

第1章 CO₂由来液体燃料の課題・展望

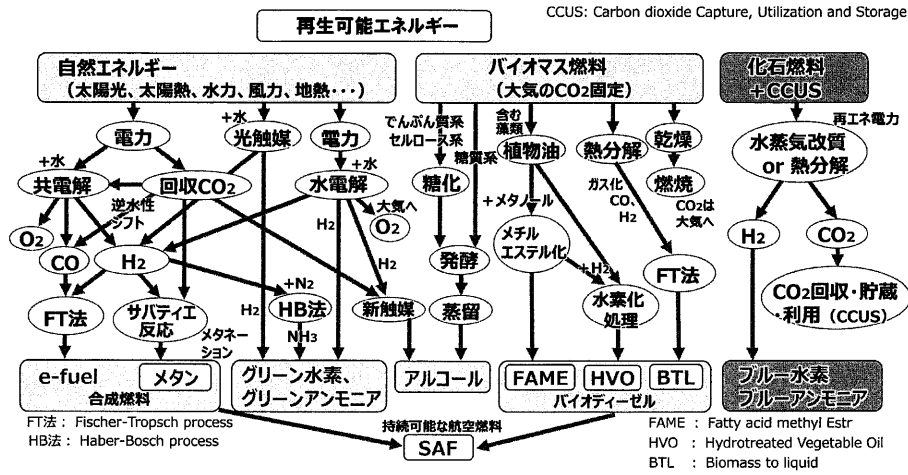


図3 カーボンニュートラル燃料の種類 (筆者作成)

タノール, e-エタノールなどがある。近年, CN 燃料の活用先として世界中で最優先なのが, 持続可能な航空燃料 (SAF: Sustainable Aviation Fuel) 用である。

1.2.1 e-fuel

(1) e-fuel の定義

代表的な CN 燃料の 1 つに, 太陽光など再エネ電力を用いて回収した CO₂ と水 (H₂O) から人工的に合成した e-fuel と呼ばれる液体の炭化水素燃料 (synthetic fuel) がある。e-fuel の語源は, ドイツ語の「Erneuerbarer Strom: 再生可能エネルギーで発電した電気」の頭文字の E に, 「燃料」の英語である「fuel」を付けたものと言われている³⁾。一方, 主に米国では「Electrofuels」という新しい英単語の略表記ともされる。

e-fuel は, 「Power-to-X (P2X, PtX)」技術の 1 つでもある。P2X とは, 電気エネルギーを別のエネルギーに変換する技術の総称であり, 「Power-to-Gas (P2G)」, 「Power-to-Liquid (P2L)」, 「Power-to-Chemicals (P2C)」などの派生語がある。このうち再エネ電力を利用した P2G や P2L が広義の e-fuel であるが, モビリティでの利用という観点では, CO₂ と H₂ からの液体の合成燃料を一般的に e-fuel と呼んでいる。e-メタノールや e-エタノールも e-fuel と言える。

また, サバティエ反応などのメタネーション技術によって再エネ電力で製造される合成メタンや, 水を電気分解したグリーン水素は CN 燃料であるが, 狭義には e-fuel に分類しない。また, ハーバー・ボッシュ法などで合成されたグリーンアンモニアは容易に液体燃料となるが, 一般には e-fuel と呼ばれていない。グリーン水素含めてエネルギーキャリアと呼ぶ。

(2) e-fuel の製造法と種類

e-fuel は, 前述のように主に大気中の CO₂ と H₂O を原料として, 再エネ電力で炭化水素やアルコールを合成するが, その製造法の違いによって作られる燃料種が異なる。まず, 分離回収・

第2章 e-メタノールの動向

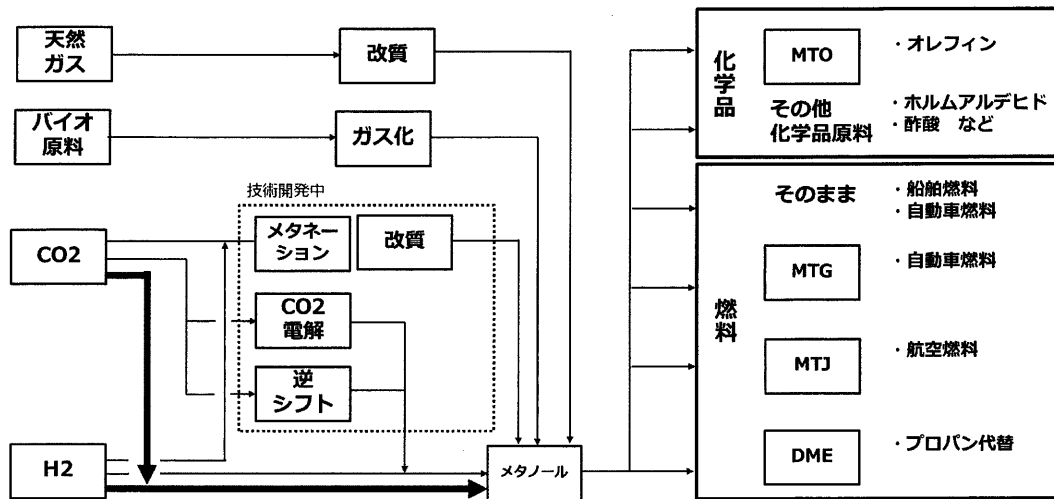
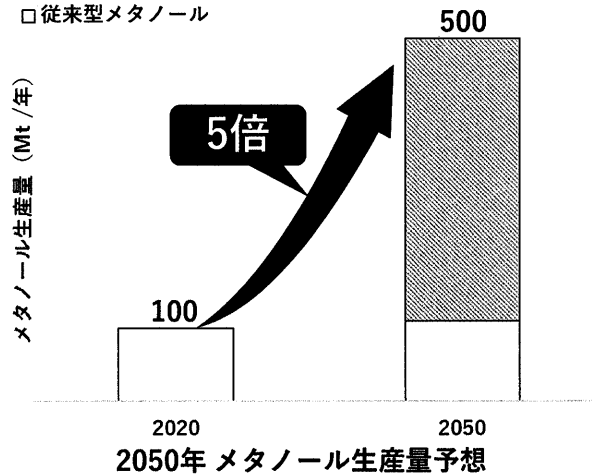


図1 メタノールの製造ルートと下流製品への展開

■ 低炭素メタノール *1)

□ 従来型メタノール



*1) バイオメタノール および e-メタノール(再生可能エネルギー由来の水素とバイオマスやDACなどをソースとするCO₂から合成したメタノール)

図2 2050年メタノール生産量の予想²⁾

燃料としての用途別では、船舶燃料、MTJを介した航空燃料 (SAF)、MTGを介した自動車燃料、DMEプロセスを介したプロパン代替としての活用が期待され、メタノールを基盤とした合成燃料 (e-Fuel) の製造が注目されている。特に船舶燃料に関しては、メタノール二元燃料船が既に実用化され、運航実績もあることが大きな利点である。国際海事機関IMO (International Maritime Organization) は、国際海運による温室効果ガス (GHG) 排出を削減するための戦略を策定しており、2050年までにGHG排出をネットゼロにすることを目標としている。具体的な

本節ではFT合成技術を用いたSAF製造技術について解説する。

6.2 FT合成技術

6.2.1 FT合成技術概要

FT合成プロセスは大きく分けて①合成ガスを作る工程、②FT合成反応にて直鎖炭化水素からなるFT粗油を得る工程、③FT合成粗油を水素化分解・異性化してナフサや灯油留分といった連続留分からなる合成原油を得た後、蒸留で最終製品を得る工程の3段階からなる(図4)。FT合成以降のプロセス構成は同じであるが、種々の原料からCOとH₂を主成分とする合成ガスを得る工程が異なり、原料の違いに応じて、天然ガス由来であればGTL(Gas to Liquid)、バイオマスであればBTL(Biomass to Liquid)、再エネ水素を使う場合はPTL(Power to Liquid)等とも呼ばれ、その総称としてXTLと称される。これらは、合成ガスの製造工程と、原料由来の不純物が異なるため、触媒毒になるこれら不純物を除去する工程に、各々違いが生じる。更には、PTLでは、既存のFT合成では、CO₂は直接反応に寄与しないため、事前にCOに還元しておく必要がある。このCO₂還元方法には、まだ開発要素が残されており、図中記載の逆シフト反応を含め、共電解法やCO₂電解法等の開発が進められている。

FT合成技術は、1920年代にドイツKaiser-Wilhelm研究所のFranz FischerとHans Tropschによって、石炭から得られる水性ガスを原料に液体燃料を得るために開発された技術で、式(1)で表される大きな発熱を伴う重合反応である。直接の原料はH₂とCOで、原料H₂/CO化学量論

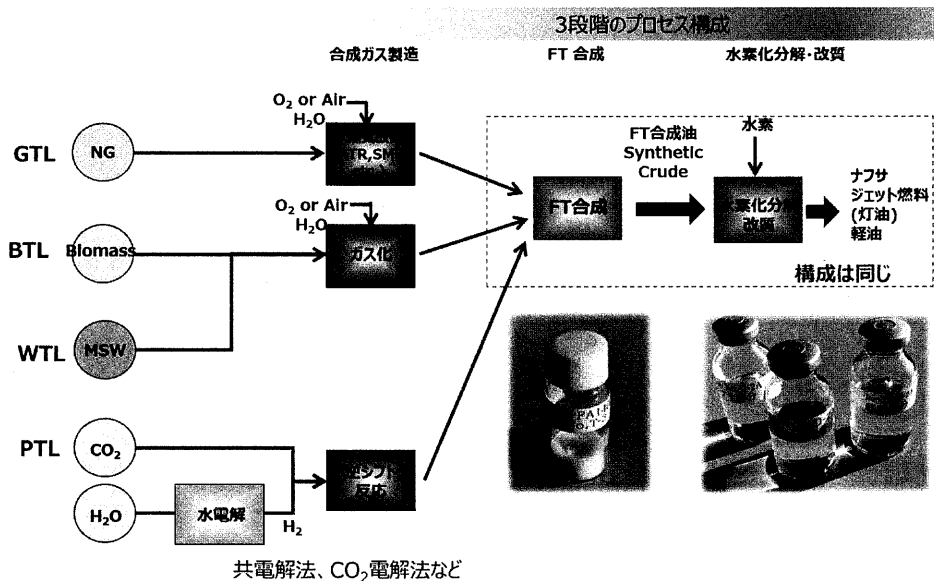


図4 XTL技術の各工程イメージ

CO₂ 由来液体燃料の最前線

表 2 評価していく代替燃料の要素

環境要素			燃料特性				
製造+利用時 CO ₂ 排出量 Well to Propeller	メタンスリップ 大気中への漏洩	NOx/N ₂ O等 燃焼ガス	温度管理	圧力管理	毒性	体積・重量 エネルギー 密度	
経済要素				技術要素			
製造 費用	追加 インフラ	取引市場 ヘッジ手法	供給 能力	燃料製造 船用機関	規格 ルール	運航技術 ノウハウ	船舶設備
経済・技術に大きく影響を与える要素							
炭素価格	燃料炭素 強度規制	エネルギー シフト	他社動向	顧客動向			

出所：各種公知情報より筆者作成

表 3 各代替燃料候補の主要課題

	既存インフラの活用	海運以外の需要セクターの ブルー化・グリーン化需要	LCA評価における GHG削減度	
LNG (化石)	必要なのは主にバンキング船 の整備のみ	ガス事業者・メジャーでの合成・ バイオメタン開発機運有り	対重油比の削減比率▼17%	
			合成メタン	水素製造部分は、グレー水素から約7割削減(註)
			バイオメタン	供給ソースにより対重油削減率 の評価が変わる
メタノール (グレー水素)	生産・供給インフラの追加整備 が必要	合成燃料の原料として需要が期 待される。開発プロジェクト数は アンモニア比較少ない。	VLSFO比 GHG排出増加	
			合成 メタノール	水素製造部分は、グレー水素から約7割削減(註)
			バイオ メタノール	供給ソースにより対重油削減率 の評価が変わる
アンモニア (グレー水素)	生産・供給インフラの追加整備 が必要	日韓の石炭火力発電等混焼用 の実需あり。欧州もアンモニア輸 入を明言。開発プロジェクト多数	VLSFO比 GHG排出増加	
			グリーン/ブルー アンモニア	グレーアンモニアから約7割削減

註：水素社会推進法にて METI により再定義付けされた低炭素水素由来の合成メタン・合成メタノールの定義に基づく。製造・輸送を含めた炭素強度が設定される。

出所：各種公知情報より筆者作成

6.4.2 代替燃料ごとの主な課題（生産・供給体制の確保に向けての海運以外の需要セクターの重要性）

インフラ面、海運以外の需要セクターからの非化石燃料需要(ブルー化・グリーン化)、そして LCA 評価の観点から、代替燃料ごとの主な課題を分析した。アンモニアについては、水素キャリア・電力向けを視野に入れた開発案件が世界的に多数ある状況だが、最終需要家の購買コミットメントまで至る案件は少ない。天然ガス由来のグレーアンモニアは LCA の観点からは