

CO₂からの液体燃料合成に関する JPEC の戦略

◇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）の研究開発事業として、再生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を開始した。

◇本レポートでは、液体合成燃料の製造に係る基盤要素技術とその確立に向けた NEDO 研究開発事業における JPEC の取り組みと技術戦略を紹介する。

1. はじめに

温室効果ガス（GHG）排出削減策として、欧米を中心に、製油所等を活用したグリーン水素製造や合成燃料の技術開発・実証が急速な広がりを見せている。CO₂ を原料とする液体合成燃料は、既存の化石燃料の代替品となり得る複数の炭化水素の集合体からなる、言わば人工原油であり、GHG 排出削減への貢献が期待されている。

1. はじめに
2. CO₂ からの液体燃料合成の取り組み
3. FT 反応を利用した合成燃料製造
4. CO₂ からの合成ガス製造
5. CO₂ からの液体燃料合成
6. まとめ

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」においても合成燃料は重点技術として取り上げられており、2030 年までに製造技術を確立し、導入拡大・コスト低減を図りながら 2040 年までの自立商用化を目指すとなっている。資源エネルギー庁の合成燃料研究会中間取りまとめ（2021 年 4 月）の中でも、我が国としても積極的な取り組みが必要であり、革新的な基盤要素技術の研究開発に加え、商用化のための高効率・大規模な製造技術等エンジニアリングの観点から、合成燃料の製造技術・体制の早期確立が必要と述べている。同報告書では、前述のグリーン成長戦略と同様に 2030 年代から合成燃料の普及拡大・コスト低減を図り、自立商用化の時期を 2040 年代としているが、航空機・船舶用燃料や民生・産業用燃料におけるカーボンニュートラルの実現、及び電動化シフトが進む一方で、2040 年時点のハイブリッドを含むエンジン搭載車が販売ベースで 84%（IEA 分析）を占める環境では、合成燃料の早期市場投入による GHG 排出削減が有効であるとしている。本件に関しては、2022 年度～2030 年度の計画で「グリーンイノベーション

ジョン（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」の中で、液体燃料収率の向上に係る技術開発として取り組みが開始された¹⁾。

一方、合成燃料に係る製造技術開発に関しては、スケールアップによる合成燃料の導入拡大と併せて、基盤要素技術の確立による製造コスト低減が重要なアウトカムとなる。そのため、図 1 に示すような原料供給別に想定した水素源ありと水素源なしのサプライチェーンからなる 2 つのシナリオを想定し、研究開発項目の抽出とその成果がもたらす生産性やコスト試算等の評価・分析を行うベースとした。水素源ありのシナリオでは、海外の安価な水素源をエネルギーキャリアの形で日本に長距離輸送し、国内の CO₂ と国内で抽出された水素から液体燃料を合成する。もう一つの水素源なしのシナリオでは、国内の CO₂ と国内の再エネ由来電力から液体燃料を合成する。

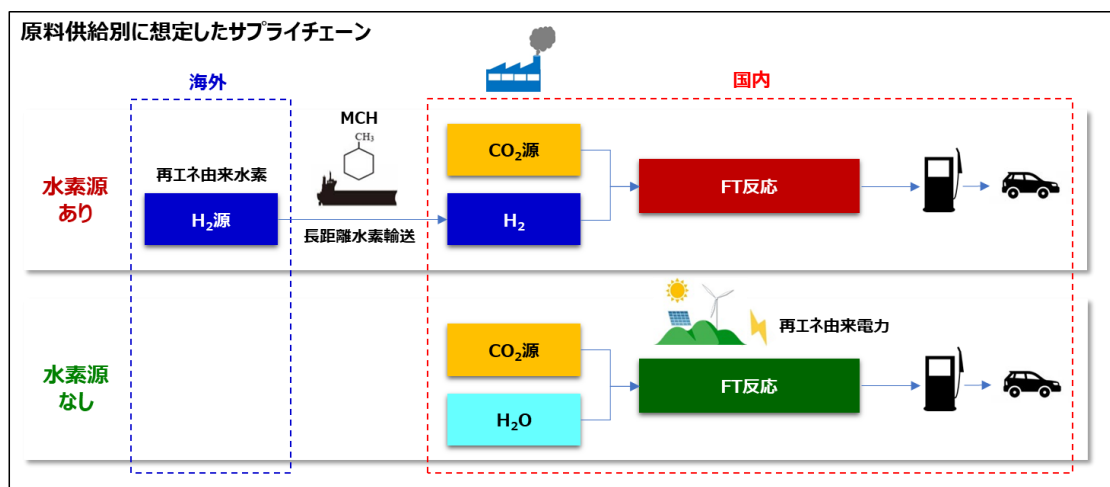


図 1 原料供給別に想定した液体合成燃料のサプライチェーン

2. CO₂ からの液体燃料合成の取り組み

JPEC とみずほりサーチ&テクノロジー社は、関係機関の協力のもと、NEDO 委託調査「CO₂ を原料とする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²⁾ (2020 年)」の中で、製油所や工場等から回収した CO₂ からの液体燃料製造に係る国内外の有望な要素技術を抽出し、これらを用いた一貫製造プロセス及びサプライチェーンの分析・評価を行い、技術課題を整理した上で、今後取り組むべき技術開発とプロジェクト像を提案した³⁾。

本技術開発に関しては、2021 年から産官学の 7 機関（図 2）が連携する形で「次世代 FT 反応の研究開発」及び「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」の 2 テーマからなる NEDO 研究開発事業⁴⁾として開始される運びとなった。前者は CO₂ を含む合成ガスから一段で効率良く、FT 反応を行う技術や生成物の選択性制御技術、そして実用化に関する研究開発である。JPEC は、産業技術総合研究所と連携して、後者の再エネ由来電力を利用した CO₂ からの合成ガス製造、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

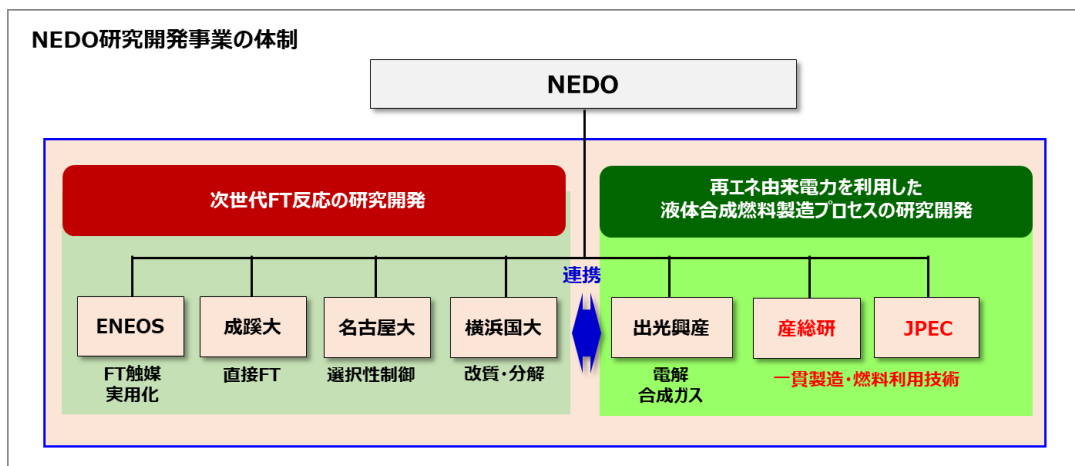


図2 NEDO 技術開発事業の研究体制と担当分野

成燃料の利用技術開発を担当している。重要な基盤要素技術となる FT 反応、および CO₂ からの合成ガス製造に関して、製造プロセスフローを図3に示した。

合成燃料の利用技術開発に関しては、将来的に自動車や航空機、船舶等へ既存の石油サプライチェーンを活用して供給することを可能にすることから、新規インフラ構築への投資を抑制し、カーボンニュートラルな液体合成燃料として GHG の大幅な排出削減に貢献するために極めて重要である。本レポートでは、新たな資源の確保に繋がりエネルギー安全保障上の意義も大きい液体合成燃料に関して、NEDO 研究開発事業における JPEC の取り組みと技術戦略を紹介する。

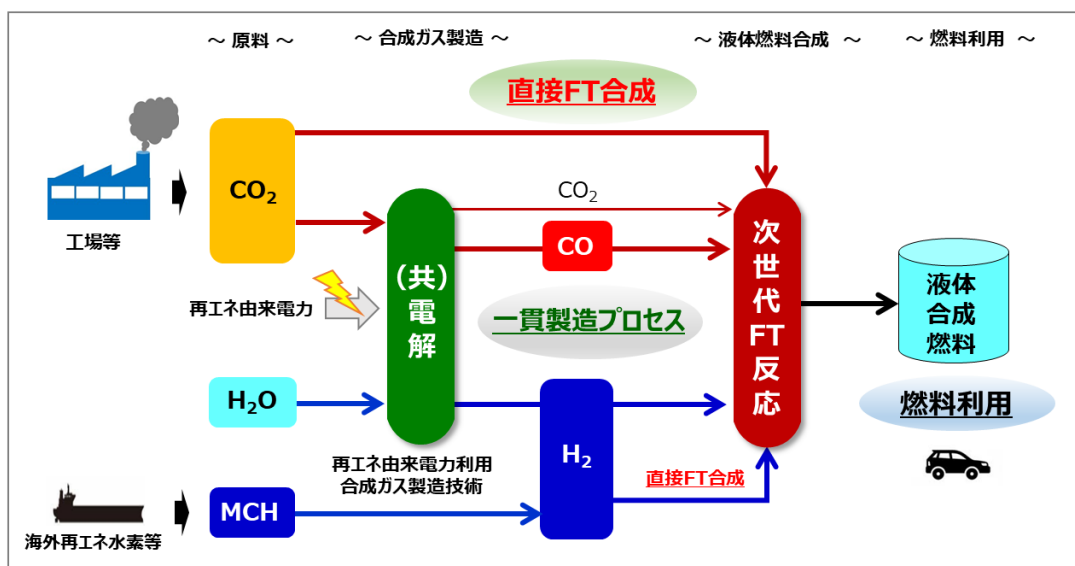


図3 CO₂ からの液体合成燃料製造におけるプロセスフロー

3. FT 反応を利用した合成燃料製造

液体合成燃料を製造する方法は、合成ガスから FT 反応で液状炭化水素へ転換する方法と、CO₂ と水素からメタノールを経由した MTG (Methanol to Gasoline) 法で液状炭化水素に転換する方法がある。MTG 法は、不飽和炭化水素や芳香族を含むガソリン留分を生成物に含むため、ジェット燃料や軽油として利用するにはオリゴメリゼーション反応等による組成の制御技術が新たに必要となる。したがって、輸送用燃料として代替可能な実績のある液体合成燃料を製造する方法は、FT 反応しかないのが現状である。

3.1 FT 反応器の開発の歴史

現在、カタール、南アフリカ、マレーシア、ナイジェリアといった国々で石炭や天然ガス等を原料とした商業用 FT プラントが稼働している。商業規模の大型 FT 反応器を供給できる企業は限られており、Sasol 社、Shell 社、PetroSa 社等が各国に商業用プラントを所有している。表 1 には半世紀以上にわたり合成燃料製造を行う Sasol 社で開発された 4 つの FT 反応器を記載した。FT 反応器には Fe、Co 系触媒が用いられ、高温 (320℃-350℃) で用いられる循環流動床反応器、固定流動床反応器、低温 (220℃-250℃) で用いられる管状固定床反応器、スラリー床反応器の 4 つの反応器に大別される。各反応器の生産能力は大型化によって向上しており、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プラントでは 9 基の固定流動床反応器が稼働し、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 プラントには 2 基のスラリー床反応器が導入されており、それぞれ 34,000 BPD の生産能力を有すると公表されている。

表 1 Sasol 社が開発した FT 反応器の種類、生産能力、温度領域と概要

反応器*	生産能力(BPD)**	温度域	概要
循環流動床反応器 (Synthol reactor)	1,500 (1955)	高温	酸化鉄をベースとした触媒を利用。セクンダプラントで用いられていたが、Sasol Advanced Synthol 反応器に変更
	6,500 (1980)		
固定流動床反応器 (Sasol Advanced Synthol reactor)	3,000 (1990)	高温	反応器底部にある触媒粒子が下部から供給される合成ガスによって浮遊し反応が進行。Synthol 反応器と比較して触媒の移動量が減り、プラントの安定性・能力とも向上。現在、セクンダプラントで運用
	11,000 (1995)		
	20,000 (2000)		
管状固定床反応器 (Arge reactor)	500 (1955)	低温	複数の管の中に触媒を充填して固定。数週間ごとに触媒交換が必要。管の数を増やすことで生産能力を向上させることができるが、その分高価な鍛造工程が必要
	700 (1987)		
スラリー床反応器 (Sasol Slurry Phase Distillate reactor)	2,500 (1993)	低温	スラリー床を用いることで Arge 反応器に比べ金属部品点数が大幅に削減。当初は Arge 反応器と同様の鉄系触媒を用いていたが、コバルト系触媒に転換。2006 年カタールの GTL プラントが稼働
	17,000 (2007)		

* () 内は Sasol 社による名称 ** () 内は運転開始年

3.2 再エネ由来電力による FT 反応の技術課題

従来の FT プラントでは、天然ガスから合成ガスを取り出すための大型の改質装置と FT 反応器が必要であり、多額の設備投資を回収するためには大量の液体燃料を製造できる大型プラントのみが経済的に実現可能であることが課題であった。これに対して、カーボンニュートラル社会に向けた実装ではグリーン水素や再エネ由来電力の利用を前提とするため、大型プラントへの水素や CO₂ 原料、及び再エネ由来電力の供給が大きな課題となる。

これらのサプライチェーンの制約に関しては、FT 反応器のダウンサイジングが一つの解決手段になり得る。しかしながら、再エネ由来電力の利用においては設備稼働に合わせた変動対策や起動停止等、これまでの FT 反応器には求められていなかった新たな技術課題への対応が必要と考えられる。さらに、製造コスト低減に向けたエネルギー効率の向上も重要である。具体的には燃料収率や転化率の向上になるが、FT ワックスの液体燃料への転換には、高圧での水素化分解による炭素数分布の制御が必要となる。高圧での反応には多くのエネルギーが必要であり、製油所以外での装置運転や得られた燃料の操油といった点からも液体燃料として回収できることが好ましい。

近年の研究開発では、図 4 のイメージのように副生メタンの生成を抑制しつつ ASF (Anderson-Schulz-Flory) 分布則に準じない、燃料収率の向上を目的とした FT 合成の研究開発が進められている。触媒・助触媒・担体を組み合わせることで、合成ガスの乖離吸着、逆シフト (RWGS : Reverse Water Gas Shift)、連鎖成長、水素化分解等の複数の触媒反応を連鎖発生させることにより、見かけ上 ASF 分布則を破るような FT 触媒が開発され、大きな注目を集めている。

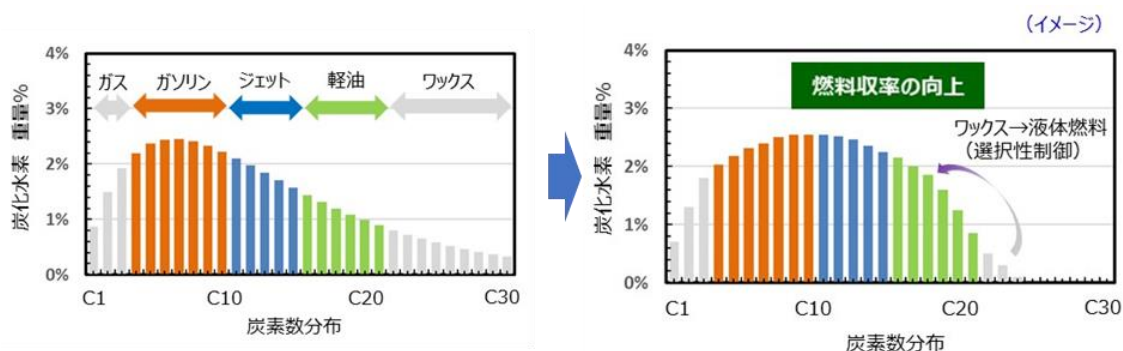


図 4 FT 合成における選択性制御による液体燃料収率の向上 (イメージ)

以上のように、プロセス全体のエネルギー効率を上げるためには、FT 合成における液体燃料収率を上げるか、製造に係るエネルギーをセーブするか、一方あるいはその両方が求められる。さらに、オフガス (C₄ 以下の軽質ガス) 生成を抑制し液収率を高める (C₅+選択性向上)、燃料ガスをプロセスで有効利用する、反応熱を回収利用する等が挙げられる。また、再エネ由来電力の利用においては負荷変動や起動停止 (DSS : Daily Start Stop) 等への対応が必要と考えられるが、いずれの視点からでもワックス生成の抑制技術は、再エネ由来電力による FT 反応の技術課題として重要である。

4. CO₂ からの合成ガス製造

4.1 逆シフト反応による CO₂ 還元

CO₂ を原料として合成ガスを製造するには逆シフト (RWGS; Reverse Water Gas Shift) 反応が重要な役割を果たす。RWGS 反応は、シフト反応の逆反応で良く知られた吸熱平衡反応であるが、この平衡反応は同時にメタンリフォーミングの逆反応 (平衡反応) が進行するため、CO₂ 転化率 (還元率) だけでなく CO 選択性の面からも望まれる組成の合成ガス製造条件を設定する必要がある。

FT 合成に適した合成ガス組成 H₂/CO 比は、反応器の種類や触媒種によって異なるが、通常 2 付近であることが望ましく、かつ CO₂ 還元においては未反応の CO₂ が少ない、すなわち CO₂ 転化率と CO 選択性が高いことが重要な要件となる。H₂/CO 比が大きくなるとメタン選択性が増加し、反対に H₂/CO 比が小さくなると CO 不均化が起こり炭素析出による触媒劣化が顕著となる。

表 2 は、汎用シミュレーターを用いて RWGS 平衡反応のシミュレーションを等温反応条件で行った結果をまとめたものである。左のブロックから H₂/CO 比、CO₂ 転化率、CO 選択性、各列は H₂O/CO₂ 比 1.5~2.25 における 400℃~900℃での結果を示している。緑色か濃い色ほど望ましい条件 (H₂/CO 比 2 前後の組成、CO₂ 転化率が高い、CO 選択性が高い) であることを示している。原料の H₂O/CO₂ 比にかかわらず CO₂ 転化率と CO 選択率は温度とともに高くなり、900℃で最も高くなっている。H₂/CO 比は CO₂ 転化率が高くなる高温ほど低くなり (CO 濃度が高くなり)、原料の H₂O/CO₂ 比に応じて変化している。この結果は、H₂/CO 比 2 付近の合成ガス製造に適している操作点として、H₂O/CO₂ 比 2.25、温度 900℃付近が最も好ましい条件であることを示している。

表 2 RWGS 平衡反応シミュレーション結果

	H ₂ /CO比				CO ₂ 転化率				CO選択性			
H ₂ O/CO ₂	1.5	1.75	2	2.25	1.5	1.75	2	2.25	1.5	1.75	2	2.25
400	12.83	16.14	20.42	25.11	0.35	0.40	0.45	0.51	0.01	0.01	0.01	0.01
450	7.45	9.28	11.40	13.90	0.34	0.38	0.43	0.48	0.04	0.03	0.03	0.03
500	4.64	5.68	6.85	8.19	0.34	0.38	0.42	0.46	0.09	0.08	0.08	0.08
550	3.18	3.80	4.48	5.22	0.37	0.40	0.43	0.47	0.18	0.18	0.18	0.17
600	2.43	2.85	3.28	3.74	0.42	0.45	0.48	0.50	0.32	0.32	0.32	0.32
650	2.06	2.37	2.69	3.02	0.48	0.51	0.54	0.56	0.44	0.46	0.47	0.48
700	1.84	2.11	2.39	2.67	0.52	0.56	0.59	0.61	0.51	0.54	0.56	0.58
750	1.68	1.94	2.20	2.47	0.56	0.59	0.62	0.65	0.56	0.59	0.62	0.64
800	1.56	1.81	2.06	2.32	0.59	0.62	0.65	0.68	0.59	0.62	0.65	0.68
850	1.45	1.70	1.95	2.20	0.61	0.65	0.68	0.70	0.61	0.65	0.68	0.70
900	1.37	1.61	1.86	2.10	0.63	0.67	0.70	0.73	0.63	0.67	0.70	0.73

4.2 再エネ由来電力等を用いた合成ガス製造

CO₂ からの合成ガス製造においては、前述の RWGS による合成ガス製造に加えて、アルカリ形水電解、固体高分子形電気分解セル (PEEC ; Polymer Electrolyte Electrochemical

Cell) 水電解による水素製造、CO₂ と高温水蒸気の固体酸化物形電気分解セル (SOEC ; Solid Oxide Electrolysis Cell) 共電解による合成ガス製造、CO₂ を直接 CO に還元する PEEC 形 CO₂ 電解による CO 製造等が注目されている。

JPEC は、産業技術総合研究所及び関係機関の協力のもと、水電解+RWGS 反応と高温水蒸気・CO₂ の SOEC 共電解の二つの合成ガス製造における投入エネルギーと合成ガスの平衡組成を試算、比較した(表 3)。ここでは、水電解による水素製造は実用段階に近い PEEC 形を想定して試算している。SOEC は作動温度が 650℃～850℃と高く、水蒸気電解電圧が 1.36V 程度で、従来の 2.0V 付近作動の PEEC 水電解より 3 割ほど高率に水素を製造することができる。そのため、両者の比較において SOEC 共電解による合成ガス製造で消費電力が小さくなる。また、RWGS 反応による H₂/CO=2 付近の合成ガスを製造するケースと比べて、SOEC 共電解では 100℃ほど低温側に操作点があり残存 CO₂ 濃度も低く、FT 合成により適した組成の合成ガスを高効率で得ることができる。

高効率での合成ガス製造が期待できる SOEC であるが、FT 用合成ガスの最適組成が H₂/CO 比 2 付近のカーボンリッチな条件にあるため、熱力学的平衡的なコーク析出が懸念される。加えて、SOEC 特有の構造劣化、金属材料の高温腐食、再エネ由来電力の変動対策、そして現時点では合成ガスの製造能力が小さいため、セル・スタックの高性能化とスケールアップが課題となっている。電解技術は、2050 年のカーボンニュートラル社会においては、日本の産業競争力の源泉にもなり得る技術としてのポテンシャルを有する。産官学の連携により、セル構造・高性能化技術、スタック構造・部材・高性能化技術、システム化技術・大型化技術、熱マネジメント技術、セル製造・量産プロセス等の研究開発の加速による早期の社会実装に期待したい。

表 3 合成ガス製造における投入エネルギー及び平衡組成 (試算)

	PEEC水電解+RWGS	SOEC共電解
原料組成 (H ₂ O/CO ₂ 比)	2.25	2.1
H ₂ O (mol/s)	3.6	3.36
CO ₂ (mol/s)	1.6	1.6
平衡温度(℃)	900℃	800℃
原料利用率	100%	80%
電解電圧	2.0V	1.36V
消費電力 (直流)	約1.4kW	約1.0kW
平衡組成	mol%	
H ₂	46.8	54.1
CO ₂	8.4	6.7
CO	22.4	25.5
CH ₄	0.0	0.2
H ₂ O	22.4	13.5

5. CO₂ からの液体燃料合成

5.1 一貫製造プロセスの概念設計

PEEC 水電解+RWGS 反応、SOEC 共電解の入力データは、表 2 の各条件における投入エネルギー及び合成ガス平衡組成から、FT 合成の入力データは文献 5)の物質・エネルギー収支を使用した。今回の設計は、平均的な製油所から排出される CO₂ 量をイメージし、FT 合成油で 600BPD とした。図 5 に SOEC 共電解を用いた一貫製造プロセスのブロック・フローを示す。合成ガス製造から FT 合成までの液体燃料の製造効率を試算したところ、PEEC 水電解+RWGS 反応では約 32%であったのに対して、SOEC 共電解では約 45%であった。エネルギーフローで整理すると、どちらのプロセスとも液体燃料の製造効率は半分以下となった。PEEC 水電解+逆シフト反応で製造効率が低くなっている要因としては、水素製造に係る消費電力（電解）が SOEC 共電解と比べて大きいこと、CO₂ の還元過程で生成する酸素による水素の消費が挙げられる。なお、CO₂ 収支についてはプロセス内で CO₂ を回収・リサイクルして原料として使用しているため、再エネ由来電力を用いる場合には CO₂ 収支は 100%となる。表 4 に一貫製造プロセス製造効率の試算結果をまとめた。

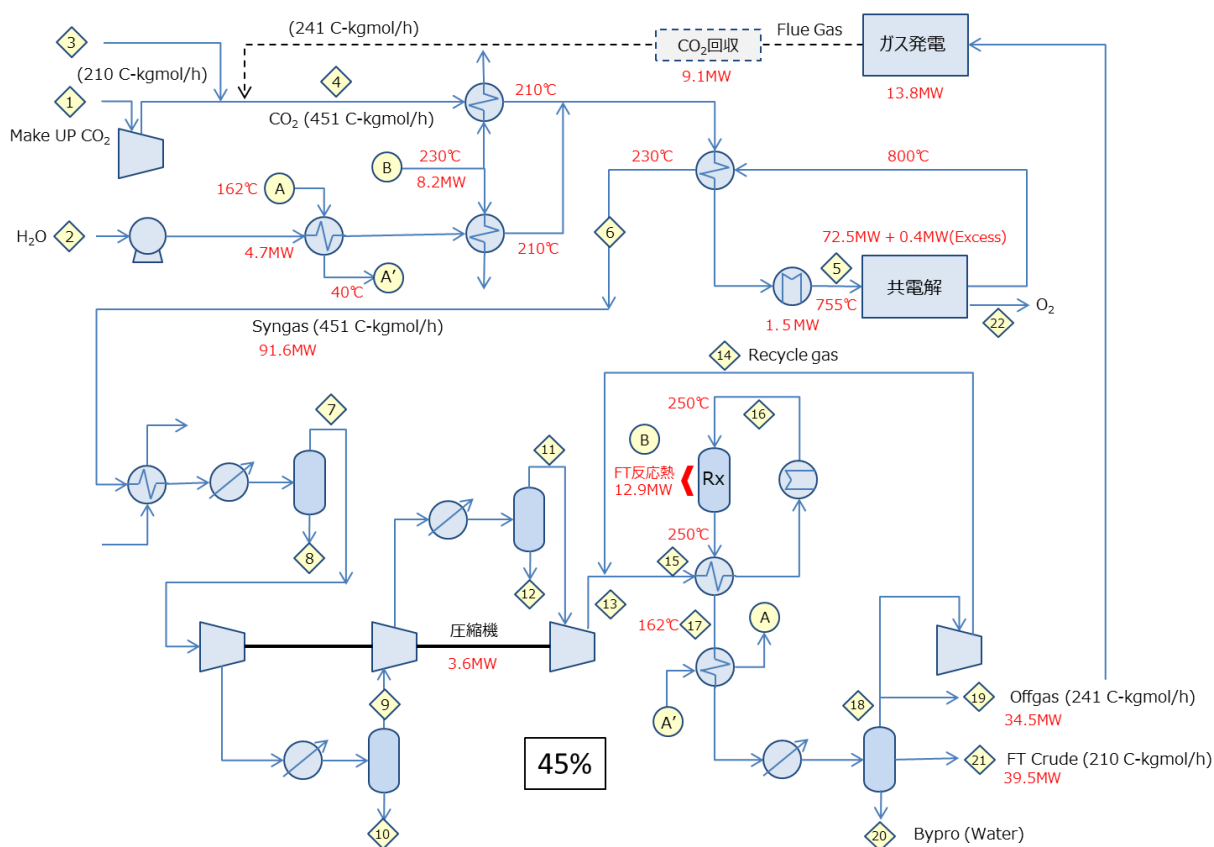


図 5 液体燃料一貫製造プロセスのブロック・フロー (SOEC 共電解+FT 合成)

表 4 一貫製造プロセスの製造効率（試算結果概要）

	PEEC水電解+RWGS+FT	SOEC共電解+FT
原料		
H ₂ O (kmol/h)	1,105	853
CO ₂ (C-kmol/h)	491	451
消費電力（電解）（MW）	118.5	72.9
生成物		
FT合成油（C-kmol/h）	210	210
FTオフガス（C-kmol/h）	281	241
製造効率	32%	45%
CO ₂ 収支	100%	100%

注）液体燃料 600BPD の生産量となるよう原料の流量を調整

5.2 一貫製造プロセスの技術課題

CO₂ からの液体燃料一貫製造プロセスの製造効率が相対的に高かった SOEC 共電解+FT 合成に関して、もう一段高い製造効率を実現させる方法を検討するため、エネルギーフロー（図 6）を分析し、各要素技術の技術課題を検討した。SOEC 共電解が PEEC 水電解+RWGS 反応と比較して相対的に高い製造効率が得られている理由としては、電解に必要なエネルギーを電気と熱から得ることができるため、消費電力を少なくできること、FT 反応熱を合成ガス製造工程で利用できていること、オフガス発電で電解での消費電力を補うことができること等が挙げられる。前述のとおり PEEC 水電解+RWGS では水電解による水素製造での消費電力が多いこと、RWGS 反応では原料として導入した CO₂ の還元には水素が消費されること等が製造効率に対するマイナス要因として挙げられる。

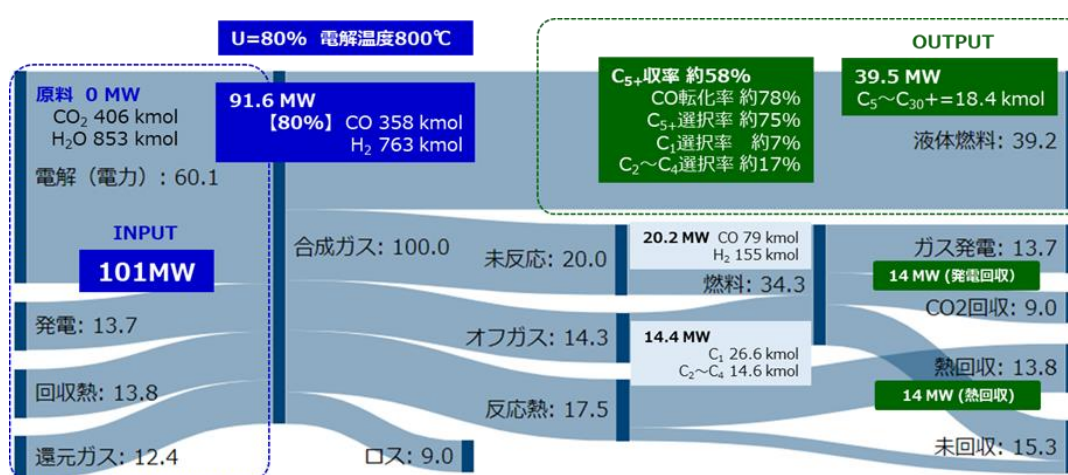


図 6 液体燃料一貫製造プロセスのエネルギーフロー（SOEC 共電解+FT 合成）

一方、合成ガス製造工程で利用される FT 反応熱に関しては未回収分があるため、この回収熱を利用した合成ガスからの CO₂ 除去も可能と考えられる。FT 合成においては、前述のとおり組成制御、すなわち C₄ 以下の軽質ガスの選択性抑制及び燃料収率の向上、触媒性能やプロセス面の改良による CO 転化率の向上等、といった技術課題への取り組みが製造効率の向上に有効に寄与すると考えられる。

5.3 合成燃料製造コストの試算

上記の PEEC 水電解+RWGS 反応+FT 合成と SOEC 共電解+FT 合成による液体燃料製造コストの試算結果を図 7 に示す。ここでは製造規模は 3 万 BPD、CO₂ 源は製造拠点と隣接した火力発電からの排気回収（4,200 円/ton-CO₂）を前提とした。水素製造コストは再エネ電力価格と各プロセスの製造効率に依存する水素原単位から試算し、これらに水素圧縮・貯蔵に係るコスト（5.7 円/Nm³-H₂）を加算した。PEEC 水電解と SOEC 共電解についてはシステムの設備投資として 5 万円/kW（PEEC）、1,500 円/kW（SOEC）をパラメーターとして加えた。電力価格は 2 円～10 円/kWh で試算を行った。その他、プラントの設備投資は RWGS：185 円/kW-SNG、FT 合成：2,207 円/3 万 BPD で、その保守・人件費は設備投資の 5%とした。燃料製造コストは、再エネ電力価格、人件費・メンテ費等の変動費、設備償却費等から構成され、この内、電力コストが最も多くを占めていることが分かる。そして、どちらの製造プロセスにおいても製造コストは再エネ電力価格に比例しており、2 円/kWh では PEEC 水電解では 162 円/L、SOEC 共電解では 134 円/L と試算された。また、製造効率の違いがコストに及ぼす影響も大きく、電力価格 10 円/kWh では PEEC 水電解が 416 円/L に対して、製造効率が高い共電解プロセスでは 287 円と 129 円/L 低くなった。

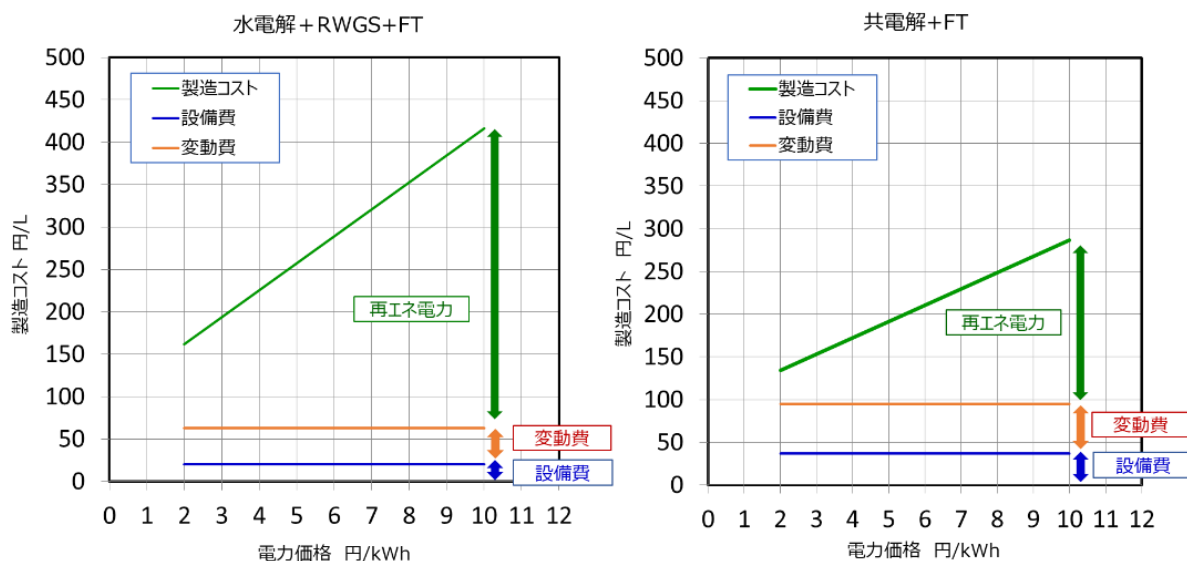


図 7 液体合成燃料の一貫製造による製造コスト試算

以上のことから、合成燃料の製造コストには電力価格が最も大きく影響すること、製造コスト低減のためには製造効率の向上が重要な要素であることが分かった。なお、これらに加え、変動費やプラントコストの低減も重要な開発要素となる。

6. まとめ

人々が生活していく上で欠かせない炭化水素を利用し続けるために、燃料の脱炭素化にかかる期待は大きく、2050年カーボンニュートラル社会においてこれを支える液体合成燃料の役割は重要である。現在の製油所は、主に化石燃料である原油を原料として精製し液体燃料や化学製品の原料といった石油製品を生産しているが、2050年には一転してカーボンニュートラル社会の中心的な役割を担う基地となる可能性を有する。バイオ燃料を含む合成燃料の社会実装に向けたノウハウや既存のアセットの活用、水素のサプライチェーン、CCUSの拠点としての活用等、大きなポテンシャルを有すると考えられる。その中でJPECは、NEDO研究開発事業等を通じて、カーボンニュートラル社会の実現に向けた、イノベーション創出のための基盤技術の確立、様々な機会の創出及び情報発信に貢献していく。

本レポートで述べたCO₂からの液体合成燃料製造技術は、既存の内燃機関をそのまま使用できるメリットを生かすため、従来の液体化石燃料へのドロップインを想定している。そのため、炭化水素製造に最も親和性が高いと考えられるFT反応技術をベースに、温室効果ガスの排出削減へ直接貢献するCO₂原料化、革新的なカーボンリサイクル技術をインテグレーションした高効率なCO₂フリーの液体合成燃料一貫製造を目指している。研究開発の進展に向け、今後とも関係機関と密接に連携して取り組んでいく。

- 1) 「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」
https://www.nedo.go.jp/koubo/EV3_100249.html
- 2) NEDO「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
(2020.11.19 公開) https://www.nedo.go.jp/koubo/EV3_100200.html
- 3) JPEC レポート 220302 (2022.3.28 公開)
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2022/03/JPEC_report_No.220302.pdf
- 4) NEDO 研究開発事業「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」
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101410.html
- 5) NEDO 先導技術開発「低圧固定床用 FT 触媒技術を利用した BTL プロセスの研究開発」
報告書 (2014.9.18 公開)

(問い合わせ先)

一般財団法人石油エネルギー技術センター 合成燃料部 jrepo-4@pecj.or.jp

本資料の一部は、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「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」（2019 年～2020 年）によるものです。無断転載、複製を禁止します。

Copyright 2022 Japan Petroleum Energy Center all rights reserved