

CO₂を原料とした液体合成燃料の開発 —FT触媒およびFT反応器設計についてのアプローチ—

- ◇ 温室効果ガスの排出削減及び新たな資源の確保という2つの課題解決を両立させる技術として、CO₂を原料とした液体合成燃料が期待されている。
- ◇ JPECでは、2021年より新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の研究開発事業に参画し、他の参画機関と連携して再エネを利用した合成ガス製造と液体化石燃料に最も親和性が高いフィッシャー・トロプシュ（FT）合成を組み合わせた「液体合成燃料一貫製造プロセスに関する技術開発」と「液体合成燃料の利用技術に関する研究開発」を開始した。
- ◇ 本レポートでは、液体合成燃料製造プロセス技術の基盤研究開発におけるFT触媒およびFT反応器設計のアプローチについて、JPECの取り組みを紹介する。

1. はじめに

温室効果ガス（GHG）の排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルの実現が喫緊の課題となっている。CO₂と再生可能エネルギー由来電力等から得られるグリーン水素を原料とした合成燃料（e-fuel）は、エネルギーにおけるカーボンニュートラル化対策の1つとしてGHG排出削減への貢献が期待されており、欧米を中心として技術開発・実証事業が広がっている。合成燃料を巡る世界の政治的な動きに目を向けると、2021年7月に欧州委員会では、2035年以降エンジン車の新車販売を認めない方針を示していたが、ドイツ、イタリアなどの複数国からの反対を受け、2023年3月には100%カーボンニュートラルであるe-fuelを使用する場合に限り、2035年以降もエンジン車の販売を容認する方針へと転換した。

わが国の合成燃料に関わる最近の動向としては、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」¹⁾において、燃料のカーボンニュートラル化が「成長が期待される14分野」の中に取り上げられ、2030年までに高効率かつ大規模な製造技術を確立し、2030年代に導入拡大・コスト低減を行い、2040年までの自立商用化を目指す方向性が示された。気候変動問題への対応に加え、エネルギーの安定供給確保と経済成長を同時に実現するための取組みがまとめられた「GX実現に向けた基本方針」（2023年2月閣議決定）²⁾の中でも、官民協議会にて合成燃料（e-fuel）等の技術的・経済的・制度的課題や解決策を集中的に議論し、多様な製造アプローチ確保のための技術開発促進や実証・実装フェーズに向けた製造設備への投資等への支援を行うとされている。

合成燃料の導入促進に向けた官民協議会の「2023年 中間とりまとめ」（2023年6月）³⁾で示された商用化に向けたロードマップでは、2025年より製造を開始し、2030年代前半までに商用化を目指す、さらなる加速化が示されており、このロードマップに沿う形で、2022年度～2028年度の計画で「NEDO グリーンイノベーション（GI）基金事業／CO₂等を用いた燃料製造技術開発プロジェクト」として、高効率かつ大規模な製造プロセスを確立するための技術開発が開始された⁴⁾。一方で「NEDO 交付金事業／CO₂からの液体合成燃料一貫製造プロセス技術の研究開発」⁵⁾では、2020年度～2024年度の計画で合成燃料の製造効率を高めて低コスト化を実現する次世代 FT 合成プロセスの研究開発を行っており、一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター（JPEC）では本交付金事業に参画して CO₂を原料とした液体合成燃料の開発を進めている。

2. CO₂を原料とした液体燃料合成の取り組み

前述の「NEDO 交付金事業／CO₂からの液体合成燃料一貫製造プロセス技術の研究開発」（以下、本交付金事業）は、①「次世代 FT 反応の研究開発」、②「再エネ由来電力を利用した液体合成燃料製造プロセス（以下、一貫製造プロセス）の研究開発」および③「SOEC 共電解実用化の研究開発」という3テーマからなる研究開発を実施している。テーマ①では CO₂を含む合成ガスから一段で効率良く FT 合成を行う技術や生成物の選択性制御技術およびそれらの実用化を、テーマ②では再エネ由来電力を利用した CO₂からの合成ガス製造と液体化石燃料と最も親和性が高い FT 合成を組み合わせた液体合成燃料一貫製造プロセス及びその合成燃料の利用技術を、テーマ③では一貫製造プロセスに適用する SOEC 共電解モジュールやシステムのための実用化をそれぞれ実施している。産官学が連携する形で、当初はテーマ①と②について7機関体制でスタートし、2023年10月からは新たにテーマ③が NEDO 交付金事業に採択され⁶⁾、新たに4機関を加えた11機関に体制を強化して、現在研究開発を進めている。

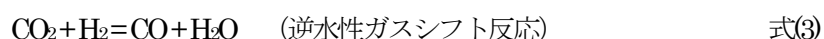
JPECでは、本交付金事業において国立研究開発法人産業技術総合研究所（産総研）と協働し、一貫製造プロセス及びその合成燃料の利用技術開発を担当している。

3. CO₂を原料とした液体燃料合成における FT 合成の技術課題

CO₂を原料とした液体燃料合成では、その原料の供給や合成ガスの製造工程をはじめとする製造プロセスが、従来の石炭や天然ガスを原料とする場合と大きく異なってくる。ここでは、FT 合成の基礎を説明したうえで、FT 反応器の開発動向について紹介する。

3.1 FT 合成とは

FT 合成は、一酸化炭素、二酸化炭素および水素を原料として各種炭化水素を合成する反応で、次のような式(1)～(3)の反応式で示される。



一酸化炭素を原料とする場合は、触媒の種類によって式(1)および(2)によって反応が進行し、それぞれパラフィン、オレフィンおよび水を生成する。また、二酸化炭素を原料とする場合は、式(3)の逆水性ガスシフト反応によって一酸化炭素が生成し、続いて式(1)および(2)によって FT 合成が進行する。

FT 合成に高い活性を示す触媒としては、Fe、Co または Ru 触媒が良く知られている。これらの中で多く用いられているのは、比較的入手が容易で商業運転の実績がある Fe および Co 触媒である。Fe 触媒では、主に 300°C 程度の比較的高温で H₂/CO 比の低い (≒1) 石炭由来の合成ガスを原料として反応が行われるため、生成物にはオレフィンを多く含む。一方、Co 触媒は H₂/CO 比の高い (≒2) 天然ガス由来の合成ガスを原料として、200°C から 250°C の温度で反応が行われ、直鎖パラフィンを効率よく生成する。さらに高温になるとメタンの生成が顕著となる⁷⁾。

反応機構としてはいくつか提案されているが、基本的には式(4)に示したような触媒上で解離した CO に水素が付加し、生成した触媒上の CH_x 種が付加重合する反応であるとみなすことができる。図1に触媒表面上での FT 合成のイメージを示す。

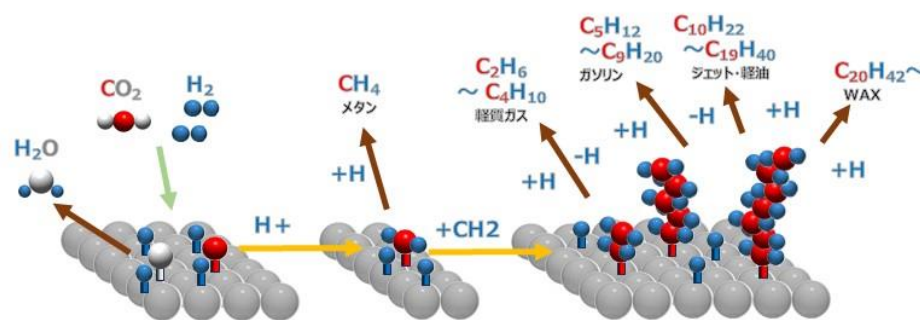
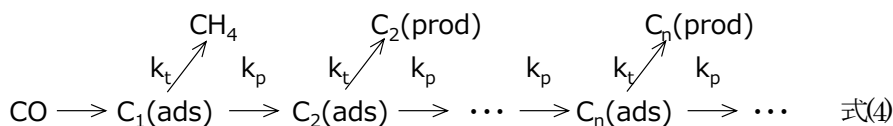


図1 触媒表面上での FT 合成

ここで、 k_t 、 k_p はそれぞれ連鎖停止反応および連鎖成長反応の速度定数であり、炭素鎖が長く伸びていく確率、すなわち連鎖成長確率 α は、 $\alpha = k_p / (k_p + k_t)$ で表される。これは、図2に示す通り、FT 合成の生成物分布が Anderson-Schulz-Flory (ASF) 分布則に従うことを意味している。つまり、触媒によって連鎖成長確率 α の値は制御可能であるが、 α に対して生成する炭化水素の分布は決まるため、この基本となる反応機構に従う限り、目的とする炭化水素留分のみを選択的に生成することはできない⁸⁾。

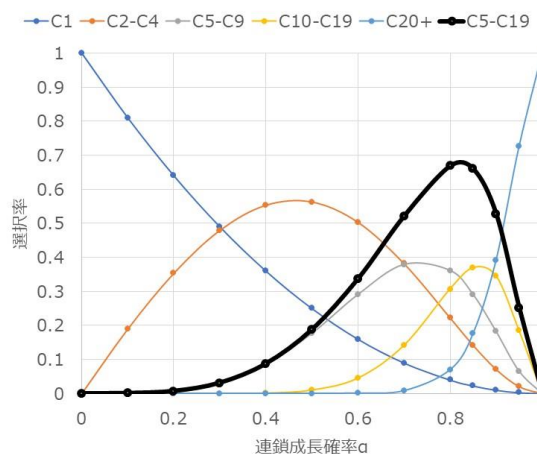


図2 ASF 分布から求められる各生成物の収率と連鎖成長確率との関係

3.2 FT反応器の開発動向

FT合成は、1920年代にドイツのFischerとTropschによってCoおよびNi触媒上で一酸化炭素と水素が反応して長鎖の炭化水素が合成されることが発表され、石炭合成ガスから液体燃料を合成したことに始まる。その後、Sasol（南アフリカ）、Shellを中心に、石炭や天然ガスを原料として固定流動床、多管熱交換型固定床や懸濁床の反応器を用いて、南アフリカ、マレーシア、カタール、中国で工業化されている。日本においても日本GTL技術研究組合が設立され、2002年北海道、2009年新潟において、天然ガスから得た合成ガスを原料とした懸濁床反応器によるパイロット運転が行われた。これらのFT合成では、多量の原料を用いて合成油を製造するため、プラント規模が大きい方が生産効率の面で有利である。例えばSasolのFT反応器では、固体流動床反応器は現在1機あたり約20,000 BPDの生産能力に到達しており、南アフリカ共和国のセクンダにあるCTL (coal to liquid)プラントでは9基の固定流動床反応器が稼働し日量180,000 BPDの液体燃料生産能力を有する。またカタールとナイジェリアに建設したFT合成プラントでは2基のスラリー床反応器が導入されており、日量当たり34,000 BPDの生産能力を有すると公表されている⁹⁾。

一方、近年注目されているCO₂を原料としてカーボンニュートラルな合成燃料を製造する場合では、CO₂と水を再生可能エネルギーによって電解することで得られる水素と一酸化炭素が原料となる。よって、CO₂および再生可能エネルギー確保の観点から、比較的小規模なプラントが適するケースが多くなると想定されるため、装置の大型化による効率化ではなく、触媒を含めたコンパクトかつ効率的な反応器設計が重要となってくる。世界で開発されている小型FT反応器について、以下に紹介する。

2006年に創設されたCompactGTL（英）が開発を進めているFT合成プロセスは、マイクロリアクターから構成される反応プロセスを2ステージで構成し、2ステージ式反応器を複数個並列に接続したマイクロプラントを設計している。これにより触媒寿命が延び、運転コストの低減に成功している。また、生成物の一部をオートサーマル改質反応（ATR）へのリサイクルに回すことで90%を超える全体の変換効率および74,000時間を超える連続運転の実績を有すると公表している。カザフスタンにマイクロリアクターを用いた商用GTLプラントを建設しており、2,500 BPDの合成原油の生産能力を有する。

Velocys（英）は2001年に創設され、2010年にオーストリアで最初のパイロットプラントのデモンストラーションを実施した。商業用反応器と触媒の製造に成功しており、オクラホマ州に設置したGTLプラントでは200 BPDの生産能力を実現している。また、Velocysでは木材バイオマスを液体燃料に転換するBTL (biomass to liquid)事業への展開も行っている。

Greyrock Energy（米）では、自社で開発した技術についてRocky Mountain Clean Fuels（米）、Expander Energy（米）等と技術供給契約を締結することで業務展開を行っている。2011-2013年には、オハイオ州トレドのプラントで30 BPDの燃料製造に成功している。また、Greyrock Energyの開発するDirect Fuel Production™は50 BPDから5,000 BPDの生産能力を有すると公表している⁹⁾。

BP（英）はJohnson Matthey（英）と協力し、コンパクトなGTLプロセスを開発している。FT合成装置は、積み重ねて使用する“CANS”と呼ばれるコンパクトなラジアルフロー型反応器をはじめ、BPの固定床FT合成技術を基に開発しており、2001年に稼働させた最初のプラントでは、300 BPDのFT合成油の製造実績を得ている¹⁰⁾。

その他、移動可能なモジュラー方式を特徴とする小型 GTL 装置を開発している Primus Green Energy (米)、プレート触媒と熱交換媒体層を重ね合わせたコンパクトなモジュラー型反応器を開発している INERATEC (独)、従来の固定床管状反応器をコンパクト化および効率化させた Emerging Fuels Technology (米) などがある。

4. ハイブリッド FT 触媒開発

一貫製造プロセスの研究開発では、固定床式の FT 反応器を採用し、高効率な合成燃料の製造を目指すこととした。JPEC では、FT 合成の効率化を目指し、産総研と協働してハイブリッド FT 触媒を用いた FT 反応器の設計および製作に取り組んでいる。

4.1 生成物選択性制御への取り組み

効率的な液体合成燃料製造のためには、ガソリン・ナフサ留分 (C5~C9 炭化水素化合物) およびジェット燃料・灯油留分 (同 C10~C19) 収率を最大化することが求められる。しかしながら、既述の通り、FT 合成によって生成する炭化水素は ASF 分布則に従うため、図 2 からわかる通り、目的とする C5 から C19 までの液体炭化水素の選択率は最大でも約 70% である。これまでも ASF 分布則に従わない触媒研究が行われているが、ASF 分布則を破ったという報告は少ない。

その中で、生成物選択性の制御を試みた研究例について紹介する。J.Li らは、メソ細孔が付加された Y 型ゼオライトをコバルトナノ粒子ならびに希土類助触媒と組み合わせ組成比率などを制御することで、それぞれガソリンで 74%、ジェット燃料で 72%、ディーゼル燃料で 58% という優れた選択率が実現されるとし、液体燃料のタイプは、ゼオライトの空隙率と酸特性を制御することによって容易に調節できることを報告している¹¹⁾。また、A. M. Subiranas は、1 つの反応器内で FT 合成と各種炭化水素反応が組み合わせられて起こる可能性を示している¹²⁾。白金 (Pt) /ゼオライト触媒上では、CO と H₂O の存在下において水素化、異性化、分解およびオリゴマー化反応が、FT 合成が進行する温度域において起こることを示した。この組み合わせにおいては、異性体炭化水素の分解反応に対する CO の影響により、ワックス留分 (C₂₁+) は部分的にしか分解されなかった。実験結果から、ゼオライトの種類と触媒の配置が、得られるディーゼル/ガソリン比に影響することも示しており、Pt/ベータゼオライトは Pt/ZSM-5 ゼオライト よりも高い異性化活性を、特にディーゼル留分において示した。ベータゼオライトは細孔が大きく、より大きな分子の拡散と形成を可能にする。ZSM-5 ゼオライトは、大きな炭化水素分子を分解してサイズを小さくし、小さな孔を通して拡散させる傾向があると考察している¹²⁾。

これらの文献情報を基に、JPEC では産総研と協働して、ガソリン・ナフサ留分 (C5~C9 炭化水素化合物) およびジェット燃料・灯油留分 (同 C10~C19) 収率の最大化を目標とし、その課題解決のアプローチとして、FT 触媒と水素供給能を持つ Pt を担持した酸触媒 (以下、二元機能触媒) とを組合せた触媒 (以下ハイブリッド FT 触媒) について検討することとした (図 3)。FT 触媒としては、組み合わせる二元機能触媒上で分解をはじめとする改質反応が進行することを期待し、比較的長鎖の炭化水素が生成し易い低温 FT 反応に焦点を当て、高活性を示す触媒として知られているシリカ担持 Co 触媒を基準とした。また、二元機能触媒には、生成するワックス分の分解に有効な触媒として報告され

ているシリカアルミナ担持 Pt 触媒¹³⁾を基準として、選択的に目的生成物を得られる触媒設計、触媒試作および評価を行っている。ここに本交付金事業の「次世代 FT 反応の研究開発」で得られた新たな知見を取り込み、将来の社会実装に向けた高効率な液体合成燃料製造に寄与する FT 触媒の開発を目指している。

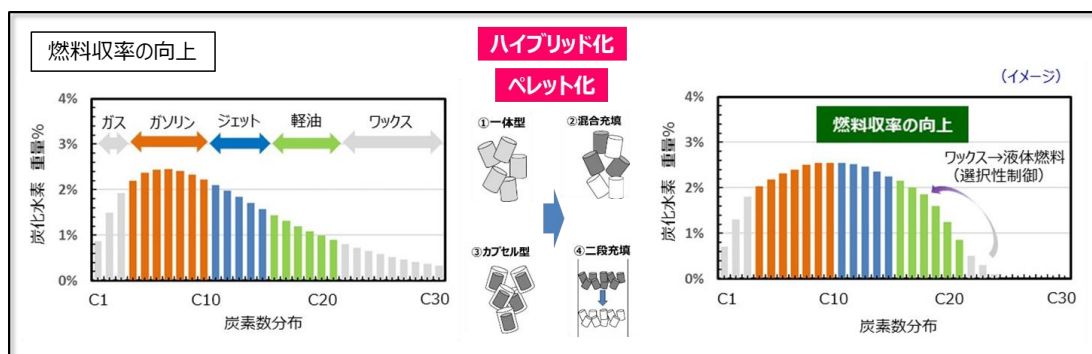


図3 FT触媒のハイブリッド化による燃料収率向上の概念

4.2 FT触媒の選定

シリカ担持 Co 触媒の最適化を図るため、図4にシリカ担体と Co 担持量について比較した結果を示す。液体炭化水素の生産が目的のため、この図では、CO 転化率が高くメタン選択性が低いことを示す右下側にプロットされる触媒ほど高性能であると言える。文献 14) によると、高純度のシリカが好適であるとのことから、富士シリシア化学株製の各種シリカに 15%Co を担持した青プロットを比較すると、通常触媒担体として用いられる Q シリーズよりも高純度である C シリーズが高性能であった。しかしながら高純度品 C は粒径 10 μm の微粉末状で、そのまま固定床反応器に用いることができないため、アルミナゾルを用いて押出成型した後評価したところ CO 転化率が大きく低下した (C-ALsol)。そこで、2つの方法で高純度化処理 (高 A、高 B) した Q10 を担体に用いて調製した Co 触媒を評価した結果、いずれも CO 転化率が同程度向上することを確認した。取り扱い等を考慮し、Co 系 FT 触媒に用いるシリカ担体には、高 B で示した高純度処理を行った Q10 を選定した。

また、Co 担持量が多いと CO 転化率およびメタン選択性ともに高くなるが、メタン選択性よりも CO 転化率の方が大きく向上しているため、液体炭化水素収量も多くなる。そこで、最も担持量の多い 33%Co/Q10 高純度処理 B を基準 Co 系 FT 触媒とした。

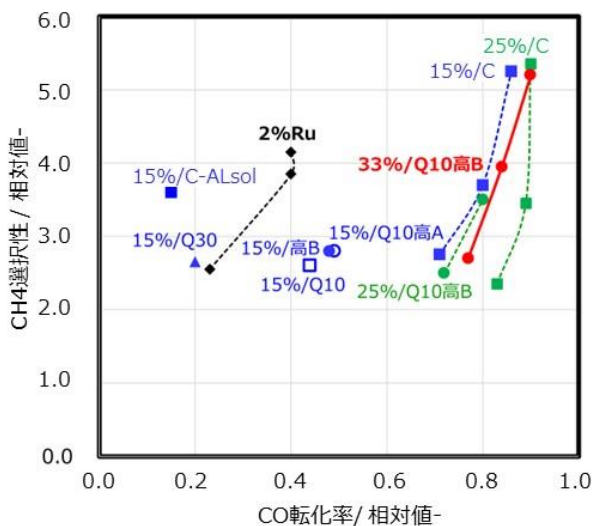


図4 Co/シリカ触媒の CO 転化率と CH4 選択性の関係

4.3 FT触媒と二元機能触媒の組合せ

図5は、産総研において、予め触媒粒子径（以降メッシュサイズ）を揃えた基準Co系FT触媒と、基準としたシリカアルミナをはじめ固体酸であるゼオライトにPtを担持し調製した二元機能触媒を1対1の重量比で均一に混ぜ合わせて、FT反応を行ったときの炭素数毎の液体生成油選択率を示している。黒線で示された基準Co系FT触媒単体では、ワックス分に相当する炭素数20以上の炭化水素が比較的多く生成しているのに対し、各種二元機能触媒を組み合わせた場合はワックス

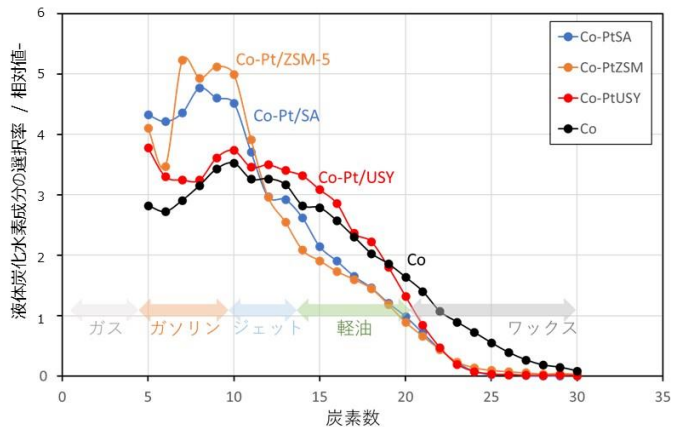


図5 基準Co系FT触媒と各種二元機能触媒を物理混合したときのFT反応による液体炭化水素の生成物分布

相当分が減少していることが分かる。また、組み合わせた二元機能触媒によって得られる液体炭化水素留分に違いが見られ、Pt/シリカアルミナ (SA) およびPt/ZSM-5ゼオライトでは主にガソリン留分が、またPt/USYゼオライトではジェットおよび軽油留分が、それぞれ基準Co系FT触媒単体よりも多く生成していることが分かる。これらの違いは、組み合わせる二元機能触媒の結晶構造や酸性質などの特性に起因しているものと推察される。

FT触媒のハイブリッド化では、効率的な液体合成燃料製造を行う観点から、組み合わせる二元機能触媒の種類のみならず、組み合わせ方（ペレット同士で混ぜ合わせる物理混合、FT触媒層に続いて二元機能触媒層を配列する二層式、またはより小さな粉体触媒同士を混合して一体成型する一体型など）や、それらの充填比率などを最適化する必要がある。

5. FT反応器の設計

本交付金事業では、生成物選択性制御を意図したハイブリッドFT触媒を用いて商業規模のプロセスを構築するため、FT反応器についても段階的にスケールアップを行い、最終的にパイロットプラント（準プラント級）で検討することを計画している。現在JPECでは、2kW級FTベンチ試験機（図6）を2022年度に完成し、試作した基準ハイブリッド触媒を用いてFT反応器の設計データ採取を開始した。FT反応器は熱媒によって加熱または除熱するジャケット式構造となっており、触媒充填高さは1.3mで、異なる径の反応器に取り換えて反応評価することが可能である。



図6 2kW級FTベンチ試験機(JPEC)

5.1 発熱を制御する反応器設計

固定床式 FT 反応器の設計において最も重要な課題の一つに、反応熱の制御が挙げられる。FT 合成は著しい発熱を伴う重合反応であることから、FT 反応器に充填された触媒層にホットスポットが生じないように適切に除熱をしながら、転化率が最大となるように線速度や滞留時間を最適化する等の課題に対応した FT 反応器設計が求められる。具体的には、反応熱制御に必要な伝熱面積（リアクター長・径・本数）、触媒活性の制御による発熱の抑制および触媒充填方法などの検討が必要となる。

発熱制御の難しさは、2kW 級 FT ベンチ試験機の運転条件検討時に直面することとなった。前処理を行った後、合成ガスの流通下で昇温を行うが、170~180°C に達するとメタンの生成が始まり反応が開始する。その後、昇温速度を遅くして昇温操作を続けることになるが、200°C 以上になるとわずかな変動で温度暴走の予兆が見られるようになり、220°C を超えてくると温度制御が著しく困難となった。図7は、活性の高い基準 Co 系 FT 触媒を用いて 2kW 級 FT ベンチ試験機の昇温条件を検討したときの、温度暴走発生時の触媒温度プロファイルを示している。確認できる範囲においても、触媒層の入口付近で急激に温度が上昇していることが分かる。また、同じ触媒を用いたときの触媒層平均温度 210°C における触媒層温度分布を図8に示す。温度制御はされているものの、最高温度と平均温度の差 ΔT は 10°C 以上あり、全ての触媒が均一に作用していないことが示唆された。

そこで現在は、FT 触媒の Co 担持量を減じることで、反応により好適な温度域での運転制御が可能となってきたが、依然 5~10°C 程度の ΔT が発生しており、十分平準化されているとは言い難い。今後触媒の傾斜配置（例、図9¹⁵⁾）などの検討を行い、反応器内温度分布のさらなる均一化を図っていく。

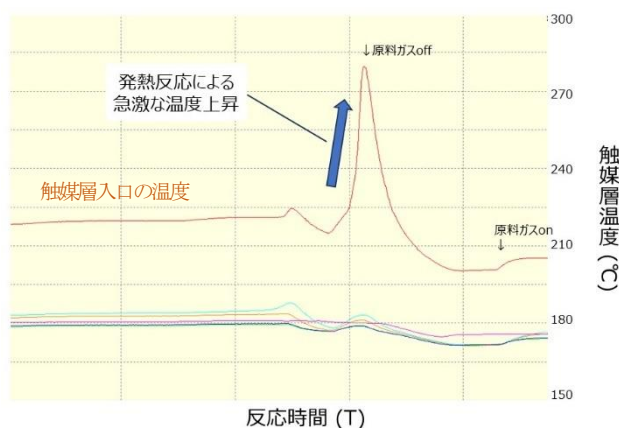


図7 2kW 級 FT ベンチ試験機における触媒層の温度暴走発生時の触媒温度プロファイル

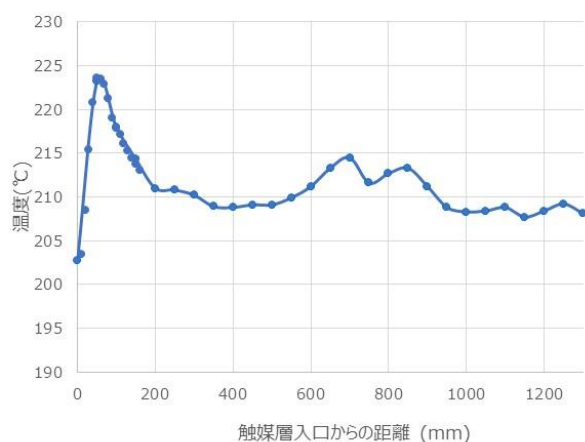


図8 2kW 級 FT ベンチ反応器における触媒層温度分布

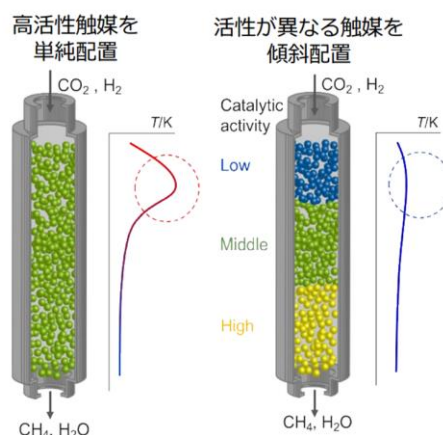


図9 触媒の傾斜配置による温度分布均一化¹⁵⁾

5.2 実証用ハイブリッド FT 触媒の開発

固定床式反応器に用いる FT 触媒は、一般的にラボスケールでは、その触媒特性把握のため、拡散の影響を受け難いよう比較的小さくメッシュサイズを揃えた状態で使用される。一方、スケールアップされた商業機規模の反応器に用いる触媒は、期待される触媒性能を発揮しつつ、実運転に耐えうる強度と、運転可能な差圧を維持できる大きさに成型された触媒であることが求められる。よって、実証機において効率的な合成燃料製造を行うためには、FT 反応に対する触媒有効係数の影響を把握し、粒子径や細孔構造などの触媒物性や、反応器内における流体線速度などを最適化する必要がある。

図 10 は、成型体のシリカに Co を担持した (Co/シリカ) 触媒を粉砕し、整粒した粒子径の異なる触媒を用いたときの CO 転化率とメタン選択性の関係を示す。Co/シリカ触媒の粒子径が小さくなるにつれて、活性を示す CO 転化率は増大する一方で、生成する炭化水素中のガス成分であるメタン選択性は低下している。つまり、整粒した触媒の粒子径が小さいほど活性は高くなり、目的とする液体炭化水素得率が向上していることがわかる。

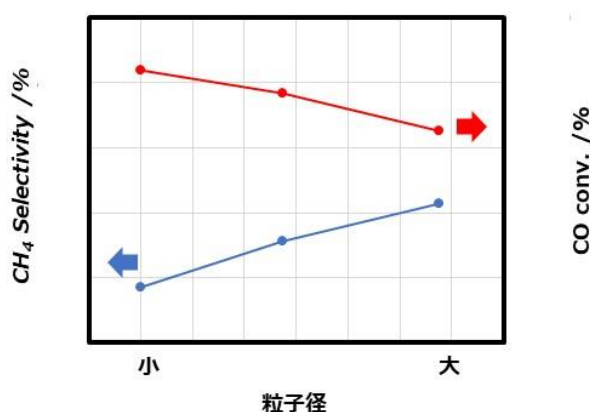


図 10 触媒粒子径と CO 転化率およびメタン選択率の関係

このことは、FT 反応が触媒内部において物質移動拡散の影響を受けていることを示唆している。

しかしながら、触媒の粒子径が小さすぎると、反応器内の圧力損失が大きくなって原料ガスが流れなくなり、反応装置を運転できなくなってしまう。よって、反応条件に応じた最適な触媒サイズを選定しなければならない。

また、FT 反応は、温度 200~375°C かつ加圧された条件下で、原料である水素と一酸化炭素などの無機ガスに加え、生成物として水や気体あるいは液体状態の炭化水素が存在する環境下で進行する。このような反応環境において、安定して性能を発揮し続けられる十分な強度を有していなければならない。

JPEC では、FT 合成において実運転に耐えうる高性能な触媒を製造するため、触媒メーカーの協力を得て、ラボスケールでの評価によって選定した触媒のペレット化並びにスケールアップ製造に取り組んでいる。図 11 は、kg オーダーで粉体の Co/シリカ触媒と Pt/USY ゼオライトを混練し、成型したハイブリッド FT 触媒の写真である。工業触媒において一般的に用いられるサイズの 1.5mmΦ をはじめ、さらに粒子径を小さくした 1.0mmΦ および 0.5mmΦ 円柱型の成型加工にも成功した。これらの触媒性能や耐久性の評価を行って課題を抽出し、解決を図ることで実証運転に向けた触媒製造を進めていく。

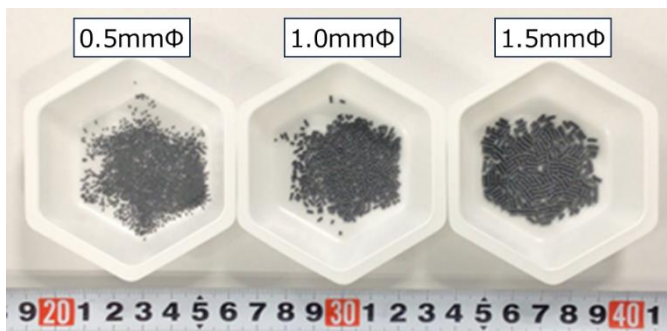


図 11 試作したハイブリッド FT 触媒ペレット

6. FT 合成生成油分析

図 12 は、2kW 級 FT ベンチ試験機における FT 反応液体生成油の GC-SIMDIS (擬似蒸留) 分析による組成分析結果の一例である。我々は、当初低分子量から高分子量まで多成分にわたる炭化水素種を分析するため、GC-FID を用いて 1 サンプル 5~6 時間かけて測定し、GC-MS により同定したテーブルを用いて解析する方法を確立した。これに続き、GC-FID を GC-SIMDIS に置き換えることで、蒸留炭素数 100 程度までのノルマルパラフィン (np)、オレフィン (o) およびイソパラフィン (i) を約 1 時間で分析できる方法を確立した。一方で、GC-SIMDIS 法では、炭素数 6 以下の炭化水素や芳香族分の分析が不十分なため、今後は、測定時間を維持しつつ、軽質留分の定量性向上や組成分析の精度向上に取り組んでいく。また、水溶性または油溶性含酸素化合物の分析方法の確立に取り組み、さらなる生成物分析の高度化を図っていく。

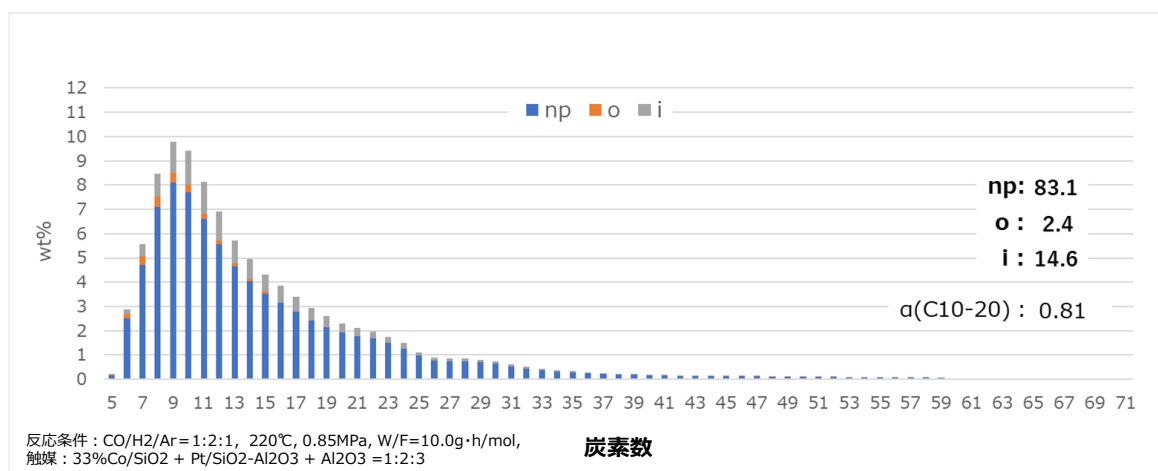


図 12 2kW 級 FT ベンチ試験機による FT 反応液体生成油の GC-SIMDIS による組成分析結果の一例

7. まとめと今後の取り組み

本レポートでは、液体合成燃料製造プロセス技術の基盤研究開発における FT 触媒および FT 反応器設計について、JPEC が取り組む方向性とその取り組み状況について紹介した。

ここでは、本題に沿った取り組みに絞って紹介したが、2024 年度下期に予定している 10kW 級一貫製造ベンチ運転に向け、得られた成果を基に既に FT 反応器の設計を終え、現在は環境整備や装置製作に取り組んでいる。FT 反応器に充填するハイブリッド FT 触媒の製造についても同時に進行している。10kW 級一貫製造ベンチの運転で、その性能を評価し、課題を整理することで、今後の合成燃料製造のさらなる効率向上に繋げていきたい。また、一貫製造プロセスとしては、電解による合成ガス製造技術や、燃料品質に関する技術との関係における課題解決も重要となってくる。CO₂ フリーの液体合成燃料製造に適した FT 合成技術の確立に向けて、これらの課題に着実に取り組んでいく。

JPEC では、カーボンニュートラル社会への貢献が期待される CO₂ を原料とした液体合成燃料一貫製造プロセスの確立に向け、今後も関係機関と密接に連携して取り組み、社会実装の実現を目指していく。

謝辞

本投稿に関する成果は、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) からの委託事業によるものです。この場をお借りしまして関係各位に感謝の意を表します。

参照文献

- 1) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略、経済産業省、2021年6月。
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html.
- 2) GX実現に向けた基本方針。経済産業省。(オンライン)2023年2月。
<https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002.html>.
- 3) 合成燃料 (e-fuel) の導入促進に向けた官民協議会 2023年中間とりまとめ、経済産業省、2023年6月30日。
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/e_fuel/index.html.
- 4) グリーンイノベーション基金事業「CO₂等を用いた燃料製造技術開発プロジェクト」、NEDO。
https://www.nedo.go.jp/koubo/EV3_100249.html.
- 5) 交付金事業「CO₂からの液体合成燃料一貫製造プロセス技術の研究開発」、NEDO。
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101410.html.
- 6) 交付金事業「CO₂からの液体合成燃料一貫製造プロセス技術の研究開発」既存課題の拡充、NEDO。
https://www.nedo.go.jp/koubo/EV3_100267.html.
- 7) 椿範立 第8章 二酸化炭素からの炭化水素・オレフィン合成、(作者)化学工学会反応工学部会、最近の化学工学71 カーボンニュートラルに貢献する触媒・反応工学、化学工学会関東支部、2023.
- 8) 菊地英一他. 3章 エネルギーと化学原料製造のための触媒プロセス、新版 新しい触媒化学、三共出版、2022.
- 9) 「CO₂からの液体燃料製造技術に関する開発シーズ発掘のための調査」報告書、NEDO、2020。
https://www.nedo.go.jp/koubo/EV3_100200.html.
- 10) Peacock, M., et al., “Innovation in Fischer-Tropsch: Developing Fundamental Understanding to Support Commercial Opportunities”, Topics in Catalysis 63, 2020. pp. 328–339.
- 11) Li, Jie, et al., “Integrated tuneable synthesis of liquid fuels via Fischer-Tropsch technology”, Nature Catalysis 1, 2018. pp. 787–793.
- 12) Subiranas, A. M., “Combining Fischer-Tropsch Synthesis (FTS) and Hydrocarbon Reactions in one Reactor”, Universitätsverlag Karlsruhe (Germany), 2009, Doctoral Thesis.
- 13) Regali, F., “Hydroconversion of model Fischer-Tropsch wax over noble metal/silica-alumina catalysts.”, KTH (Sweden), 2013, Doctoral Thesis.
- 14) 日本製鐵株式会社、日鉄エンジニアリング株式会社. FT反応用触媒、特許第4827432号、2006年11月2日.
- 15) 株式会社INPEX. 第1回メタネーション推進官民協議会資料7、経済産業省、2021年6月28日。
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methanation_suishin/pdf/001_07_00.pdf.

(問い合わせ先)

一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター 合成燃料技術開発本部 irepo-4@peci.or.jp

本研究開発は、一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター(JPEC)が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)からの委託により実施しているものです。
無断転載、複製を禁止します。

Copyright 2024 Japan Petroleum and Carbon Neutral Fuels Energy Center all rights reserved