合成燃料研究会

中間取りまとめ

2021 年 4 月

合成燃料研究会

目次

はじめに

１．合成燃料について
（１）合成燃料の定義
（２）合成燃料のエネルギーとしての特徴と CO_2 との関係

２．合成燃料の導入拡大を推進する政策的意義
（１）自動車用燃料としての観点
（２）航空機・船舶用燃料や民生・産業用燃料としての観点
（３）石油精製業にとっての合成燃料のポテンシャル
（４）レジリエンス／エネルギーセキュリティの観点

３．製造技術・コストについて
（１）合成燃料の製造プロセスと製造技術について
（２）CO_2 の分離・回収コスト
（３）H_2 の製造コスト・輸送コスト
（４）コスト（現状の試算値）

４．国内外の動向

５．合成燃料の導入拡大に向けた視点・政策の方向性
（１）合成燃料の研究開発の加速化
（２）脱炭素燃料としての国際的評価と枠組みの明確化

はじめに

2020 年 10 月、首相の所信表明演説において、2050 年カーボンニュートラルが宣言された。

2050 年カーボンニュートラル実現は極めて困難な課題であり、企業は、これまで以上に野心的なイノベーションへの挑戦が必要となる。この挑戦を後押しするため、2020 年 12 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」（以下「グリーン成長戦略」という。）においては、政府は、成長が期待される分野・産業において、高い目標を設定し、あらゆる政策を総動員することとしている。

2050 年カーボンニュートラル実現に貢献し得る技術の数多くは研究開発段階であり、現時点では、あらゆる技術にチャレンジしていくことが重要となる。合成燃料もその一つである。

本研究会中間取りまとめは、合成燃料がグリーン成長戦略に位置づけられたことを踏まえ、石油業界、自動車業界、大学教授等の有識者が、合成燃料の導入に向けたタイムライン、コスト低減のための技術的課題、今後の研究・実証体制などについて議論を行い、現時点における合成燃料の導入拡大に向けた提言を取りまとめたものである。

１．合成燃料について

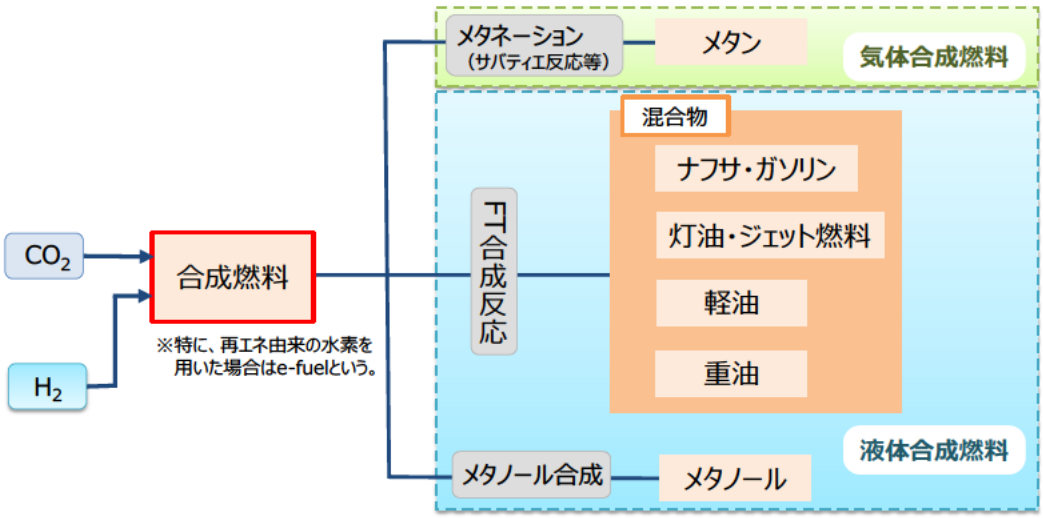
（１）合成燃料の定義

合成燃料[1]とは、CO_2（二酸化炭素）と H_2（水素）を合成して製造される燃料である。

大きく液体合成燃料と気体合成燃料に区別され、サバティエ反応等のメタネーションによって製造される合成メタンが気体合成燃料に該当し、FT 合成反応等によって製造されるガソリン・灯油・軽油等の混合物が液体合成燃料に該当する。この混合物は、複数の炭化水素化合物の集合体、いわば“人工的な原油”である。なお、再エネ由来の水素を用いた場合は e-fuel という。

また、メタノール等の多くの含酸素化合物も合成液体燃料に大別され、メタノールは MTG（Methanol to Gasoline）プロセスによって、ガソリンにも転換できる。なお、FT 合成反応によって、通常副生物とされるプロパンやブタンを狙って合成することも検討されており（プロパネーション）、これらは気体合成燃料に区別する。

合成燃料は、原料となる H_2 の製造過程で CO_2 が排出されることがないよう、再生可能エネルギー由来電力等で水電解を行って H_2 を調達することが基本となる。これは、化石燃料から CO_2 を分離・貯留した H_2（ブルー水素）を原料とした場合、化石燃料から CO_2 を分離した後に、再び別に回収する CO_2 と合成をすることとなり、製造プロセスとして非効率となるからである。



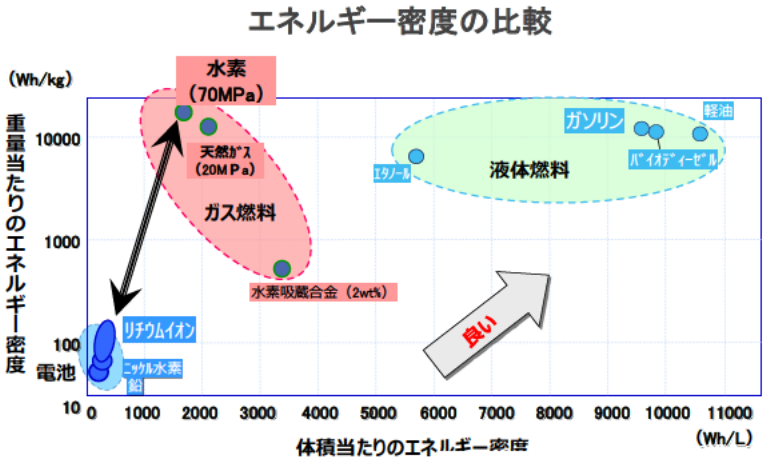
[1] 合成燃料は、これまで、天然ガス、石油随伴ガス、石炭、バイオマスなどの非石油系の炭素資源から製造（合成）される燃料とされてきた。CO_2 を炭素資源とする合成燃料は今までにない定義である。

（２）合成燃料のエネルギーとしての特徴と CO_2 との関係

液体合成燃料は、化石由来のガソリンや軽油等と同様に、エネルギー密度が高いという特徴がある。

例えば、大型車やジェット機が電動化・水素化した場合、液体燃料と同様の距離を移動する際、液体燃料よりも大容量の電池・水素エネルギーが必要となる。

こうした液体燃料は、電気・水素エネルギーへの代替が困難なモビリティ・製品がある限り存在し続ける。



※出典：トヨタ自動車

また、CO_2 を原料とした合成燃料は、発電所や工場等から排出された CO_2 や、将来的には大気中から DAC 技術[2]により回収された CO_2 を再利用（カーボンリサイクル）することから、脱炭素燃料とみなすことができる。

さらに、合成燃料は、原油に比べて硫黄分や重金属分が少ないとの特徴があり、クリーンな燃料である。

２．合成燃料の導入拡大を推進する政策的意義

（１）自動車用燃料としての観点

自動車は、グリーン成長戦略において、電動化を推進することとされており、「遅くとも 2030 年代半ばまで[3]に、乗用車新車販売で電動車[4]100%を実現できるよう、包括的な措置を講じる。」とされている。

ただし、電気自動車や燃料電池自動車は、

- ✓ 経 済 性：イニシャル／ランニングコストの削減など
- ✓ 運 用 性：航続距離、充電時間など
- ✓ インフラ：電気自動車等の導入に合わせた整備、ビジネス性の向上など

といった課題（特に軽自動車や商用車）がある。

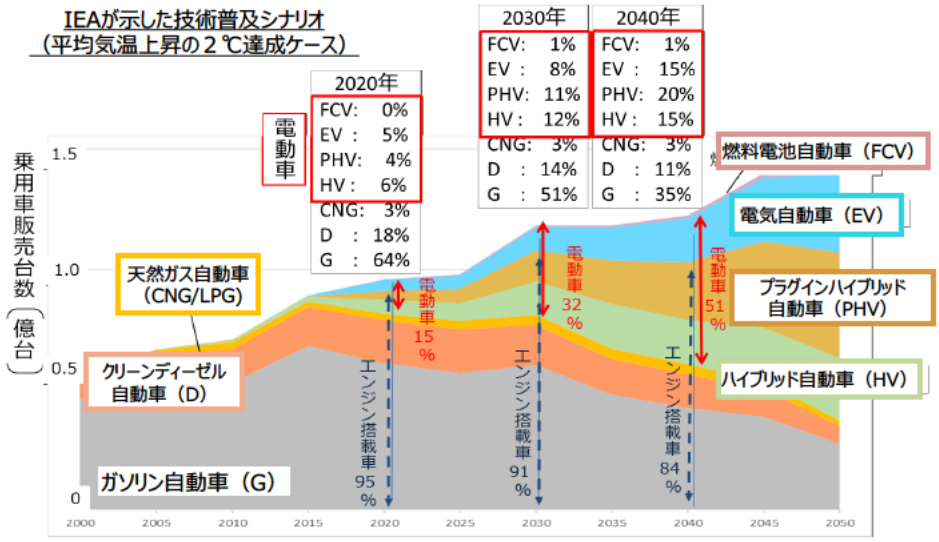
---

[2] 大気中の CO_2 を直接分離し、回収する技術
[3] その後、2021 年 1 月の菅総理施政方針演説にて、「2035 年まで」と表明された
[4] 電気自動車、燃料電池自動車、プラグインハイブリッド自動車、ハイブリッド自動車

		EV	PHV	FCV
経済性	車両価格	約300万円～	約300万円～	約700万円～
	燃料/電力コスト※	年間2.5万円	（利用方法に依存）	年間7.3万円
運用性	航続距離	約300～500km	EV走行距離：約65～95km ＋ガソリン走行距離	約650～850km
	充電／充填時間	長い 急速充電で30~60分	中程度 急速充電で20分程度	短い 3分
インフラ	数・配置コスト	急速・普通充電：約30,000基 比較的安価		162箇所（整備中含む） 高価
	ビジネス性	多く事業者が赤字運営 ※運営費用（電気代）などが回収しきれていない、EV等の利便性上立地は必要だが稼働率が低くなる場所がある等の実態		赤字運営 ※初期費用・運営費用ともに高価

※試算の前提：年間走行距離1万km、電気代20円/kWh（FIT賦課金は含む。基本料金は本試算では算出に用いない。）、水素価格1100円/kg、EV（電費）8km/kWh、FCV（水素燃料費）150km/kg。（参考）ガソリン車（20km/L）、ガソリン価格130円/Lとすると、年間6.5万円、HEV車（30km/L）では年間4.3万円

2017 年の IEA の分析によると、世界的な電動化の流れは趨勢だが、エンジン車との併存が続く見通しで、2030 年時点では、電動車の割合が 32%まで増加する一方で、ガソリン車やハイブリッド自動車等のエンジン搭載車は 91%残っている。2040 年時点においても、乗用車販売に占める 84%はエンジン搭載車のため、世界的にカーボンニュートラルを実現するためには、これらに供給する脱炭素燃料が重要となる。



また、国土交通省が 2020 年 3 月にとりまとめた「大型車の長期的な低炭素化に向けた勉強会におけるとりまとめ」によれば、温室効果ガス排出量削減には電動車の普及は必須としつつも、電動車は、使用面（航続距離、充電時間、積載量、インフラ整備）、コスト面など特有の課題があり、解決には一定程度の期間を要するとされている。こうした課題の解決には、水素や合成燃料などの代替燃料等を利用促進することも重要な対策である。

このように、電動車の普及には、車両、蓄電池やインフラなど様々な課題への対応が必要となる。特に、電動化のハードルが高い商用車等については、合成燃料を代替燃料として利用するなど燃料の脱炭素化の取組も追求すべきである。

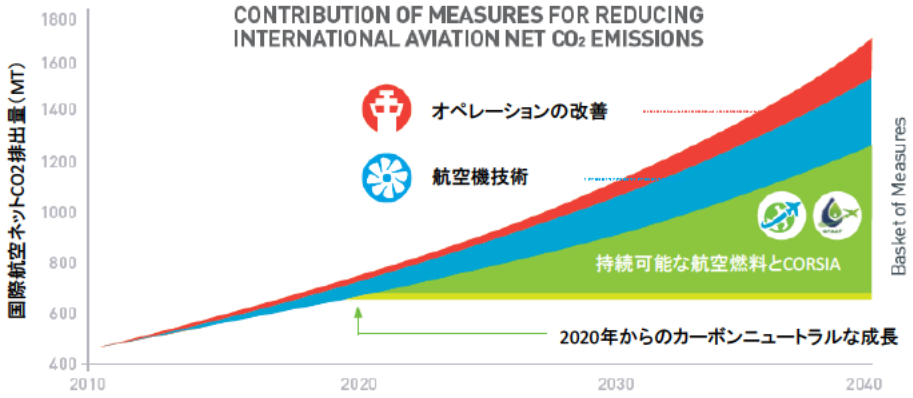
今後、自動車分野においてカーボンニュートラルを実現する上では、バイオ燃料に加え、合成燃料は電動車が潜在的に抱えている課題を克服する解決策の一つとして考えられる。また、自動車用燃料として合成燃料を活用していくためには、内燃機関の技術開発も引き続き必要である。さらに、将来的に、現在のガソリン、軽油に変わる合成燃料の国際規格についても積極的に関与していく必要がある。

（２）航空機・船舶用燃料や民生・産業用燃料としての観点

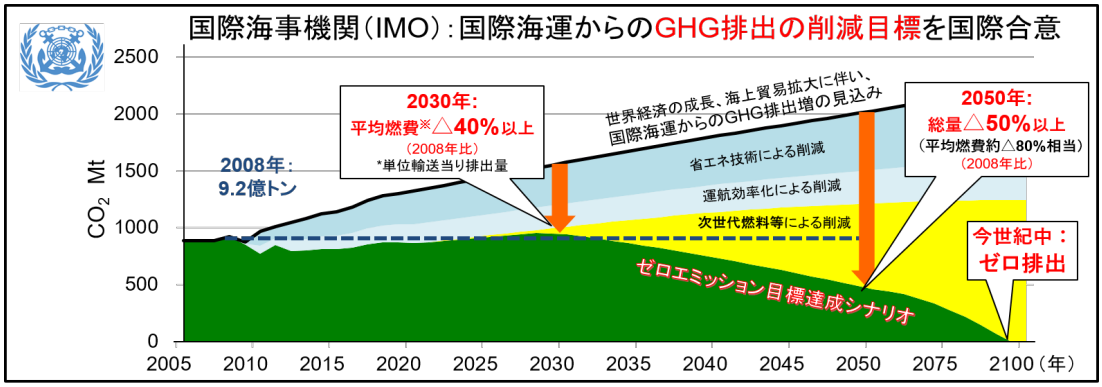
世界の航空会社で構成される業界団体である IATA においては、航空輸送分野における 2050 年の CO_2 総排出量は、2005 年比で 50%削減することが目標とされている。COVID-19 の影響により、航空需要は低迷しているが、2024 年には 2019 年並に需要が戻ると予測されている。

また、航空業界の国際機関である ICAO においては、航空輸送分野における 2021 年以降の CO_2 排出量は、2019 年の CO_2 排出量（基準排出量）に抑えることが目標とされている。各航空会社は、その目標を達成するために CO_2 排出量を削減する必要がある。

国際航空からのCO2排出量予測と排出削減目標のイメージ



一方、船舶分野では、IMO において、国際海運からの GHG 排出削減目標として、2050 年に 50%以上の総量削減が合意された。目標達成に向けた対応が行われているが、既存船に対する CO_2 排出規制の国際枠組みが存在しないなどの課題がある。こうした課題へ全方位的に対応するため、既存船を活用しながらカーボンニュートラルを実現できる合成燃料の技術開発も必要となる。



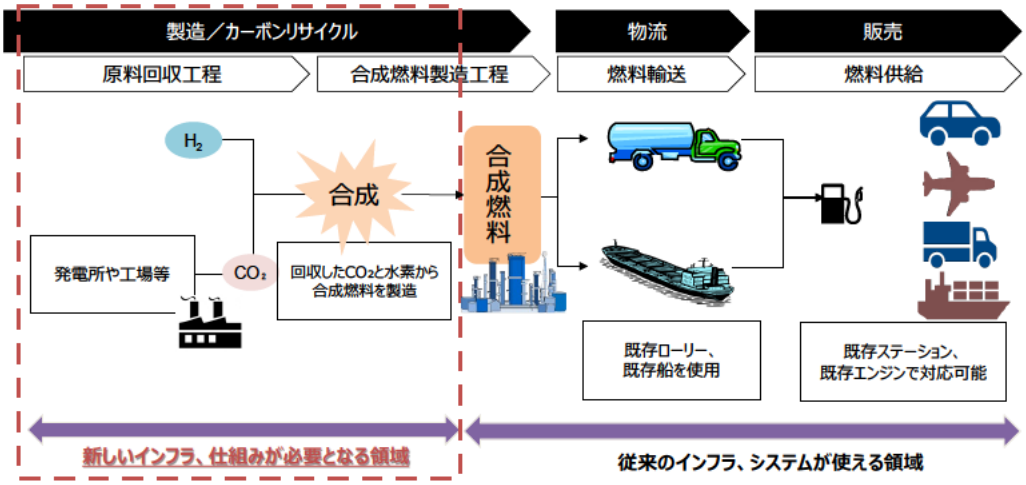
このように、航空機・船舶においては、国際機関の要請により、CO_2削減目標が定められており、航空機については、バイオジェット燃料・合成燃料、船舶については水素・アンモニアなどの代替燃料の技術開発がそれぞれ推進されている。特に航空機については、ICAO において、2021 年以降、国際航空に関して CO_2 排出量を増加させないとの目標を採択しており、この目標を達成するための手段としてバイオジェット燃料に加え、合成燃料等の代替燃料の活用が期待されている。既に商用化されているバイオ燃料が先行して活用されることが見込まれるが、バイオ燃料の原料不足に対する懸念がある。一方、合成燃料の原料は CO_2 と H_2 であるため、工業的に大量生産することが可能であるという観点から、SAF としてのポテンシャルを評価すべきである。

合成燃料は、輸送用燃料のほかにも、民生用燃料としての利用も想定される。例えば、灯油・LP ガス・都市ガスを利用した暖房器具は、エアコンと比較して即暖性が高く、外気温に影響されにくい等の特徴があり、特に寒冷地域では、引き続き需要が残る可能性がある。合成燃料はこうした灯油の特徴を維持することができる。また、産業用（ボイラー）燃料としての活用も考えられる。

（3）石油精製業にとっての合成燃料のポテンシャル

合成燃料は、既存の燃料インフラや内燃機関が活用可能であることから、石油精製業のみならず幅広い関連業種にとって、水素など他の新燃料に比べて導入コストを抑えることが可能となり、導入のポテンシャルが高い。

特に石油精製業は、国内の石油需要の減少に伴い、精製設備能力の削減が求められるとともに、削減で余剰となったアセット（タンク、土地、人材等）を活かした新規事業への取組が迫られている。こうした中で、既存インフラを活用できる合成燃料の導入は石油精製業にとってもメリットがある。



（4）レジリエンス／エネルギーセキュリティの観点

合成燃料は、レジリエンスの観点からは、化石燃料同様、積雪により停電が発生した地域への燃料配送の継続や、高速道路で立ち往生した自動車に対しても給油することが可能である。加えて、災害対応機能を有する SS などの既存の燃料供給インフラの活用や既存タンクを活用した備蓄が可能であるなどの特徴がある。また、エネルギーセキュリティの観点からは、合成燃料は国内で工業的に大量生産することができること、常温常圧で液体であるため、水素など他の新燃料に比べて長期備蓄が可能であることといった優位性がある。

3．製造技術・コストについて

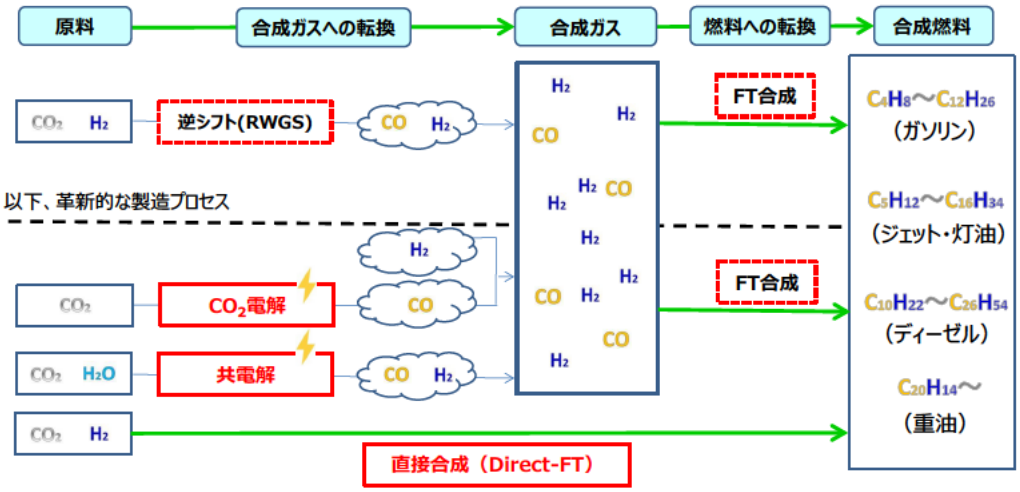
（1）合成燃料の製造プロセスと製造技術について

合成燃料は CO_2（二酸化炭素）と H_2（水素）を反応させることで製造される。具体的には、CO_2 から CO に転換（逆シフト反応）し、CO と H_2 を反応（FT 合成反応）させて作られる製造プロセスが知られているが、製造効率の向上が課題となっている。

一方で、CO_2 電解、共電解、直接合成（Direct-FT）といった、未だ研究開発段階であるものの、革新的な製造プロセスも存在する。

逆シフト反応は、平衡制約があるため反応が進行しにくく、CO_2 の還元に H_2 を消費してしまうが、CO_2 電解は、不可逆反応であり、CO_2 の還元に電力を直接用いるため、比較的温和な条件で反応しやすく、水素製造コストが抑えられる。共電解は、CO_2 と共に水電解を行うため、別に水電解を行って水素調達をするよりも効率よく合成ガス（CO、H_2）を製造できる可能性がある。また、直接合成（Direct-FT）は、逆シフト反応と FT 合成反応を同時に実現するため、逆シフト反応＋FT 合成反応のプロセスに比べてより効率よく

合成燃料を製造できる可能性がある。これらの技術の確立によって、製造効率の飛躍的な向上が期待される。



① 合成燃料の製造技術（合成ガス製造）

【逆シフト反応（RWGS）】

＜概要＞

・平衡反応であるシフト反応を逆向きに進行させる反応。逆シフト反応を進行させるには、高温下（600℃以上）で触媒を用いて反応を行う必要がある。

＜技術課題＞

・低温下で工業的に使用されているシフト反応用の触媒を流用することは困難であり、高温に耐え得る触媒を開発する必要がある。

＜化学式＞

・$CO_2 + H_2 \rightarrow CO + H_2O$

【直接合成（Direct-FT）】※革新的技術

＜概要＞

・逆シフトと FT 合成（後述）を同時に実現し、CO_2 と H_2 から直接、炭化水素を製造する手法。

＜技術課題＞

・基礎研究段階。

・逆シフト反応と FT 合成反応のいずれの反応も進行させ、かつ連鎖成長率が高い（生成する炭化水素の C の数が大きい）触媒を開発する必要がある。

＜化学式＞

・$nCO_2 + mH_2 \rightarrow CnH_{2(m-2n)} + 2nH_2O$

【CO_2 電解】※革新的技術

＜概要＞

・電解装置を用いて、電極上で CO_2 を CO に電気化学的に還元する手法。低温下でも反応が進行するため高耐久性が期待され、長時間運転への対応が可能。

＜技術課題＞

・現存する電解装置では大規模かつ安定的に CO を生成することができないため、複数の電解装置を一体運用するための設計開発が必要である。

＜化学式＞

・$CO_2 \rightarrow CO + \frac{1}{2}O_2$

【共電解】※革新的技術

＜概要＞

・水電解と CO_2 電解を同時に行う手法。合成ガスへの転換をワンストップ化することにより、効率的な製造が可能。

＜技術課題＞

・CO_2 電解と同様、電解装置の大型化が必要である。

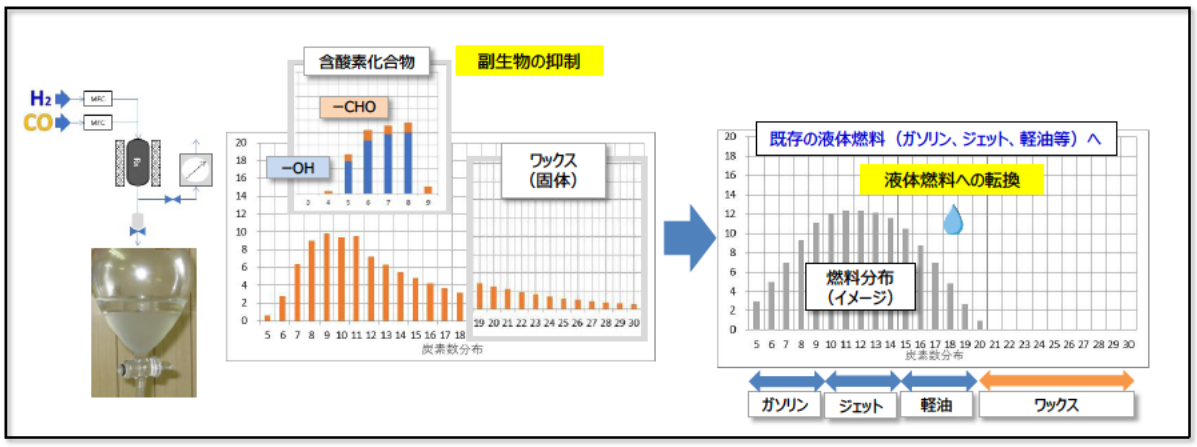
・高温下の反応で、電解装置の劣化や副反応が起こるため、電解装置の耐久性向上や副反応の制御が課題である。

＜化学式＞

・$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2 + CO + O_2$

② 合成燃料の製造技術（FT 合成）

FT 合成（Fischer-Tropsch 合成）とは、触媒（Co、Fe など）を用いて合成ガス（CO、H_2）から合成燃料に転換する技術で、実用化されているものはあるが、目的留分を効率的に得るための触媒開発に課題がある。具体的には、FT 合成は重合反応であり、生成する炭化水素は C1 から C4 までの軽質ガス、C5+からの液体炭化水素、ワックス（固体）等が幅広く得られるため、含酸素化合物やワックス（固体）などの副生物の抑制や、炭素数 5 から 19 程度の液体燃料留分収率を向上させる触媒の基盤技術を確立することが課題となる。

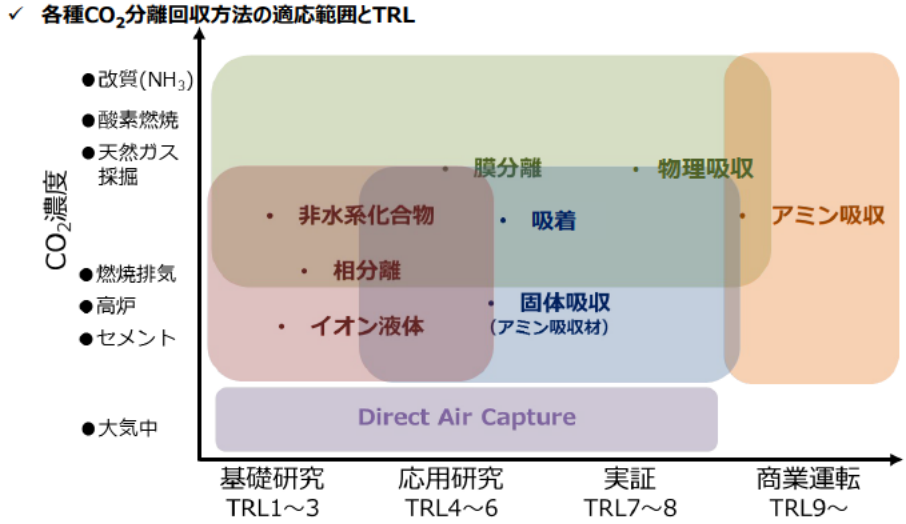


（２）CO_2の分離・回収コスト

CO_2分離・回収方法は回収源のCO_2濃度で異なり、技術開発状況も異なる。

① 発電所・工場等から排出される濃度が高いCO_2の分離・回収技術

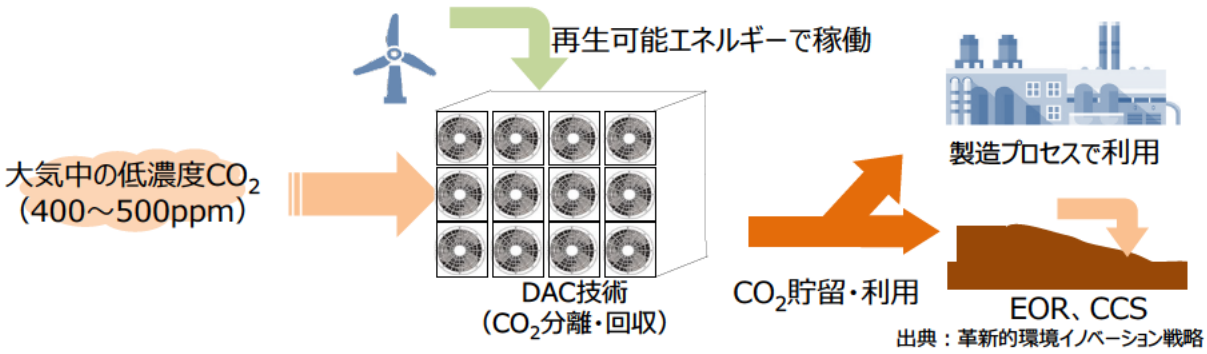
回収源のCO_2濃度が高い分野では、アミン系の化学吸収液を用いたCO_2分離・回収技術は商用化されている。一方で、燃焼後排気回収（低圧）用の固体吸収材や燃焼前回収（高圧）用の物理吸収液、分離膜を用いた分離・回収技術等については、技術確立に向け、実証試験やパイロットスケール試験等の研究開発が取り組まれている。



② 大気中に存在する濃度が低いCO_2の分離・回収技術（DAC）

回収源のCO_2濃度が低い大気中のCO_2を直接分離・回収する技術（DAC：Direct Air Capture）は、従来技術（アミン系の化学吸収液等）ではコストが高くなるため技術革新が必要となる。DACの方式を大別すると、次の3種があり、主に化学吸収・吸着法の技術開発が進んでいる。

- ✓ 化学吸収・吸着法（アミン系の化学吸収液・吸着材等を用いて空気中のCO_2を吸収・分離し、その後、加熱や減圧操作により吸収液・吸着材等からCO_2を回収）
- ✓ 膜分離法（イオン交換膜を用いて空気中からCO_2を分離・回収）
- ✓ 深冷法（CO_2の沸点(-79℃）以下まで空気を冷却し、CO_2をドライアイスにして分離）



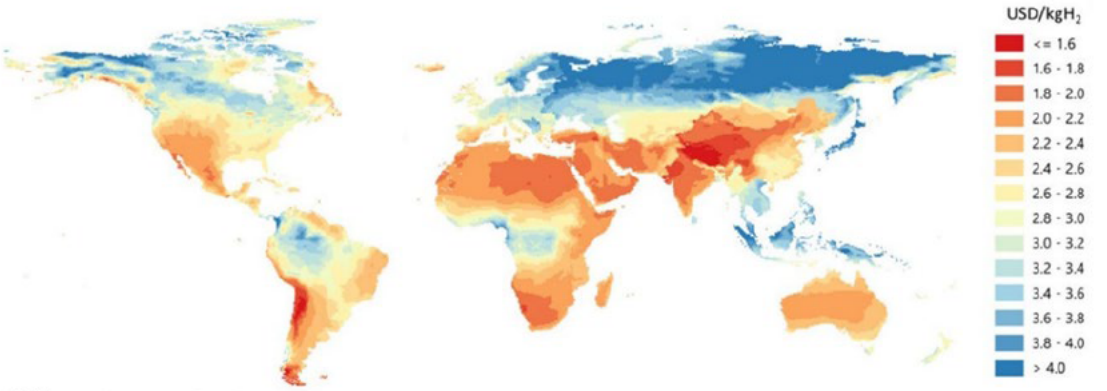
①、②の共通課題として、分離・回収に要するエネルギーコストの低減が挙げられる。これまでに無い新たな化学吸収液・吸着材、分離膜等や、分離・回収法の開発が必要となる。また、併せて、再生可能エネルギーの利用や回収した CO_2 の貯留・再利用手法とのシステム化技術についても開発する必要がある。

（３）H_2 の製造コスト・輸送コスト

グリーン成長戦略において、2030 年に水素供給コスト 30 円/Nm^3（現在の販売価格の 1/3 以下）、2050 年に水素発電コストをガス火力以下（20 円/Nm^3 程度以下）にする等、化石燃料に十分な競争力を有する水準となることを目指すこととしている。

再エネや水電解装置のコスト低下に伴い、2050 年には化石燃料＋カーボンリサイクル/CCUS で製造する水素よりも安価に水素を製造することが可能となる地域が出てくる見込みである。加えて、IEA は、一部地域では長期的に再エネ水素が、輸出した場合においてもコスト競争力を有する可能性を指摘している。

長期的な太陽光・陸上風力からの水素製造コストの分布



（出典）IEA, The Future of Hydrogen

このため、水電解装置の大型化や優れた要素技術の装置への実装等による装置コストの一層の削減や、液化水素運搬船を含む輸送関連設備の大型化などによる供給コストの削減を進めていく。

また、メタンから水素を取り出す際に炭素を分離することで比較的安価にCO_2フリー水素を製造可能なターコイズ水素について、国内外で技術開発が進められている。

水素キャリアの選定は、水素社会の在り方を決める重要な論点であるが、それぞれ異なる課題を抱えており、長期的にどれが総じて優位となるか現時点で見極めることは不可能である。加えて、化学的な特性や既存インフラ等の活用可否により、用途等の棲み分けも長期的に行われると考えられるため、現時点でキャリアを絞り込まず、競争を促しつつも各々の技術的課題克服等を支援する。また、キャリアの評価に当たっては、水素化、脱水素化のコストに加えて、輸送（国際輸送)、配送（国内配送）のコストなども加味し、総合的に評価することが重要である。

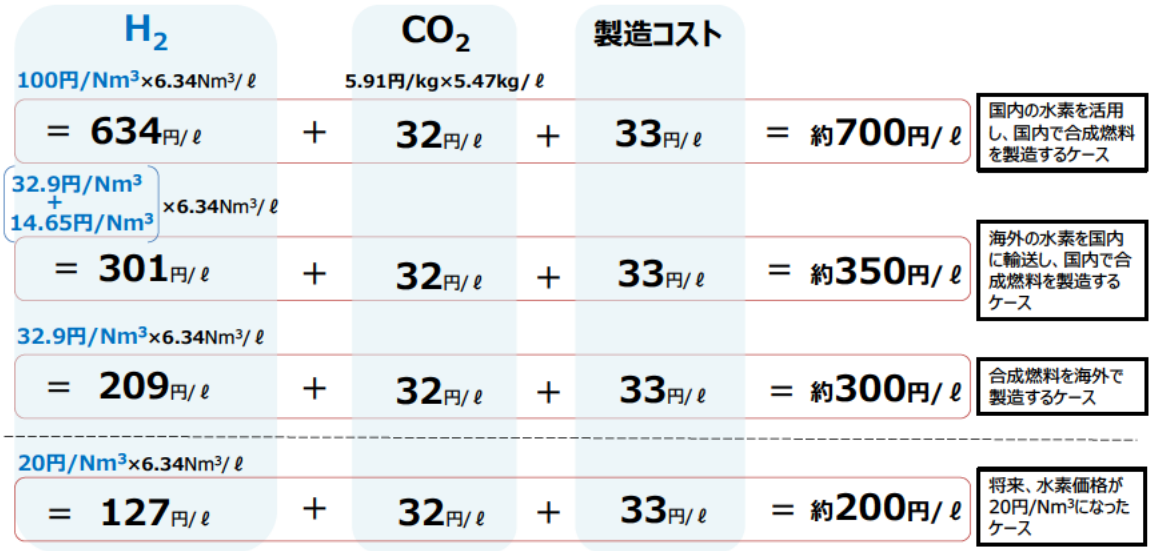
キャリア	液化水素	MCH	アンモニア	合成メタン
体積(対常圧水素)	約1/800	約1/500	約1/1300	約1/600
液体となる条件、毒性	-253℃、常圧 毒性無	常温常圧 トルエンは毒性有	-33℃、常圧等 毒性、腐食性有	-162℃、常圧 毒性無
直接利用の可否	N.A.(化学特性変化無)	現状不可	可（石炭火力混焼等）	可（都市ガス代替）
高純度化のための追加設備	不要	必要（脱水素時）		
特性変化等のエネルギーロス	現在:25-35% 将来:18%	現在:35-40% 将来:25%	水素化:7-18% 脱水素:20%以下	現在：-32%
既存インフラ活用、活用可否	国際輸送は不可（要新設）。国内配送は可	可（ケミカルタンカー等）	可（ケミカルタンカー等）	可（LNGタンカー、都市ガス管等）
技術的課題等	大型海上輸送技術（大型液化器、運搬船等）の開発が必要	エネルギーロスの更なる削減が必要	直接利用先拡大のための技術開発、脱水素設備の技術開発が必要	製造地における競争的な再エネ由来水素、CO2供給が不可欠

（４）コスト（現状の試算値）

合成燃料は、現状、化石燃料と比べて製造コストが高い。国内の水素製造コスト、水素の輸送コストを踏まえると、海外で製造するケースが最もコストを低く抑えられると見込まれる。なお、将来的に、合成燃料のコストは脱炭素燃料であるという環境価値を踏まえて見ていく必要があり、既存燃料と単純な比較をすることは適当ではない。

合成燃料のコストを下げるためには、製造効率の向上、CO_2の分離・回収コストとH_2の製造コスト・輸送コストの低減が鍵となる。特に、H_2コストの低減を待つことなく、合成燃料の製造効率向上などの研究開発等の取り組みを進めることが重要である。

（参考）合成燃料のコスト（現状の試算値）



※NEDO 報告書「CO_2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（2020.8）」より、合成燃料 1ℓあたり水素投入量：6.34Nm³/ℓ、CO_2投入量：5.47kg/ℓと仮定。

※国内の水素価格 100 円/Nm³（現在）、20 円/Nm³（将来）は水素基本戦略より引用。海外の水素価格 32.9 円/Nm³、水素輸送コスト 14.65 円/Nm³ は NEDO 報告書「CO_2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（2020.8）」より引用。

※CO_2回収コスト 5.91 円/kg は、発電所・工場等から排出される CO_2 を化学反応法により回収したコストとして、NEDO 報告書「CO_2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（2020.8）」より引用。

※製造コストについては、NEDO 報告書「CO_2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（2020.8）」の数値を参考に、逆シフト反応設備・FT 合成設備のコストに保守・人件費を加えて試算。

合成燃料のコスト低減について、本研究会では、主に合成燃料の製造効率を高めるための方策について提言を行うが、合成燃料のコスト低減は水素価格と CO_2 の分離・回収コストの低減が重要である。また、原料として、廃プラスチックや都市ごみをガス化して合成ガスを得るという手法も考えられる。

① 水素価格

合成燃料のコストは、水素価格に大きく依存している。そのため、合成燃料の導入拡大の可能性については、国内外の水素価格の水準によって大きく左右されることに留意が必要である。CO_2フリー水素の価格水準を決定するのは再エネなどの CO_2 フリー電力価格であり、現状、例えば再エネについては国内より海外のほうが安く作ることができるため、海外の水素を活用する場合は、合成燃料のサプライチェーンをグローバルに見ていく必要がある。また、水素を日本に輸送する場合、水素キャリアの形

態、水素の輸送コストについても留意が必要である。他方、余剰電力を用いた国内での合成燃料製造の可能性も検討する必要がある。

② CO_2の分離・回収コスト

合成燃料のコストとして、CO_2の分離・回収コストも含まれている。特にDAC技術など、CO_2の分離・回収技術のイノベーションも不可欠である。

４．国内外の動向

① 国内の動向

合成燃料については、これまで国内において、要素技術の研究開発が行われてきたところであり、最近では、2020年8月に、NEDOが合成燃料の導入可能性及び有力な革新的技術を調査し「CO_2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」報告書を出した。また、2020年12月には、東芝エネルギーシステムズ、出光興産等6社が、CO_2をCOに電気分解する技術を用いたプロセスにより排ガスなどからのCO_2を「持続可能なジェット燃料」に再利用する、カーボンリサイクルのビジネスモデル検討を開始した。

さらに、2021年2月からJPEC（石油エネルギー技術センター）、石油会社（ENEOS、出光興産）等が連携し、CO_2からの液体合成燃料一環製造プロセス技術の研究開発に着手した。

② 海外の動向

海外においても、近年、欧米を中心に、数多くの研究開発や実証プロジェクトが立ち上がっている。これらのプロジェクトの主体は、欧州の石油会社や自動車会社に加え、水電解やCO_2回収の技術を有するスタートアップやそれらのコンソーシアムが多い。実証フィールドとしては、製油所や、安価な水素調達が見込まれる地域であることが特長である。また、特に欧州のプロジェクトについては、政府からの支援を受けて研究開発・実証を行っている場合がほとんどである。

（参考）海外の合成燃料プロジェクト

企業／大学名（国籍）	実証事業／研究開発／検討中	スケジュール／BD 規模／事業費	技術要素／製造プロセス	政府からの支援の有無
Audi（ドイツ）	実証事業	2018 年に 60L の e-gasoline の生産に成功	ー	ー
Repsol（スペイン）	研究開発 （Aramco と共同）	2024 年、50bpd 規模で稼働予定 第 1 弾で 6 千万ユーロ投資	100MW 電解槽 FT 合成	欧州イノベーション・ファンド応募(2021 年末採否決定)
Total（フランス） パートナー：Sunfire	実証事業 ドイツ Total Leuna 製油所	2021 年稼働 150 百万ユーロ(メタノール製造含め一式)	1 MW (SOEC)電解槽	ドイツ政府支援
WESTKUSTE100(ドイツのコンソーシアム名) コンソーシアム：10 社	実証事業 ドイツ Heide 製油所を含む工業地帯	2019 年 7 月 18 日、89 百万€の開発計画公表 2020 年 8 月プロジェクト開始、5 か年	30MW 電解槽による製油所向け水素 本 PJ 終了後、50～100MW(パイロット)、700MW(大型化）へ移行 FT 合成	2020 年 8 月 3 日、政府支援予算 30 百万€承認)
BP（英国）	検討中 ドイツ BP Lingen 製油所	2022 年に投資判断	50MW 電解槽（将来 500MW)、グリーン水素からサステナブル燃料	欧州イノベーション・ファンド応募(2021 年末採否決定)
Sunfire パートナー：Climeworks, INERATEC , KIT	実証事業 デモ専用プラント（ドイツ・ドレスデン）	技術ライセンス先（Norsk e-Fuel 、Nordic Blue Crude）より供給開始	共電解（10 kW) Climeworks(DAC) 、NERATEC (FT 合成)、KIT（水素化分解）	ドイツ連邦教育・研究省 BMBF が Kopernikus Power-to-X プロジェクトの一環で資金活用
Norsk e-Fuel(ノルウェー) パートナー：Climeworks, Sunfire, Paul Wurth	実証事業 ノルウェーHeroya	2023 年 (Phase1) 180bpd 2026 年 (Phase2) 1,800bpd	SOEC 共電解槽 FT 合成	ー
Nordic Blue Crude（ノルウェー） パートナー:Sunfire, Norwegian Technological University	実証事業 ノルウェーHeroya	2022 年 180bpd	アルカリ電解槽 FT 合成	独エネルギーロジ会社 Marquad & Bahls が 2020 年 1 月,10 月に出資

企業／大学名（国籍）	実証事業／研究開発／検討中	スケジュール／BD規模／事業費	技術要素／製造プロセス	政府からの支援の有無
Infinium（米国加州） パートナー：アマゾン，米国三菱重工、英国 AP ベンチャーズ，独 Neuman & Esser，グランサム環境トラスト	実証事業 （アナウンスがあったが、現状の研究施設情報なし）	（未公表）	e-fuel 製造プロセスの概要 ①再生可能エネルギー由来電力を利用し、水電解槽で、グリーン水素を製造 ②独自触媒を使用した反応炉で、CO_2 とグリーン水素を合成し、合成ガスを生成 ③合成ガスから e-fuel を合成	ー
Haru Oni プロジェクト（チリ） プロジェクトパートナー：チリ電力会社 AMF、AIM 子会社 HIF(Highly innovative Fuels)、チリ国営石油 ENAP、イタリア Enel、ドイツ（Siemens, Porsche, BMWi)、米 ExxonMobil	実証事業 チリ・マガジャネス州	2022 年(パイロット) 130KL/y 2024 年(Phase1) 5.5 万 KL/y 2026 年(Phase2) 55 万 KL/ｙ	Siemens PEM 型電解槽 MTG（EM 技術）	Siemens は、ドイツ連邦経済エネルギー省（BMWi）から 8 百万ユーロの補助獲得
航空宇宙センター(DLR)（ドイツ） パートナー：ハンブルク工科大学（ドイツ)、John Brown Voest GmbH（ドイツ）	実証事業 パイロットプラント	生産能力は 1 万トン/年		ドイツ連邦交通・デジタルインフラストラクチャー省(BMVI)からの委嘱による e-fuel 生産プラント
HaldorTopsoe 社（デンマーク）	検討中 生産検討	ー	電解水素と CO_2 から船舶用再エネメタノールや再エネジェットを生産 10MW in 2023, 250MW in 2027, 1.3GW in 2030	ー
オックスフォード大学（英国）	研究開発 実験室レベルと思われる	ー	鉄系触媒を用い、CO_2 を直接ジェット燃料に変換	ー
カーボンエンジニアリング（カナダ）	実証事業 ブリティッシュ・コロンビア州	ー	水力発電の電力を利用した電解水素と、DAC 技術を用いて大気中から回収した CO_2 を原料として、液体燃料を合成	ー

※公表資料をもとに作成

５．合成燃料の導入拡大に向けた視点・政策の方向性

（１）合成燃料の研究開発の加速化

① 合成燃料の商用化製造技術の早期確立

合成燃料の技術開発・実証は、欧米を中心に急速に広がりを見せており、我が国産業界としても新たなビジネスチャンスとして積極的に取り組む必要がある。

合成燃料の製造に関して、我が国の優位性を確立するためにも、学術的（サイエンス）な観点からの要素技術の研究開発に加え、商用化のための高効率・大規模な製造技術などエンジニアリングの観点から、合成燃料の製造技術・体制を早期確立することが必要である。さらに、合成燃料の製造技術・体制の確立とともに、合成燃料の供給面・利用面も含めた実証を行うことも必要である。

このため、既存技術（逆シフト反応＋FT 合成プロセス）の高効率化のための技術開発や、大規模製造を実現するための製造設備の設計開発や製造実証を行う必要がある。

② 合成燃料の革新的な製造プロセスの基盤技術開発

CO_2電解、共電解、直接合成（Direct-FT）といった革新的な製造プロセスは、熱マネジメントによる製造効率の飛躍的向上等の観点から重要である。

このため、CO_2電解、共電解、直接合成（Direct-FT）といった革新的な製造技術の開発にも、産学官で連携するなどにより取り組んでいく必要がある。

こうした合成燃料に係る技術開発・実証を今後 10 年で集中的に行うことで、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[5]を目指すべきである。

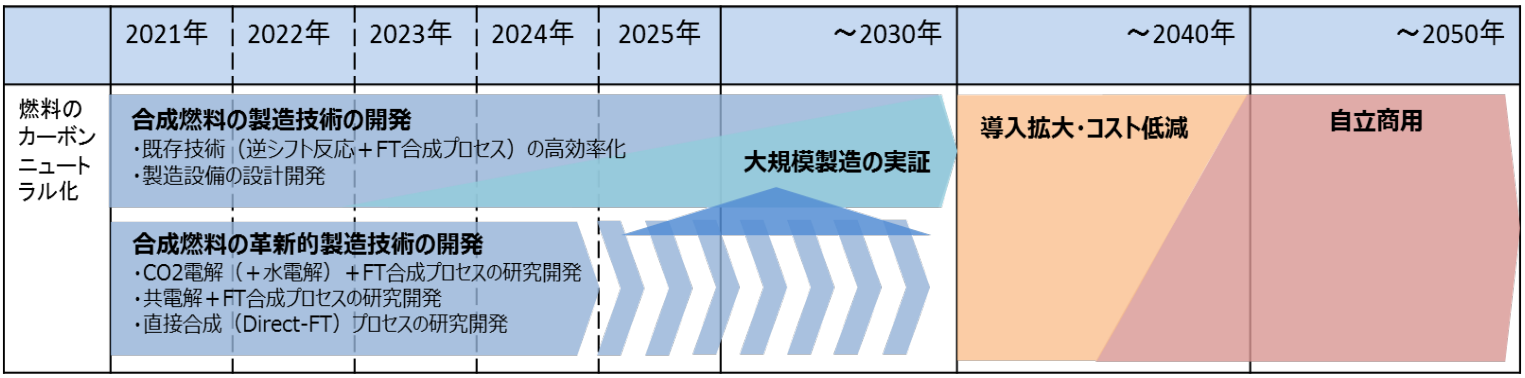
合成燃料については、2020 年 12 月に策定されたグリーン成長戦略において位置づけられ、現状と課題・今後の取組が示されているが、上記を踏まえ、次図赤枠の具体化をすべきである。

[5] 自立商用化フェーズにおける合成燃料のコストは、その環境価値を含めたコストであると想定される。

＜グリーン成長戦略（⑤自動車・蓄電池産業分野）より抜粋＞

	現状と課題	今後の取組
CN燃料の化	**合成燃料※の低価格化と製造技術・体制の確立** ・商用化に向けた一貫製造プロセス未確立 ※発電所や工場等から回収したCO2と水素を合成して作られるエンジンで利用可能な液体燃料	**合成燃料の大規模化・技術開発支援** ・2050年にガソリン価格以下のコストを実現することを目指す。 ・革新的新規技術・プロセスの開発、商用化に向けた一貫製造プロセス確立のための応用研究を実施する

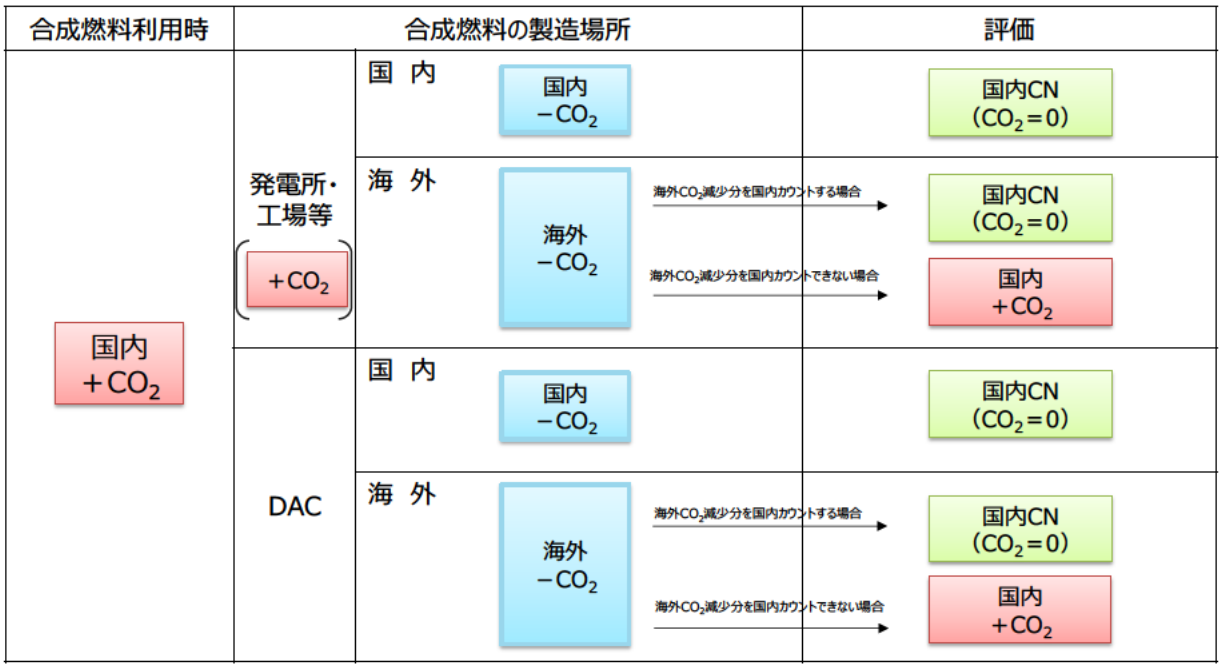
2030 年までに高効率かつ大規模な製造技術を確立し、2030 年代に導入拡大・コスト低減し、2040 年までの自立商用化を目指す



なお、上記の製造技術以外にも、メタノールからガソリンを製造する MTG プロセスや、廃プラスチックや都市ごみから合成ガス（CO、H_2）を回収する手法など、合成燃料には様々な製造方法・プロセスが考えられ、今後も必要に応じて、国際動向も踏まえながら、こうした様々な製造方法・プロセスの取組を推進させる方策を検討していくべきである。

また、今後の合成燃料の研究開発・実証の進捗や合成燃料に対する社会的なニーズを見極めながら、必要に応じて、合成燃料の導入拡大に向けた工程表を見直していく必要がある。

（２）脱炭素燃料としての国際的評価と枠組みの構築

合成燃料は、燃焼時に CO_2 を排出するものの、製造時に CO_2 を再利用していることから、カーボンニュートラルであるとみなすことができる。合成燃料の導入拡大のためには、合成燃料が脱炭素燃料であるとの国際的評価を確立することや、発電所・工場等から排出される CO_2 を回収して利用する場合は CO_2 削減分のカウントを発電所・工場等側と製造側とでどのように割り振るべきかといったルールを作ることが重要であり、今後、国際的議論に積極的に参画していく必要がある。

また、合成燃料の製造場所が海外である場合、海外で回収された CO_2 を消費国の CO_2 削減分としてカウント（オフセット）しなければならない。合成燃料が国内のみならずグローバルなサプライチェーンの中で製造される可能性が高いことを踏まえれば、カーボンクレジット制度を通じて、合成燃料製造時に回収される CO_2 のオフセットの枠組みを構築していく必要がある。