃料製造プロセスモデルを構築し、実証規模(バイオマス処理量 20t/日)での物質収支を評価した。図6にプロセスの熱収支(投入バイオマス化学熱ベース)を示す。バイオマスの発熱量の37%をバイオ燃料(ジェット燃料+ワックス+軽質油)に転換し、更にオフガス(CH₄及びCOが主成分)を有効利用すれば55%が回収可能である。

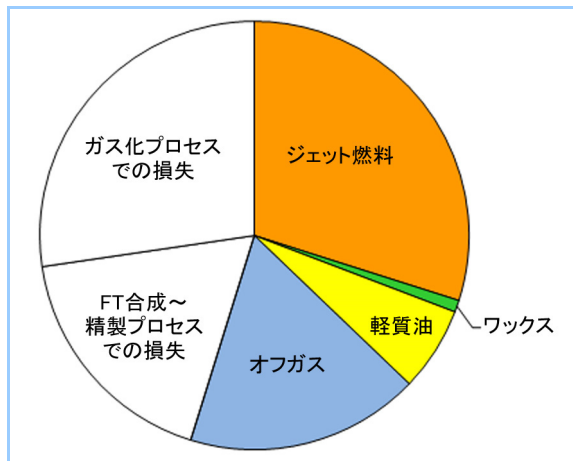


図6 バイオジェット燃料製造プロセス 熱収支

3. まとめ

当社及び三菱日立パワーシステムズ(株)では食料生産と競合しない第3世代バイオ燃料の製造技術としてバイオマスからの液体燃料製造技術(BTL)の開発に取り組んでいる。今回は木質バイオマスからのジェット燃料製造技術についてガス化プロセスとFT合成プロセスと組み合わせた一貫試験により、その成立性を確認した。

特に、2020年以降、航空用代替バイオ燃料の確保が重要になると見込まれており、経済産業省により“2020年オリンピック・パラリンピック東京大会に向けたバイオジェット燃料の導入までの道筋検討委員会”が組成され、国産バイオ燃料導入に向けた動きが活発となっている。

本研究は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受けバイオマスエネルギー技術研究開発/戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業(次世代技術開発)として2012～2015年度に実施されたものである。

参考文献

- (1) 菱田 正志ほか, バイオマスガス化による液体燃料などの化成品原料ガス製造技術, 三菱重工技報 Vol.48 No.3 (2011), p41～45
- (2) Tsubaki, N. et al., Anti-ASF Distribution of Fischer-Tropsch Hydrocarbons in Supercritical Phase Reaction, J. Catalysis, Vol.207, (2002), p 371～375