

ARC リポート

シリーズ 石油化学～CCU 化学の技術と動向(2)

石油化学～CCU 化学における化学産業と燃料産業 ～サーキュラープラスチックと持続可能な燃料

株式会社旭リサーチセンター
シニアリサーチャー 府川 伊三郎
主席研究員 石井 由紀

石油化学、天然ガス化学、新石炭化学、バイオマス化学、リサイクル化学、CO₂/H₂ 化学の 6 つの化学に関するリポートの続編である。6 つの化学別に、化学産業と燃料産業の製品、技術、相互関係をまとめた。トピックスとして、石油事業をベースとする“石油化学”企業と石油事業をベースとしない“石油化学”企業のリスト、石油精製でのパラキシレン製造、サーキュラープラスチック(バイオマスプラスチックとリサイクルプラスチック)、持続可能な燃料(バイオエタノール、バイオディーゼル、バイオメタン、SAF)、バイオマスと廃プラの共通技術(ガス化、油化、石化原料化)、熱分解油の石油精製でのアップグレードなどを取り上げた。

ポイント

- ◆化学産業と燃料産業は、石油化学—石油産業、天然ガス化学—天然ガス産業、新石炭化学—石炭産業、バイオマス化学—バイオマス産業などの緊密な関係がある。世界の大手“石油化学”企業を、石油事業をベースとする企業と石油事業をベースとしない企業に分類し、リストアップした。(4-8 頁)
- ◆化学産業と燃料産業の製品と技術を、石油化学、天然ガス化学、新石炭化学、バイオマス化学、リサイクル化学、CO₂/H₂ 化学ごとに分類し、一覧表を作成した。(9 頁)
- ◆石油化学と石油精製との関係では、石油化学品(プロピレン、アロマ(BTX))製造の補完的關係、パラキシレンの石油精製での製造、パラキシレン→PTA(高純度テレフタル酸)→PET 繊維・PET 樹脂までの製造ルートを取り上げた。(10-12 頁)
- ◆IEA が発表した世界の輸送用エネルギー中の再生可能エネルギーは、2024 年(実績)が 5.3EJ、2030 年(予測)が 8.1EJである。その内訳は、陸上(道路)バイオ燃料(2024 年 4.9EJ→2030 年 5.8EJ)、再エネ電力(電気自動車、同 0.2→1.4EJ)、航空・海上バイオ燃料(同 0.1→0.4EJ)、再生可能な水素と水素ベース燃料(同 0→0.2EJ)、バイオメタン(同 0.1→0.3EJ)である。バイオ燃料には、バイオエタノール(ガソリンブレンド)と、バイオディーゼル(HVO や FAME、ディーゼルブレンド)が使用されている。日本では、E-10 を目指したバイオエタノール導入拡大計画が作成された。HVO はバイオディーゼル、SAF、石化用バイオナフサ製造のベースとなる重要なオイルである。米国では政府の支援策により、HVO の生産と消費が急上昇している。バイオメタンは欧米の生産量が多く、またその伸びが大きい。新興国を中心に大きな未開発のバイオメタンソースがある。(13-26 頁)
- ◆EU の SAF に関する規則が 2025 年 1 月に施行され、SAF 本格導入の時代になった。SAF の各種製造方法(HEFA、ガス化・FT、逆シフト・FT、Direct・FT、電解還元・FT、共電解・FT、MTJ、ETJ)の製造ルート、生産能力、動向をまとめた。(27-34 頁)
- ◆バイオマスと廃プラの共通技術であるガス化、油化、石化原料化の基礎と工業化例を解説した。バイオマス原料で始めた油化や石化原料化(オレフィン、アロマ(BTX)製造)技術を廃プラに展開する開発例が 4 社あり(Licella、Anellotech、BioBTX、Synova)、このうち後の 3 社は石化原料化を目指しており、注目される。共通点は 500℃以上の高温での短時間分解、流動床熱分解炉、チャーの発生と処理である。(35-42 頁)
- ◆リサイクル化学&燃料産業のトピックスとして、三井化学—太陽石油の提携(熱分解油の FCC によるナフサやプロピレンの取得)、広東東莞化学科技の重層 FCC 技術による廃プラの熱分解工場の稼働、Neste の熱分解油のアップグレード設備の完成を取り上げた。(43-44 頁)

目 次

はじめに.....	1
用語・略語	2
1. 化学産業と燃料産業の全体的関係	4
1.1 化学産業と燃料産業の状況と全体的関係	4
1.2 石油事業をベースとしない“石油化学”企業と石油事業をベースとする “石油化学”企業	6
2. 6つの資源化学(石油化学～CO ₂ /H ₂ 化学)別の化学産業と燃料産業の製品と関係	9
3. 石油化学・天然ガス化学における化学産業と燃料産業の関係	10
3.1 石油化学品製造における補完的關係	10
3.2 パラキシレンの製造とパラキシレン～ポリエステル繊維・PET 樹脂の製造	11
4. バイオマス化学における化学産業と燃料産業の関係	13
4.1 化学産業	13
4.2 燃料産業(自動車の電動化とバイオ燃料)	13
4.3 バイオエタノール	18
4.4 バイオディーゼル(HVO と FAME)	20
4.5 バイオメタン	24
5. バイオマス化学やCO ₂ /H ₂ 化学による SAF(航空燃料)の製造	27
5.1 SAF の欧州、米国、日本における状況と需要予測	27
5.2 SAFの各種製造プロセス	29
6. バイオマス化学とリサイクル化学の共通技術ーガス化、油化、石化原料化	35
6.1 バイオマスと廃プラのガス化	35
6.2 バイオマスと廃プラの油化および石化原料化	37
7. リサイクル化学における化学産業と燃料産業の関係	43
おわりに	45
謝辞	48
参考文献	48
参考文献資料 電気自動車の動向(IEA と資源エネルギー庁の資料)	49

はじめに

本 ARC リポートは、シリーズ「石油化学～CCU 化学の技術と動向(1)」¹の続編(シリーズ(2))である。シリーズ(1)では、図 1 の 6 つの化学(石油化学、天然ガス化学、新石炭化学、バイオマス化学、リサイクル化学、CO₂/H₂ (二酸化炭素/水素)化学)に関する基礎を解説し、またそれらの過去 15 年間のトピックスを紹介した。

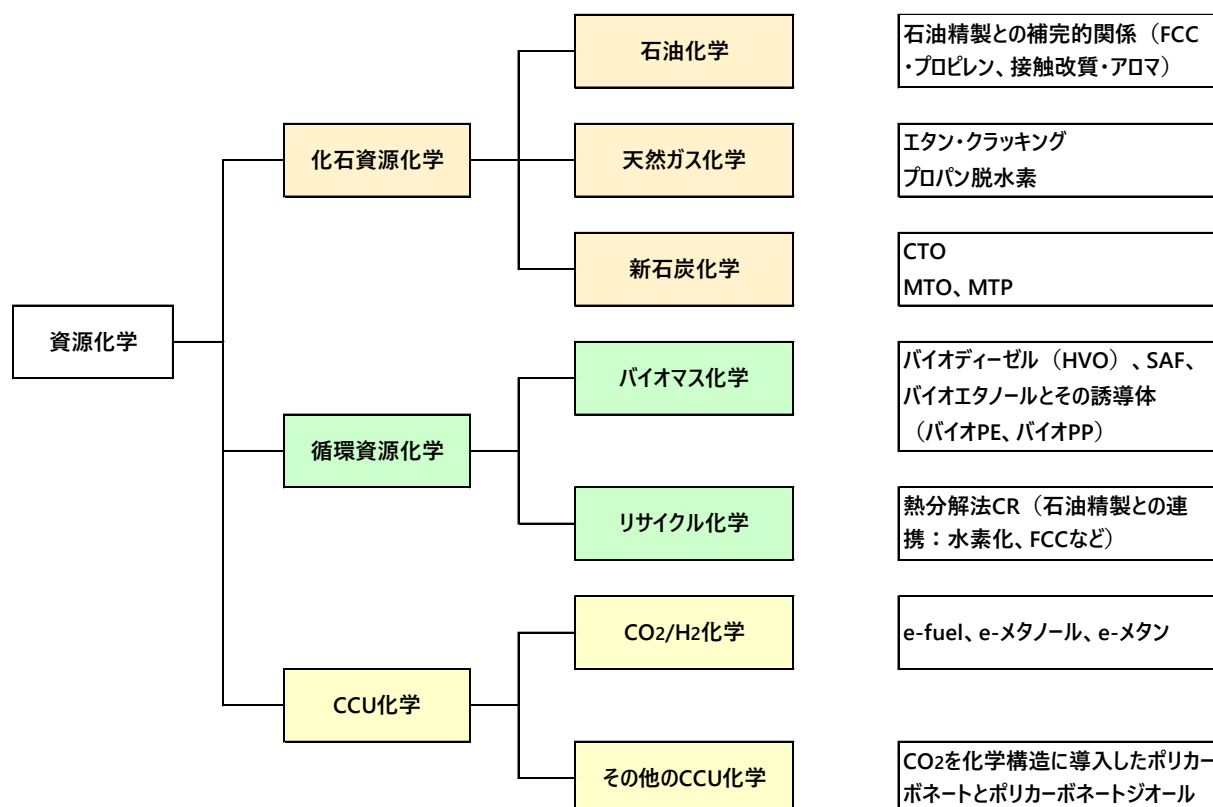


図 1 資源化学の分類と命名、各化学のトピックス

出所：旭リサーチセンター作成。

本リポート(シリーズ(2))では、上記 6 つの化学の観点から化学産業と燃料産業(エネルギー産業)の技術と関係をまとめることに焦点を当てた。

なお、図 1 に示すように、「その他の CCU 化学」のトピックスには、CO₂ を化学構造に導入したエンジニアリングプラスチックのポリカーボネート(PC)²や、ポリカーボネートジオールなどがある。

¹ ARC リポート シリーズ(1): https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1085.pdf

² 旭化成が開発した CO₂ を原料にした非ホスゲン法 PC 技術は世界 5 ヶ国にライセンスされ事業化されている。
https://www.jaci.or.jp/gscn/GSCgs/j02/gsc_j02.php

用語・略語

- ・ ATJ(Alcohol to Jet): アルコール(エタノールやメタノール)を原料に触媒反応を使って、SAF を製造する技術。エタノールの場合は、ETJ(Ethanol to Jet)という。
- ・ CCU(Carbon dioxide Capture and Utilization): CO₂ の回収と利用。
- ・ CR (Chemical Recycling、ケミカルリサイクル): 廃ポリマーを化学反応で分解して、液体やガスにするリサイクル手法。欧米では、Advanced Recycling ともいう。
- ・ CTO(Coal to Olefins): 石炭由来のメタノールから MTO または MTP で軽質オレフィンを製造する方法。
- ・ E-10: エタノールを 10% 混合したガソリン。
- ・ EIA(Energy Information Administration): 米国の政府エネルギー情報機関。
- ・ e-fuel: CO₂ とグリーン水素などの非化石エネルギー源を原料として製造された石油代替の合成燃料。
- ・ e-メタノール: CO₂ とグリーン水素などの非化石エネルギー源を原料として製造されたメタノール。
- ・ e-メタン: CO₂ とグリーン水素などの非化石エネルギー源を原料としてメタネーション反応で製造された合成メタン。
- ・ FAME(Fatty Acid Methyl Ester): 脂肪酸メチルエステル。バイオディーゼル燃料の 1 種。油脂(脂肪酸エステル)とメタノールのエステル交換反応で製造される。米国では FAME のことを Biodiesel という。
- ・ FCC((流動)接触分解): 重質油をゼオライトなどの触媒を使用して分解し、プロピレン、ガソリン、ガソリン原料、軽油などを製造する方法。
- ・ FT(Fischer-Tropsch) 反応: コバルトや鉄の触媒を用いて合成ガス(CO と H₂)から液体炭化水素を合成する方法。そこから合成燃料(e-fuel など)が得られる。
- ・ GHG(Greenhouse Gas): 温室効果ガス。CO₂、メタンは温室効果が大きい。
- ・ GTL(Gas to Liquid): 天然ガスから合成ガス経由、FT 反応で液体燃料を製造する方法。
- ・ HEFA(Hydroprocessed Esters and Fatty Acids、水素化処理エステル・脂肪酸): 廃食油(UCO)などの脂肪酸エステルを水素化処理することでジェット燃料と同等の持続可能な航空燃料(SAF)を製造する技術。
- ・ HVO(Hydrotreated Vegetable Oil): 水素化処理植物油。バイオディーゼル燃料の 1 種。米国では、Renewable Diesel と呼んでいる。
- ・ JPEC: 一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター。

- ・ IEA(International Energy Agency):国際エネルギー機関。
- ・ MTG(Methanol to Gasoline):メタノールからガソリンを製造する方法。
- ・ MTO(Methanol to Olefins):メタノールから軽質オレフィンを合成する方法。
- ・ MTP(Methanol to Propylene):メタノールからプロピレンを合成する方法。
- ・ MR(Mechanical Recycling、メカニカルリサイクル):粉碎、洗浄、造粒により機械的に廃プラをリサイクルする方法。マテリアルリサイクルと同じ意味。
- ・ NEDO:国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構。
- ・ 接触改質(Reforming):ナフサを原料に触媒存在下にアロマ(BTX)を製造する方法。
- ・ RFNBO(Renewable Fuels of Non-Biological Origin):生物由来でない再生可能燃料。
- ・ SAF(Sustainable Aviation Fuel):持続可能な航空燃料。規格が決まっている。

本リポートで定義した用語

- ・ 軽質オレフィン:エチレンとプロピレンの総称。
- ・ 化石資源化学:石油化学、天然ガス化学、新石炭化学の総称。
- ・ “石油化学”:広義の石油化学の意味で、石油化学と天然ガス化学の総称。
- ・ 合成燃料:e-fuel、e-メタノール、e-メタンだけでなく、従来の GTL や MTG により製造された燃料を含む総称。
- ・ 混合廃プラ(PE/PP/PS):PE、PP、PS からなる混合廃プラスチックのことで、熱分解法 CR に適する。廃プラは廃プラスチックの略。
- ・ サーキュラープラスチック:バイオマスプラスチックとプラスチックリサイクルによる再生材の総称。
- ・ 再生材:ポリマー(プラスチック、合成ゴム、繊維など)の再生材。
- ・ 持続可能な燃料:バイオ燃料と合成燃料(e-SAF、e-メタノール、e-メタンなど)の総称。
- ・ 循環資源化学:バイオマス化学、リサイクル化学の総称。
- ・ ドロップインプロダクト:新製法でつくられた既存品と同じ性質を持つプロダクト。
- ・ 廃プラ:廃プラスチックの略。
- ・ ポリマー:プラスチック、合成ゴム、合成繊維、塗料、接着剤などの総称。
- ・ CCU 化学:CO₂/H₂ 化学とその他の CCU 化学。

1. 化学産業と燃料産業の全体的関係

1.1 化学産業と燃料産業の状況と全体的関係

燃料産業は化学産業(化学工場)に化学原料を、また化学工場で使用するプロセスエネルギーを供給している。石油、天然ガス、石炭の供給である。また、石油化学製品(プロピレンやアロマ(BTX)など)の製造について、両産業は補完的な関係にある。そして、両産業は多くの基盤技術(プロセス、触媒、設備など)を共有している。

カーボンニュートラル燃料技術センター(JPEC)によれば、製油所のグリーン化においては、次の2点が求められている。①製油所の操業の最適化による CO₂ 低減、②石油精製と廃プラスチック(以下、廃プラと略す)、バイオマスなどの Co-Processing 技術(共処理技術)の向上による CO₂ 低減である³。後者の例としては、既存製油所の石油精製設備に、石油由来原料と植物油などのバイオ由来原料を混ぜ合わせて投入することで、一部がバイオ由来である石油製品を製造する手法である。SAF(持続可能な航空燃料)製造において Co-Processing が行われている⁴。

図 2 に 6 つの資源化学別の化学産業と燃料産業の関係を示す。

石油化学は石油産業と、天然ガス化学は天然ガス産業と、新石炭化学は石炭産業と、バイオマス化学はバイオマス産業と直結する。バイオ燃料と CO₂/H₂ 化学由来の燃料は、持続可能な燃料産業に属する。そして、長期的には、石油産業、天然ガス産業、石炭産業の燃料部門は持続可能な燃料産業に置き換わるであろう。

リサイクル化学(産業)は石油化学、天然ガス化学、新石炭化学と連携して MR(メカニカルリサイクル)と CR(ケミカルリサイクル)を推進し、クローズドループを達成することが目標である。MR が進めば、既存の石油化学、天然ガス化学、新石炭化学で製造されるバージンポリマ

³ JPEC ウェブサイト プロセス技術関連

<https://www.pecj.or.jp/business/process/>

⁴ ①カーボンニュートラル燃料技術センター(JPEC):Co-Processing に関する技術調査(2025 年 7 月)

<https://www.nedo.go.jp/content/800031787.pdf>

②JPEC:Co-Processing による SAF 製造技術動向調査(2025 年 5 月)

https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2025/05/JPECForum_2025_program_023.pdf

③Neste:Neste introduces co-processed renewable Neste RE feedstock for the polymers and chemicals industry(2024 年 12 月)

<https://www.neste.com/news/neste-introduces-co-processed-renewable-neste-re-feedstock-for-the-polymers-and-chemicals-industry>

④JPEC(加藤 洋・秋本 淳):製油所の脱炭素化に向けた JPEC の取組みについて 化学工学会(2024 年 88 巻 11 号 527~530頁)

<https://www.scej.org/docs/publication/journal/backnumber/Bulletin088110527.pdf>

⑤JPEC Journal No.260402:共処理技術に係る欧州企業の動向調査結果について(前編)(2026 年 4 月)

https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2026/04/JPEC-Journal_260402.pdf

一の量は減少する。一方、混合廃プラ(PE/PP/PS)の熱分解法 CR の場合は基本的にはナフサが再生するので、ナフサ・クラッカーの稼働率への影響は小さい。

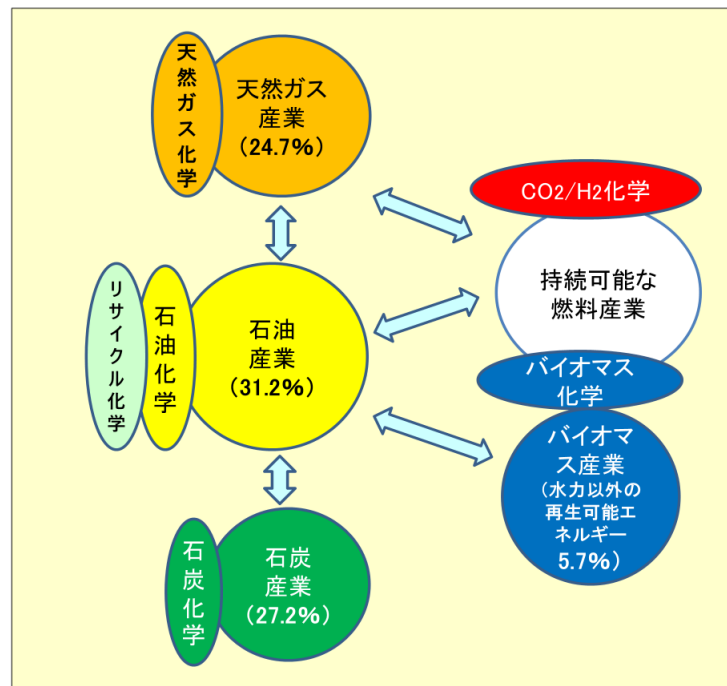


図2 化学産業と燃料産業の関係

注：カッコ内の%は世界のエネルギー消費のソース別比率(出所：エネルギー白書 2022)。
 水力以外の再生可能エネルギーは、太陽光、風力、地熱、バイオマスなどである。
 出所：旭リサーチセンター作成。

図2の()内に示される%は、世界のエネルギー消費のソース別比率である。石油31.2%、天然ガス24.7%、石炭27.2%、水力以外の再生可能エネルギー(バイオマスや再生可能エネルギー電力など)5.7%である。

過去15年間に、単位熱量当たりのCO₂排出量と要処理排ガス(SO_xやNO_x)が少ない天然ガスの使用比率が高まり、逆にCO₂排出量と要処理排ガスが多い石炭の比率が下がった。今後もその傾向は続くであろう。再生可能エネルギーであるバイオマスの拡大が期待されるが、バイオマス生産地の(自然)環境保全や良好な労働環境の維持など制約条件があり、将来の拡大は不透明な点がある。

図3に世界の石油と天然ガスのそれぞれの用途別比率を示す。“石油化学”(広義の石油化学：石油化学と天然ガス化学の総称)で使用される石油(原料とプロセスエネルギー)の量は石油需要全体の14%である。また、“石油化学”で使用される天然ガス(原料とプロセスエネルギー)の量は天然ガスの需要全体の8%である。したがって石油の全体を取り扱う石油産業は、石油化学産業の7倍であり、また天然ガスの全体を取り扱う天然ガス産業の規模は、天然ガス化学産業の12倍と規模が大きい。

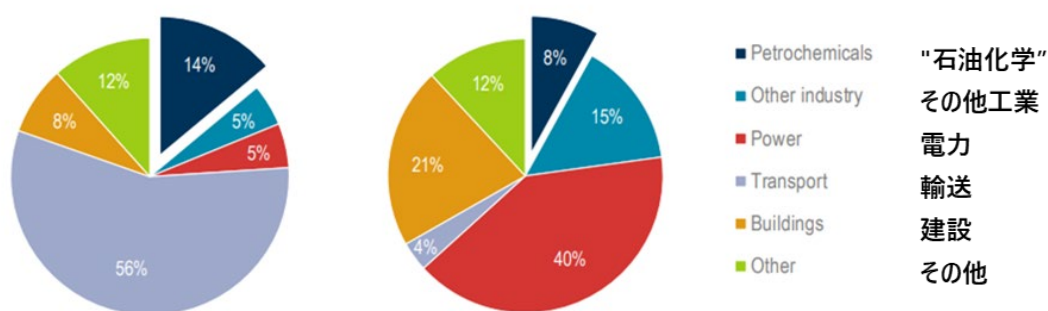


図 3 石油(左図)と天然ガス(右図)の 2017 年の用途別需要

出所: OECD/IEA: The Future of Petrochemicals (2018 年)

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/10/the-future-of-petrochemicals_glg98d79/9789264307414-en.pdf

なお、液体燃料には石油系のナフサ、ガソリン、ジェット燃料、灯油、軽油、重油とアルコール系のメタノールやエタノールがある。それらの性状を 52 頁の表 13 にまとめた。

1.2 石油事業をベースとしない“石油化学”企業と石油事業をベースとする“石油化学”企業

これまで化学産業と燃料産業を分けて説明してきたが、“石油化学”企業の中には、母体が石油事業(企業)である場合がある。

C&EN 誌の Global TOP50 (2024 年)⁵には、売上高順位 50 位までの化学企業が紹介されている。この 50 社の中から、“石油化学”企業を 37 社抽出した。そして、これら“石油化学”企業を、石油事業をベースとしない“石油化学”企業と石油事業がベース(母体)の“石油化学”企業の 2 つに分類し、売上高順に並べた(表 1)。表 1 の各企業についている番号(①~48)は、Global TOP50 の売上高順位であり、%は化学品売上高比率である。なお、Global TOP50 に入っていないが、重要と思われる企業 5 社(売上高順位: 51 以降と記載)を表 1 に追加した。

石油事業をベースとしない“石油化学”企業は化学品売上高比率が 100%などと高いものが多い。一方、石油事業ベースの“石油化学”企業では、化学品売上高が 10%台と低い企業が 5 社(Sinopec、PetroChina、ExxonMobil、Reliance Industries、Shell)ある。5 社はいずれも石油企業の最大手で、石油の売上高が石油化学よりずっと大きいためであろう。

なお、石油企業については、複数の資料から世界的に売上高の大きい企業を表 1 にリストアップした。なお、日本については主要石油企業 3 社をリストアップした。

⁵ <https://cen.acs.org/business/finance/CENs-Global-Top-50-2025/103/web/2025/07>

表1 世界の石油事業をベースとしない“石油化学”企業、
石油事業をベースとする“石油化学”企業、および石油企業

石油事業をベースとしない “石油化学”企業	石油事業をベースとする “石油化学”企業	石油企業
注：番号と％はそれぞれ、C&EN Global Top50記載の売上高順位と化学品販売比率		注：世界の大手石油企業
① BASF (ドイツ) 100%	② Sinopec (中国) 13.6%	Sinopec
③ Dow (米国) 100%	④ PetroChina (中国) 10.5%	PetroChina
	⑤ ExxonMobil (米国) 12.1%	ExxonMobil
⑥ Sabic (サウジ) 100%	Saudi AramcoはSabicの大株主	Saudi Aramco (サウジ)
⑦ LG Chem (韓国) 100%	⑭ Rongsheng Petrochemical (中国) 58.2%	Rongsheng Petrochemical
⑧ LyondellBasell (米国) 80.0%	⑯ Reliance Industries (インド) 19.5%	Reliance Industries
⑨ Ineos (イギリス) 100%	⑰ Hengli Petrochemical (中国) 64.8%	Hengli Petrochemical
⑪ Formosa Plastics (台湾) 66.2%	35 Hengyi Petrochemical (中国) 67.4%	Hengyi Petrochemical
⑮ Wanhua Chemical (中国) 100%	41 Shell (米国) 3.4%	Shell
⑰ 三菱ケミカル (日本) 85.2%	49 PTT Global Chemical (タイ) 46.7%	PTT
⑲ 信越化学工業 (日本) 100%	50 Sasol (南アフリカ) 53.4%	Sasol
21 Indorama Ventures (タイ) 100%	51以降、SK Innovation (韓国)	SK Innovation
22 Covestro (ドイツ) 100%	51以降、TotalEnergies (フランス) —	TotalEnergies
23 Jiangsu Eastern Shenghong (中国) 79.8%	51以降、ENEOS (日本) —	ENEOS
	51以降、出光興産 (日本) —	出光興産
24 Lotte Chemical (韓国) 100%		コスモ石油 (日本)
25 東レ (日本) 88%		BP (イギリス)
26 Braskem (ブラジル) 100%		Repsol (スペイン)
27 住友化学 (日本) 80.9%		
30 Tongkun Holding Group (中国) 100%		
32 Chevron Phillips Chemical (米国) 100%		Chevron (米国)
		Phillips66 (米国)
34 三井化学 (日本) 100%		
36 Sibur (ロシア) 89.1%		
43 Eastman Chemical (米国) 100%		
44 Xinfengming group (中国) 100%		
45 レゾナックH. (日本) 100 %		
46 旭化成 (日本) 45.1%		
47 Borealis (オーストリア) 100%	OMVはBorealisの大株主	OMV (オーストリア)
48 Westlake (米国) 68.4%		
51以降、Versalis (イタリア) —	VersalisはENIグループ	ENI (イタリア)

注：黄色地は、同一会社を示す。緑色地は同一会社ではないが、強い資本関係があるもの。

数字①～50 は、C&EN のGlobal TOP 50 の売上高順位。それより売上高が小さい企業は、51 以降と記した。％は化学品売上高比率。

出所：C&EN の情報を基に旭リサーチセンターが編集。

Global TOP50 のうち、

- ① 石油事業をベースとしない“石油化学”企業は 24 社(表 1 の石油事業をベースとしない“石油化学”企業の欄のうちの白地)。

24 社は、ドイツの BASF、Covestro、米国の Dow、LyondellBasell、Eastman Chemical、Westlake、韓国の LG Chem、Lotte Chemical、イギリスの Ineos、台湾の Formosa Plastics、中国の Wanhua Chemical(万華化学)、Jiangsu Eastern Shenghong(江蘇東方盛虹)、Tongkun Holding Group(桐昆集団)、Xinfengming group(新凤鸣集団)、日本の三菱ケミカル、信越化学工業、東レ、住友化学、三井化学、レゾナック・ホールディングス、旭化成、タイの Indorama Ventures、ブラジルの Braskem、ロシアの Sibur である。

- ②石油事業ベース“石油化学”企業は 10 社(表 1 の黄色地)。

10 社は、中国の Sinopec(中国石油化工集団)、PetroChina(中国石油)、Rongsheng Petrochemical(荣盛石化)、Hengli Petrochemical(恒力石化)、Hengyi Petrochemical(恒逸石化)、米国の ExxonMobil、Shell、インドの Reliance Industries、タイの PTT Global Chemical、南アフリカの Sasol である。

売上高 51 番以降であるが、韓国の SK Innovation、フランスの TotalEnergies、日本の ENEOS、出光興産も②の分類に入る。

- ③石油事業をベースとしない“石油化学”企業であるが、石油会社が大株主になっている企業は 3 社(表 1 の緑色地)。サウジアラビアの Sabic、米国の Chevron Phillips Chemical、オーストリアの Borealis である。

売上高 51 番以降であるが、イタリアの Versalis も③の分類に入る。

熱分解 CR 企業のうち、石油事業ベースの“石油化学”企業は自社内に水素化装置や FCC 装置を持っているので、有利といえる。OMV、ExxonMobil、出光興産である。また、Sabic-Saudi Aramco、Versalis-ENI、三菱ケミカル-ENEOS 共同事業体も同様に有利であろう。

2. 6 つの資源化学(石油化学～CO₂/H₂ 化学)別の化学産業と燃料産業の製品と関係

表 2 に、化学産業と燃料産業の 6 つの資源化学(石油化学～CO₂/H₂ 化学)別の代表的製品と技術、および両産業の関係をまとめた。

表 2 化学産業と燃料産業の製品と技術、および関係(黒字は既存事業、赤字は新規事業)

化学産業		燃料産業	
石油化学		石油：自動車、航空機などの燃料	石油産業
	ナフサ・クラッキング：エチレン、プロピレン、ブタジエン、アロマ（BTX）	接触改質によるアロマ（BTX）の製造 接触分解（FCC）によるプロピレンの製造	
	ポリマー製造：プラスチック（PE、PP、PVC、PS、PET）、合成ゴム、合成繊維		
天然ガス化学	メタン：合成ガス、メタノールの製造	メタン（LNG）：都市ガス、火力発電用	天然ガス産業
	メタノール：化学品（ホルマリン、酢酸など）の原料、MTOとMTPの原料	メタノールとジメチルエーテル（メタノール誘導品）：燃料、MTG	
	エタン・クラッキング：エチレン		
	プロパン脱水素：プロピレン	プロパン・ブタン：都市ガス、ガスボンベ	
新石炭化学	CTO：石炭→合成ガス→MTO/ MTP→エチレン、プロピレンの製造	火力発電用燃料 石炭ガス化発電（IGCC）	石炭産業
バイオマス化学	バイオエタノール化学（バイオ由来のエチレン、プロピレン、アロマ（BTX）などの製造）	バイオエタノール燃料（ガソリンブレンド） バイオエタノールからのSAFの製造（ATJ）	持続可能燃料産業
	HVO由来バイオナフサのナフサ・クラッキング	バイオディーゼル（HVOとFAME）の製造 HEFAによるSAFの製造	
	バイオマスプラスチック（含む生分解性プラ）	バイオメタン：植物廃棄物の発酵（燃料）	
	バイオマスの熱分解による石化原料化	バイオマスのガス化・油化、バイオマス発電	バイオマス産業
バイオマス化学とリサイクル化学		石油精製における廃プラやバイオマスの熱分解油やSAFとの共処理（Co-Processing）	持続可能燃料産業
リサイクル化学	MRによる再生材の製造		リサイクル産業
	廃プラ熱分解による油化（再生ナフサ製造）や石化原料化（モノマー化）	熱分解油のFCCによるアップグレード	
	廃プラのガス化による合成ガス→メタノール→MTOやMTPによる軽質オレフィンの製造		
CO ₂ /H ₂ 化学	CO ₂ /H ₂ 由来のe-メタノールを用いたMTOやMTPによる軽質オレフィンの製造	CO ₂ /H ₂ 由来の合成ガスからのe-fuel（FT反応）、e-メタノールの製造、CO ₂ /H ₂ のメタネーションによるe-メタン製造	持続可能燃料産業

出所：各種資料より旭リサーチセンター作成。

3. 石油化学・天然ガス化学における化学産業と燃料産業の関係

3.1 石油化学品製造における補完的關係

ナフサ・クラッキングはエチレン、プロピレン、ブタジエン、アロマ(BTX)などの連産品を産出するが、エタン・クラッキングはエチレンが主製品で、プロピレン、ブタジエン、アロマ(BTX)などの副生は少ない⁶。

図4に示すように不足分は、石油精製のFCCからプロピレンが、石油精製の接触改質からアロマ(BTX)が供給される⁷。FCCからは約22%の収率でプロピレンが得られる。

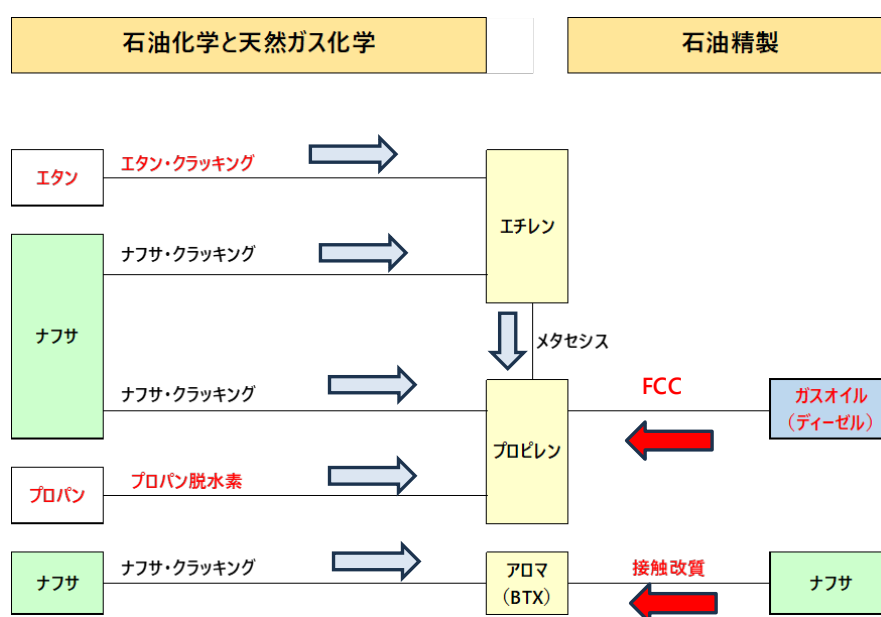


図4 主要化学品製造の石油化学・天然ガス化学と石油精製の補完関係

出所：旭リサーチセンター作成。

過去15年間のプロピレンの需要量の伸びは、エチレンの需要量の伸びよりも大きかった。プロピレン需要増の多くは、PP(ポリプロピレン)の需要増によるものである。さらに、この間米国ではナフサ・クラッキングからエタン・クラッキングにシフトしたため、プロピレン需要が供給を上回ることが予想された。このため、各種のプロピレンの製造法の工業化が進んだ。FCC法、プロピレンの目的生産法であるプロパン脱水(PDH)法、MTP法やエチレンを原料とするメタセシス法、およびMTO法(エチレン、プロピレン収率は各約50%)である。

⁶ ARCリポート(シリーズ(1)):https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1076.pdf
13頁

⁷ この部分は一部、シリーズ(1)と重複するが、重要なので再掲した。

JPEC が 2019 年に発行した「石油化学製品の需給と技術開発動向」⁸には、2017 年の世界のプロピレンの生産量は 1.02 億トン/年で、スチームクラッカー(ナフサ・クラッキングなど) 50%、FCC 27%、PDH(プロパン脱水素) 10%、メタセシス 4%と記されている。

3.2 パラキシレンの製造とパラキシレン～ポリエステル繊維・PET 樹脂の製造

高純度テレフタル酸(PTA)原料用パラキシレンはもっぱら石油精製の接触改質で製造されている。接触改質の生成物であるアロマ(BTX)混合物から、異性化反応などを経てパラキシレンを製造する。このパラキシレン製造プラントはスケールアップが進み、150 万トン/年クラスの大規模な工場が建設された⁹。そして、世界の主要な生産基地は中国に移っている。

以下、若干脱線になるが、パラキシレン～PET 繊維・PET 樹脂の製造の状況について述べる。

PTA は PET(ポリエチレンテレフタレート)の主原料であり、化学量論的に約 70 重量%を占める。2023 年の PET 繊維の世界の生産量は 7,100 万トン(合成繊維の中の PET 繊維の比率は約 80%)で、中国のシェアは約 70%である¹⁰。また、2024 年の世界の PET 樹脂の生産量は約 3,000 万トンで、そのうち中国が 700 万トンを超えている¹¹。いずれも中国が高いシェアを占めている。現在、世界の PET 繊維と PET 樹脂合わせた生産量は年間 1 億トンを、原料 PTA は年間約 7,000 万トンを超えていると推定される。

中国は、PET 繊維を使った繊維製品(衣料品など)の製造販売から始めて、川上の PET 繊維の製造(重合と紡糸は一貫プロセス)と PTA に遡及し、さらにその原料のパラキシレン製造にまで進出した。そして、大規模投資により、PET のサプライチェーン全工程で世界トップのシェアを占めるようになった。

(注)PET のサプライチェーン: ナフサの接触改質によるパラキシレン→PTA→PET 繊維(重合と紡糸)および PET 樹脂(重合)→PET 繊維製品(衣料品など)および PET ボトルなど樹脂製品→使用済み PET ボトルや PET 繊維のリサイクル。

表 1 の Global Top 50 に入っている中国の石油化学企業の多くが、この PET サプライチェーンの各工程の生産を担っている。パラキシレンメーカーは Sinopec、PetroChina、Hengli Petrochemical、Rongsheng Petrochemical、PTA のメーカーは Sinopec、PetroChina、Hengli Petrochemical、Jiangsu Eastern Shenghong、PET 繊維メーカーは Tongkun Holding Group、Xinfengming Group である。

⁸ <https://www.pecj.or.jp/japanese/jpecforum/2019/pdf/jf016.pdf>

⁹ JPEC が 2019 年に発行した「石油化学製品の需給と技術開発動向」には、中国のパラキシレン製造プロジェクトについて詳細な解説がある。<https://www.pecj.or.jp/japanese/jpecforum/2019/pdf/jf016.pdf>

¹⁰ ARC リポート: https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1076.pdf 2 頁

¹¹ <https://www.industryresearch.biz/jp/market-reports/polyethylene-terephthalate-market-114238>

一般に、繊維グレードの固有粘度(I.V.:分子量の指標)は0.6、ボトルグレードの固有粘度は0.8で、ボトルグレードの分子量が高い。また、PETは重縮合でつくられるので重縮合理論により分子量が決まれば、分子量分布は一義的に決まる。このため、分子量の違うPETをブレンドして2山の分子量分布のものをつくっても、押出機で加熱すると、エステル交換反応が起こり理論的(統計的)分子量分布になりやすい。また、PETの場合には分岐は、グレード設計の中であまり重要ではない。したがって、PET樹脂の場合は分子量を決めれば1つのグレードしか存在しない。このことは、PETボトルのメカニカルリサイクル(MR)の際に非常に好都合であった。一方、対照的にPE(ポリエチレン)やPP(ポリプロピレン)は、分子量、分子量分布、分岐、コモノマーの種類や含有量、各種添加剤やフィラーのコンパウンディの違いによる膨大なグレードが存在する。

モノマーや化学品は品質が同じなので、価格競争になると低価格品に容易に置き換えられてしまう。一方、樹脂は固有技術で開発されたグレードからなっているので、価格競争があっても守られると考えやすい。しかし、PET樹脂はグレードが限られていて、しかも公知技術で容易に製造できることから、価格の安い競合品が出てくればモノマーや化学品と同じように容易に置き換えられてしまう。

PETポリマーの世界最大の製造企業である Indorama Ventures(タイ)は原料のPTA・パラキシレンやMEG(モノエチレングリコール)まで遡及して、事業を拡大してきた¹²。また、同社は早い時期からPET樹脂のリサイクル事業(使用済みPET樹脂から再生ポリエステル繊維や再生PET樹脂を製造)を手掛けてきた。

しかし、ここ数年中国の過剰生産の影響で、Indorama Venturesは厳しい状況に置かれている¹³。同社は、2026年3月にタイのPTA工場(54万トン/年)を永久に閉鎖することを発表した¹⁴。同社は2年間稼働していなかったポルトガルのPTA工場(70万トン/年)¹⁵を、2024年スクラップとして売却した。2024年9月にはカナダ・MontrealのPTA工場(60万トン/年)¹⁶、オランダ・RotterdamあるPTAおよびPET製造複合施設(PTAとPETの合計生産能力(150万トン/年)を閉鎖した¹⁷。それ以前の2024年7月には、オーストラリアのエチレンオキシドおよび誘導体(MEGなど約10万トン/年)製造施設を閉鎖する¹⁸と発表した。

¹² ARCリポート: https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1076.pdf の12頁

¹³ <https://cen.acs.org/business/finance/CENs-Global-Top-50-2025/103/web/2025/07>

¹⁴ <https://news.chemnet.com/news-2914.html>

¹⁵ <https://cen.acs.org/business/finance/CENs-Global-Top-50-2025/103/web/2025/07>

¹⁶ <https://cen.acs.org/business/economy/Indorama-shutter-Canadian-plant/102/i25>

¹⁷ 閉鎖された工場はMAK Germanyが資産を買収し、オマーンに移設することを検討している。

<https://www.icis.com/explore/resources/news/2026/01/28/11175384/mak-germany-to-relocate-rotterdam-pta-pet-assets-to-oman/>

¹⁸ <https://www.industrialinfo.com/iirenergy/industry-news/article/indorama-ventures-to-close-ethylene-oxide-plant-in-australia--332443>

4. バイオマス化学における化学産業と燃料産業の関係

4.1 化学産業

化学産業はプラスチックリサイクルに加え、再生可能なバイオマスプラスチック¹⁹を導入して、資源循環とCO₂の削減を進めたいところである。現状はバイオマスプラスチックの製造法や認証体制は確立しているものの、量的には進んでいない。その理由は、バイオマスプラスチックの価格が石油系バージンポリマーに比べ高いことである。また、世界的にバイオマスプラスチック導入推進につながるバイオプラスチックの使用を義務づける規則はなく、また政府の経済的支援策などのインセンティブが少ないことである。

化学産業の課題は、バージンプラスチックにコスト的に競合できるバイオマスプラスチックをいかに製造するかである。コスト的には原料のバイオアルコールとバイオナフサ(HVO 由来)の価格に依存するところが大きいので、バイオマス燃料の需給動向を注視する必要がある。また、EUのPPWR(包装と包装廃棄物規則)やELV規則(廃車取り扱い規則:新車の再生プラスチック使用義務を規定)に、バイオマスプラスチックの使用を義務づける新条項を追加する動きについてもウオッチする必要がある。

長期的にはEVの普及やハイブリッド車による燃費向上などにより燃料需要が減少し、比例してブレンド用のバイオアルコールやバイオディーゼルの需要も減少する局面も考えられる。その際に余剰になったバイオエタノールやバイオディーゼル原料(HVO由来のバイオナフサ)は、SAFに使用されるか、あるいは化学産業に供給されるであろうか。

4.2 燃料産業(自動車の電動化とバイオ燃料)

4.2.1 自動車電動化の動向

燃料産業は、自動車の電動化が本格化して燃料需要が減少するという大きな事業環境の変化に見舞われている。最近発表された電気自動車の動向に関する2つのリポート、IEAの「Global EV Outlook 2026」²⁰と資源エネルギー庁の「世界で見直しがはじまった自動車産業政策～日本の『マルチパスウェイ戦略』にも注目が」²¹の資料抜粋を参考文献資料(49～52頁)に載せたので、参照されたい。そのポイントを以下に説明する(表3)。

①中国は、EV(BEVとPHEVの合計)の販売、製造で世界のトップであり、引き続き成長が予想される。2025年のEVの販売台数は1,320万台(全販売車の55%)。

¹⁹ ここで述べるバイオマスプラスチックとしては、バイオPE、バイオPP、バイオPSなどの汎用プラスチックのドロップインプロダクトを想定している。リサイクルと一緒にできない生分解性のバイオプラスチックは対象に考えていない。

²⁰ <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2026> 2026年5月

²¹ 2026年4月

https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/automobile_industry_policy_01.html

- ②欧州は、2035年に「CO₂排出を削減100%：ほぼEV・FCV100%を意味する」という自動車用CO₂排出規制により、EV化が急速に進んだ。2025年末にCO₂排出規制を10%緩める発表²²があったが、引き続き急速なEV化が進むであろう。2025年のEV販売台数は420万台(全販売車の28%)。
- ③米国は、安定したEV販売台数であったが、2025年9月末にEV税額控除の終了により、年末に販売台数が急落した(51頁の図21)。2026年の販売台数は前年の2割減の予想である。これはトランプ政権になり、EV推進策が後退したためである。2025年のEV販売台数は150万台(全販売車の10%弱)。
- ④日本はハイブリッド車(HEV)が販売の約3分の1を占めており、EVは低い水準で推移するとみられる。2025年のEV販売台数10万台(全販売車の3%以下)。
- ⑤その他地域のうち、特に東南アジアと南米のEV化は進むであろう。その他地域の2025年のEV販売台数は200万台。
- ⑥世界のEV販売比率は2025年25%で、2026年28%、2035年50%と予測される。
- ⑦2025年末におけるHEV(ハイブリッド車)の全販売車中の比率は、世界が10%、欧州20%、米国14%である。

表3 世界の各種自動車の市場

	EV (BEVとPHEV) の販売台数 (万台) と販売比率 (%)		全車両の市場規模 2025年 (万台)	BEV、PHEB、HEV (ハイブリッド車) の 販売比率 (2025年末)
	2025年 実績	2026年 予想		
中国	1,320 (55%)	1,430	中国 3,440 (内、国内 2,730、輸出710)	
欧州	420 (28%)	500	欧州 1,813 (EU 1,243、 イギリス 236)	BEV20%、PHEV 7%、HEV20%
米国	150 (10%弱)	120	北米 2,028 (米国 1,677、カナダ 195)	米国 BEV6%、PHEV 1%、HEV14%
日本	10 (3%未満)	—	日本 456	乗用車 (軽自動車を含まない) BEV1.6%、PHEV1.6%、HEV60.4%
その他地域	200	290	その他地域 1,800	
世界 (合計)	2,090 (25%)	2026年 2,340 (28%) 2035年 5,500 (50%)	世界 9,527	BEV 17%、PHEV 9%、HEV10%
出所	IEA (無地)		資源エネルギー庁 (黄色地)	
			一社 日本自動車販売協会連合会、2025年 (緑色地)	

出所：表の出所を基に旭リサーチセンター作成。一般社団法人 日本自動車販売協会連合会
(<https://www.jada.or.jp/files/libs/6562/202601081014434464.pdf>)

²² 52頁の表12参照(2025年12月、欧州委員会は自動車CO₂規制の改定案を公表。改定案では2021年比で90%削減に緩和。残りの10%は欧州製の低炭素鋼の使用や、合成燃料・バイオ燃料・バイオガスの使用で補うことでハイブリッド車などの販売が可能とされている)。

4.2.2 輸送用エネルギー中の再生可能エネルギーの実績と予測

IEA(国際エネルギー機関)が発表した“Renewables 2025, Renewable transport”のデータ²³を図5～7に示す。

まず、図5は世界の2024年と2030年の輸送用再生可能エネルギーとエネルギー種類別の内訳である。2024年の輸送用再生可能エネルギーは5.3EJ(EJ=10¹⁸J(ジュール))で、2030年には2.7EJ増加して、8.1EJとなる。輸送用エネルギー中の再生可能エネルギーシェアは、2024年が4%で、2030年に6%に増加する。輸送用再生可能エネルギーの内訳は、陸上(道路)バイオ燃料、再生可能エネルギー電力(再エネ電力と略す)、航空・海上バイオ燃料、バイオメタンである。2024年は陸上(道路)バイオ燃料が圧倒的シェア(92%)を占め、2030年にかけて増加する(4.9→5.8EJ)。一方、2024～2030年の間の再エネ電力(電気自動車)の増加が顕著で、大きな比率を占めるようになる(0.2→1.4EJ)。

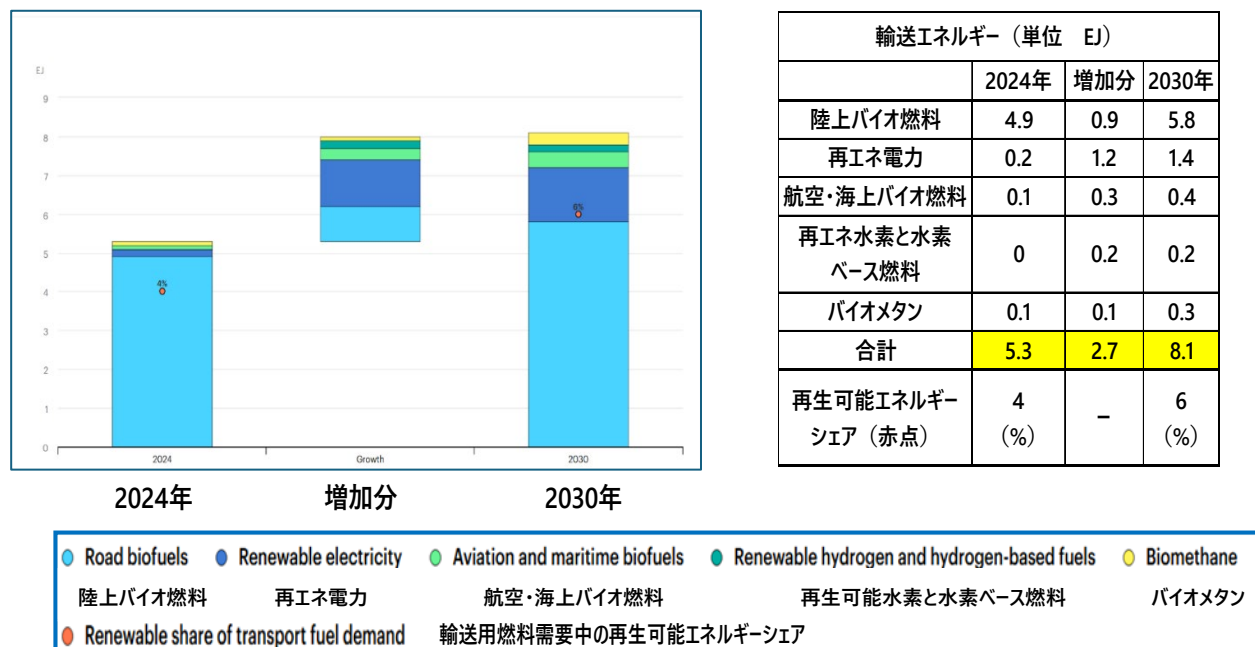


図5 世界の2024年と2030年の輸送用再生可能エネルギー(単位:EJ)とそのエネルギー種類の内訳

出所:IEA Renewables 2025 Renewable transport

図6は世界の陸上(道路)、航空、海上別輸送用再生可能エネルギーについての2024年から2030年までの増加分とそのエネルギー種類別の内訳である。エネルギー種類としては、液体バイオ燃料、バイオガス、再エネ電力、再エネ水素および水素ベース燃料である。2024年の陸上(道路)燃料の再生可能エネルギーシェアは5.7%で、2030年には8.3%に増加する。同様に、航空燃料は0.3%から2.0%に急増し、海上燃料も0.4%から0.7%に増加する。

²³ <https://www.iea.org/reports/renewables-2025/renewable-transport> 2025年10月

なお、液体バイオ燃料消費は 2024 年 1.92 億 kL、2030 年(メインケース)2.35 億 kL、2030 年(加速ケース)3.10 億 kL(8.5EJ)の記載や、航空バイオ燃料消費は 2024 年の 10 億 L(100 万 kL、0.04EJ)から 2030 年には 90 億 L(900 万 kL、0.31EJ)に拡大、海洋用バイオディーゼル需要は 2030 年までに 16 億 L(160 万 kL、0.05 EJ)に倍増するとの記載がある。EJ と kL の換算もこれで分かる。

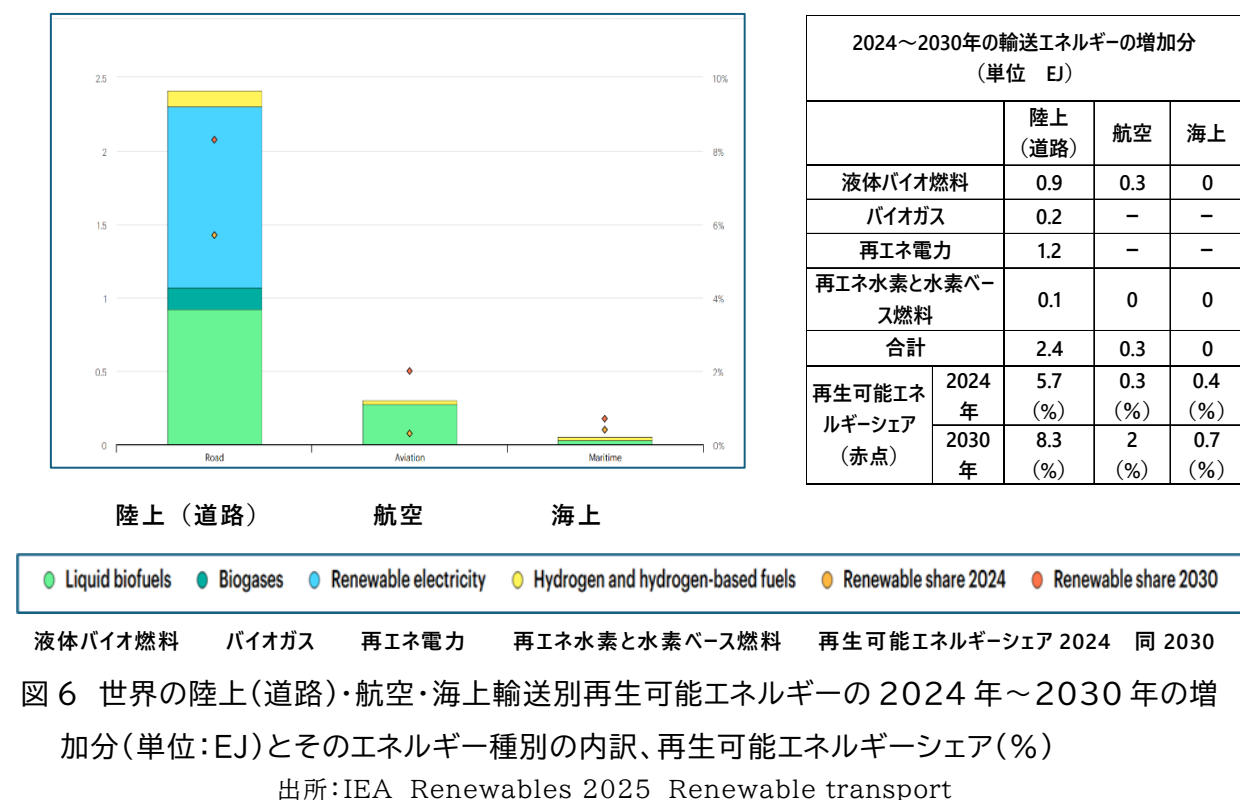


図 7 には、2024 年と 2030 年における各国の輸送用再生可能エネルギー使用量、エネルギー種類別の内訳、2024 年と 2030 年の再生可能エネルギーシェアが記載されている。

まず、中国を除き、各国とも液体バイオ燃料の比率が圧倒的に多い。

米国は液体バイオ燃料の他にバイオガスの比率が大きく、また再エネ電力の比率の伸びが大きい。再生可能エネルギーシェアは、2024 年 7.4%→2030 年は 8.8%の予測である。

ブラジルはほとんどがバイオ燃料で、世界で再生可能エネルギーシェアが一番高い。再生可能エネルギーシェアは、2024 年 25.4%→2030 年 31.8%である。

欧州は、再生可能エネルギーシェアの増加が顕著で、特に再エネ電力の伸びが非常に大きい。再生可能エネルギーシェアは、2024 年 6.2%→2030 年 11.5%である。

中国は 2024 年に既に再エネ電力が最も多く、2030 年には 2024 年の 7 倍となる。再生可能エネルギーシェアは、2024 年 1.6%→2030 年 5.0%である。

世界のその他の国は、バイオ燃料の比率が高いが、2030 年には再エネ電力が顕著に増加している。再生可能エネルギーシェアは、2024 年 1.9%→2030 年 2.9%である。

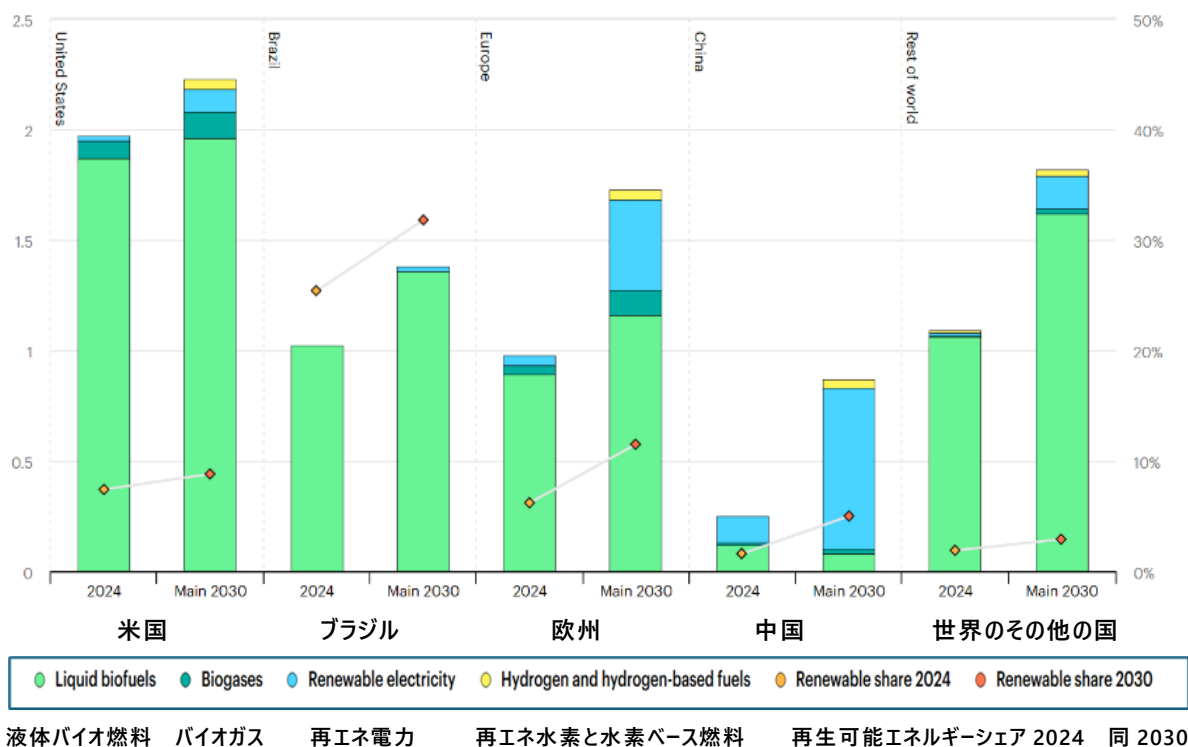


図 7 2024 年と 2030 年における各国の輸送用再生可能エネルギー使用量と
そのエネルギー種別の内訳、2024 年と 2030 年の再生可能エネルギーシェア(%)
出所:IEA Renewables 2025 Renewable transport

表 4 は 2018 年頃のデータで古いですが、世界各国のバイオ燃料導入状況が分かりやすいので掲載した。

表4 世界各国のバイオ燃料導入状況

	油種	消費量	バイオ燃料の 導入実績	バイオ燃料の 導入比率
日本	ガソリン	5,130万kL	83万kL	約1.6%
	軽油	2,544万kL	—	—
欧州	ガソリン	10,121万kL	517万kL	約5.1%
	軽油	31,769万KL	1,556万kL	約4.9%
米国	ガソリン	54,215万kL	5,434万kL	約10.0%
	軽油	22,561万kL	789万kL	約3.5%
ブラジル	ガソリン	5,851万kL	2,710万kL	約46.3%
	軽油	5,756万kL	396万kL	約6.9%

注：軽油はディーゼルのこと

出所：資源エネルギー庁（2019年6月発表資料）

世界各国はバイオ燃料の導入義務化を法制化している。EU は自動車燃料 (RED 規則)、SAF (ReFuelEU Aviation 規則)、船舶燃料 (FuelEU Maritime 規則) に再生可能エネルギー規則を導入して、バイオ燃料を義務化している。また、EU の SAF に関する規則は 2025 年 1 月に施行された。

米国は再生可能燃料混合基準制度 (RFS: 2006 年より施行) でバイオ燃料 (バイオアルコール、バイオディーゼルなど) の再生可能燃料使用義務量 (RVO) 目標値を毎年設定している。米国はここ数年、連邦政府と地方政府の各種規則が HVO の生産と消費を支援している。そのため HVO の生産と消費が急増しており、今後も急増する。

日本はエネルギー供給構造高度化法により 2011 年度以来 ETBE (エチルターシャリーブチルエーテル) の形でバイオエタノールを導入しており、また 2030 年度において、供給量の 1% 相当の合成メタンまたはバイオガスを導管に注入することが目標になっている²⁴。

4.3 バイオエタノール

ガソリンのオクタン価向上剤に MTBE (メチルターシャリーブチルエーテル) が使用されたが、環境問題から使用禁止となった。それに代わったのがエタノールである。エタノールはバイオ燃料ということだけでなく、酸素含有化合物としての内燃効果が評価されている。

4.3.1 米国のバイオエタノールの状況

米国のエネルギー情報局 (EIA) が発表した 2025 年のブレンド用バイオエタノールの生産は、143.43 億ガロンで、ガソリン中の平均エタノール含有率は 10.51% であった (表 5)²⁵。

表 5 米国の年次別エタノールの供給と需要の実績 (単位: 百万ガロン)

U.S. Ethanol Supply and Demand					
	Ethanol			Finished Gasoline	
	Production	Blending	Exports	Consumption	Average Ethanol Content
	Million Gallons				%
2025	16,494	14,343	2,186	136,528	10.51%
2024	16,225	14,245	1,941	137,834	10.34%
2023	15,580	14,230	1,409	137,127	10.38%
2022	15,361	14,023	1,314	135,056	10.38%
2021	15,016	13,944	1,242	135,145	10.32%

Source: U.S. Energy Information Administration

注: 10,000 百万ガロン = 3,790 万 kL

出所: Ethanol Producer Magazine:

<https://ethanolproducer.com/articles/rfa-us-ethanol-production-set-a-record-in-2025-new-data-show> (2026 年 2 月 EIA 発表)

²⁴ https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methanation_suishin/014.html
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/methanation_suishin/pdf/014_03_00.pdf 資料 3 資源エネルギー庁説明資料

²⁵ <https://ethanolproducer.com/articles/rfa-us-ethanol-production-set-a-record-in-2025-new-data-show>

米国はバイオエタノールの世界一の生産国²⁶で、21.86億ガロンを輸出している。カナダが主な輸出先で、イギリスにも輸出されている。いずれもガソリンブレンド用である。

米国ではバイオエタノール含有ガソリンとしては E-10 (バイオエタノールを 10%ブレンドしたガソリン)が標準で、ガソリンスタンドで販売され、また既に E-10 仕様の自動車 (E-10 の腐食対策などをした対策車) が販売されている。かつて E-10 以上のブレンド比率にすることが試みられたが難しく、「E-10 の壁」といわれたが、現在は E-15 を販売するガソリンスタンドが増えている。ただし、E-15 については、夏場は蒸気圧が高くなり空気中に拡散して大気汚染を引き起こす恐れがあるため販売が禁止されていた。

最近、中東問題によるガソリン不足もあって、夏場の販売禁止条項を免除して、E-15 を全国的に、また年間を通じて販売できるようにする法律が提案され、2026 年 5 月に下院を通過した。これは、販売業者が年間を通じて E-15 を提供することを認めるものであるが、義務づけはしておらず、また、消費者の E-10 の入手可能性は維持されるという²⁷。今後、米国のバイオエタノールの使用比率が高まるかもしれない。

4.3.2 各国のエタノールブレンドガソリンのエタノール比率

各国のガソリンへのエタノールブレンド比率規制の状況(～2022年)は次の通りである²⁸。

米国は E-10、E-15 が中心で、E-85 もある。ブラジルは E-27 (2030 年までに E-30 達成が目標)。ブラジルは米国に次ぐ、バイオエタノールの生産国であり、エタノールブレンドガソリンの普及は世界で最も進んでいる。イギリス²⁹など欧州諸国は概ね E-10 である。インドは 2030 年までに E-20 を実施する政策が 2025 年に前倒しで決定された³⁰。インドネシア、タイは E-10 である。中国は E-10 中心である。

4.3.3 日本の状況(バイオ燃料導入拡大計画)

日本のバイオ燃料(主としてバイオアルコール)導入量は、バイオ燃料先進国(米国や欧州)に比べてはるかに少なく、83 万 kL 程度である(表 3)。バイオ燃料の自給率はゼロであり、全量を輸入に頼っている。政府は、バイオ燃料導入拡大を現在計画中³¹で、2028 年をめどに沖縄県で E-10 を先行導入することが 2025 年 11 月に閣議決定された。

²⁶ 2024 年のバイオエタノールの生産国の第1位は米国で世界シェア 52%、第 2 位はブラジルで世界シェア 28%。

²⁷ <https://www.congress.gov/crs-product/IN10979>
<https://www.api.org/news-policy-and-issues/news/2026/05/13/api-applauds-house-passage-of-legislation-for-year-round-e15-and-sre-reforms-urg>

²⁸ 資源エネルギー庁:自動車用燃料(ガソリン)へのバイオエタノールの導入拡大について 2024 年 11 月
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/nenryo_seisaku/pdf/017_03_00.pdf

²⁹ JPEC レポート No.250903:英国のバイオエタノール業界に及ぼすトランプ関税の影響 2025 年 9 月
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2025/09/JPEC_report_No.250903.pdf

³⁰ JPEC レポート No.251001:インドのバイオエタノール政策について 2025 年 10 月
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2025/10/JPEC_report_No.251001.pdf

³¹ 資源エネルギー庁:ガソリンのバイオエタノール導入拡大に向けたアクションプランについて 2025 年 6 月
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/nenryo_seisaku/pdf/019_05_00.pdf

日本では、エネルギー供給構造高度化法(高度化法、2010 年 11 月)に基づく告示において、石油精製事業者に対し、ガソリン代替用途でのバイオエタノールの利用(原油換算 50 万 kL)を義務づけている。過去の導入目標量(原油換算)は 2011~12 年度 21 万 kL、2013 年度 26 万 kL、2014 年度 32 万 kL、2015 年度 38 万 kL、2016 年度 44 万 kL、2017 ~27 年度 50 万 kLとなっている。2017 年以降、現在まで導入量目標の 50 万 kL は変わっていない。

石油精製事業者は、欧米と異なりバイオエタノールでなく、バイオ ETBE(エチル・ターシャリー・ブチル・エーテル)のブレンドを実施している。バイオ ETBE はバイオエタノールとイソブテンを反応させて製造される。バイオ ETBE はバイオエタノールに比べて、自動車の腐食の問題がない。

なお、現在の年間導入量の原油換算 50 万 kL は、バイオ ETBE 194 万トンに対応する。また、ETBE 194 万トンは化学量論的にはエタノール 65 万トンに当たる。エタノールの密度は 0.79 なので、これは 82 万 kL となる。表 4 の 83 万 kL とほぼ一致することから、目標は達成されていることが分かる。

2025 年 11 月に改訂された政府の「ガソリンへのバイオエタノール導入拡大に向けたアクションプラン」³²では、2028 年をめどに沖縄県で E-10 を先行導入すること、2030 年以降に最大 E-10 相当の供給拡大をすることになっている。具体的に燃料品質・車両規格、燃料調達(製油所/油槽所)、供給インフラ(輸送/サービスステーション)の項目についてアクションプランが検討されている。これまでの ETBE ブレンドに加えて、エタノールブレンドが行われることになる。

また、E-20 の認証制度にかかる議論を速やかに開始し、車両開発などのリードタイムを十分に確保した上で、2030 年代のできるだけ早期に、乗用車の新車販売における E-20 対応車の比率を 100%とすることを目指すことも盛り込まれている。

4.4 バイオディーゼル(HVO と FAME)

4.4.1 HVO と FAME

バイオディーゼルには FAME と HVO があり、ディーゼルにブレンドして使用されている。

米国では FAME は Biodiesel と呼ばれ、HVO は Renewable Diesel ³³と呼ばれる。

FAME は、油脂をメタノールとエステル交換反応させてつくられた脂肪酸メチルエステルである(式 1)。グリセリンが副生成物として、10%程度生成する。

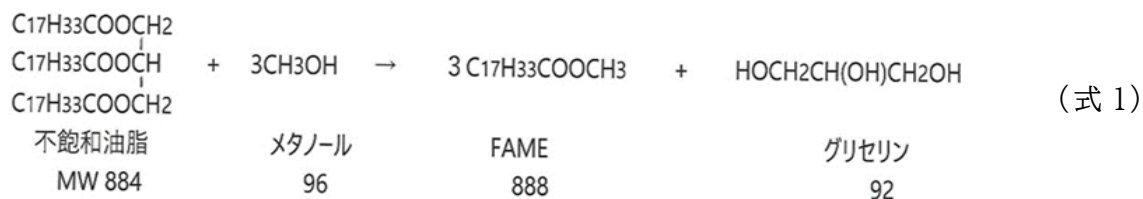
³² 資源エネルギー庁: ガソリンへのバイオエタノール導入拡大に向けた取組について 2025 年 12 月

https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-175/02/siryou2-1-2.pdf

資源エネルギー庁: 次世代燃料(バイオ燃料、合成燃料)政策について 2026 年 8 月 20 日閲覧

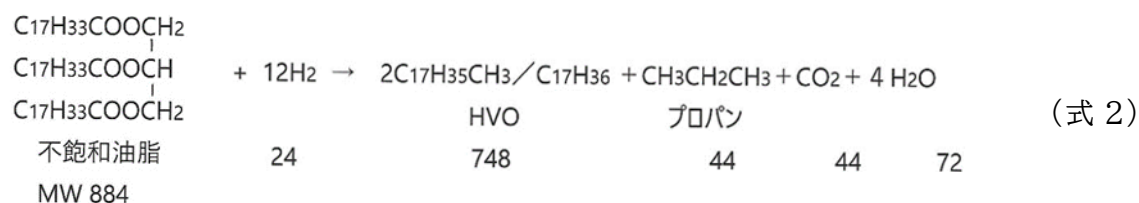
https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/koudokahou/nextfuel.html

³³ Neste も Renewable Diesel と呼んでいる。



FAME は含酸素燃料であり、炭化水素系のディーゼルに比べ酸化安定性や材料適合性に問題があるのでディーゼルへのブレンド率に上限がある。

一方、HVO は廃食油(UCO:Used Cooking Oil)などを水素化・脱酸素化処理して製造される。この処理により、油脂の不飽和結合が飽和され、脱 CO₂ 反応と脱酸素反応(H₂O が副生)が併発する(式 2)。脱 CO₂ 反応で C₁₇H₃₆ が、脱酸素反応で C₁₇H₃₅CH₃ が生成し、混合物となる。得られた HVO は純炭化水素で、酸素を含まないので、HVO は化学構造的にも性能的にも石油系ディーゼルのドロップインプロダクトであり、そのためブレンド率に上限がない。このため、FAME に比べ、需要が伸びている。



副生物のバイオプロパンは脱水素してバイオプロピレンに変換した後、重合してバイオ PP が得られる。Borealis がオランダでバイオ PP を工業化している³⁴。

SAF は HVO から製造される。HVO を水素化分解(HVO の分子量を少し下げる)と異性化反応(3 級炭素の導入)し、蒸留分離することにより、SAF 規格に合う留分を得る。この際、沸点が SAF より低いバイオナフサと、沸点の高いバイオディーゼルが併産される(31 頁の図 14)。

Neste(フィンランド)は、HVO 製造時に副生するバイオナフサを工業化した。同様に UPM(フィンランド)も Renewable Naphtha(パルプ製造時副生成物のトール油由来)を工業化した。このバイオナフサを石油系ナフサとブレンドして、ナフサ・クラッキングしてエチレン、プロピレンなどのモノマーを製造し、これを重合して目的のバイオマス含有率を有する PE や PP をマスバランス方式で製造することができる。

2019 年から世界の石油化学企業は Neste や UPM と提携して、マスバランス方式のバ

³⁴ <https://www.borealisgroup.com/news/borealis-producing-certified-renewable-polypropylene-at-own-facilities-in-belgium> (2020 年 3 月)

イオ PE、バイオ PP の製造を開始した(図 8)³⁵。

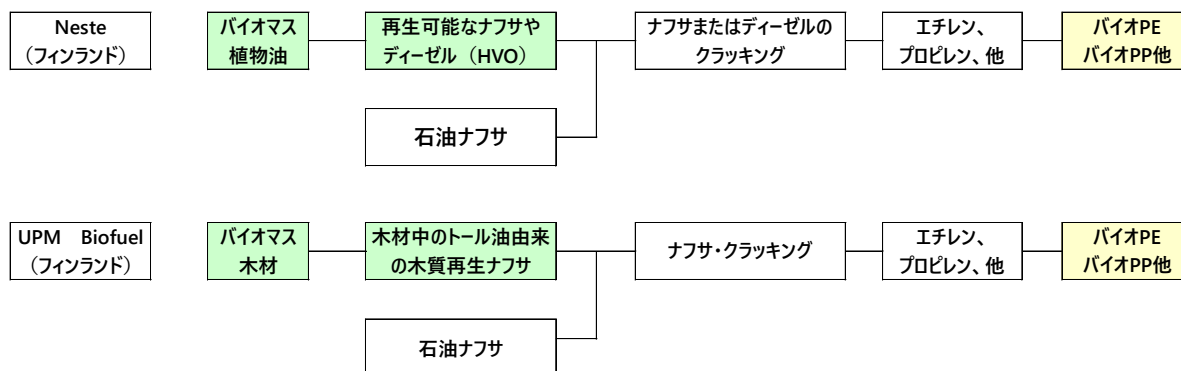


図 8 バイオマス「第二世代ドロップインプロダクト」の製造スキーム

注：緑地はバイオマス原料とバイオナフサなど、黄色地は第二世代ドロップインプロダクト

出所：旭リサーチセンター作成。

Neste は、2025 年の売上高が 190 億ユーロのオイル(石油)の大企業で、“Renewable Diesel”(HVO のこと)と SAF の製造の世界のリーダーである。HVO の生産能力は 550 万トン/年で、フィンランドの Porvoo、オランダの Rotterdam、シンガポール、および米国で生産している(米国は Marathon Petroleum と合併)。さらに 2027 年に Rotterdam の増設が完成すると生産能力は 680 万トン/年になる³⁶。原料は廃食油(UCO)などであり、これから高品質の HVO を製造している。また、HVO を原料に SAF を製造している³⁷。

Porvoo 製油所は石油系オイル製品も製造しているが、長期的には renewable(再生可能)で circular solution(循環系)のオイルリファイナーを目指していくという。

4.4.2 バイオディーゼルの米国の状況

米国のバイオ燃料としては、過去にガソリンブレンド用のバイオエタノール導入が先行していたが、ディーゼルブレンド用の Biodiesel(FAME)と Renewable Diesel(HVO)の導入も進んでいる³⁸。

図 9 に米国 EIA(U.S. Energy Information Administration)による FAME と HVO の生産量推移(2011～22 年)を示す。

³⁵ ARC リポート シリーズ(1):https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1085.pdf (19 頁、2026 年 4 月)、ARC リポート: バイオマスプラスチックとバイオマス化学の動向(上)

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1067.pdf (25～35 頁、2024 年 3 月)

³⁶ <https://www.neste.com/about-neste/how-we-operate/production> 2026 年 8 月 20 日閲覧

<https://www.neste.com/news-and-insights/renewable-solutions/Nestes-HVO100-journey>

³⁷ HVO を少し低分子化し、粘度調整のため一部直鎖でなく異性化させてジェット燃料化したものが SAF である。

³⁸ https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2025/05/JPECForum_2025_program_042.pdf

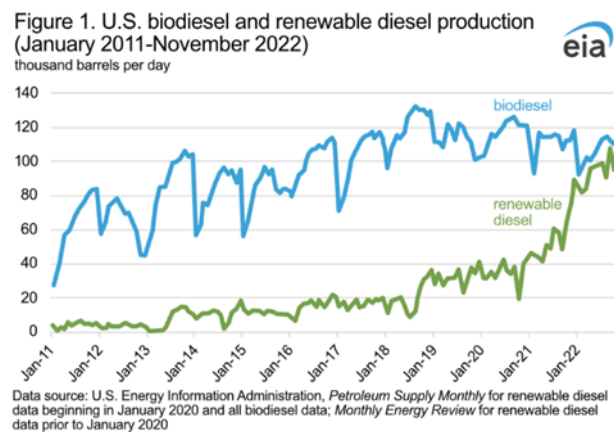


図 9 米国の Biodiesel (FAME) と Renewable Diesel (HVO) の生産量推移
(2011 年 1 月～2022 年 1 月): 単位 1,000 バレル/日

注: 10 万バレル/日 = 580 万 kL/年

出所: <https://oilandenergyonline.com/articles/all/eia-renewable-diesel-growth-expense-biodiesel/> 2023 年 3 月、元資料は EIA。

図 9 に示すように、FAME は 2011 年以來穏やかに増加した後、2018 年頃から頭打ちである。一方、HVO は 2019 年頃より急増し、2022 年には、FAME と同じ生産量になった。

さらに、表 6 に示すように、2025 年には HVO の消費は FAME の 2 倍になっている。HVO の成長が著しい。

なお、近年の米国でのディーゼルの供給量は、約 400 万バレル/日で推移しているので、バイオディーゼル燃料比率 $((\text{HVO} + \text{FAME}) / \text{全ディーゼル供給量})$ は、2025 年に 6.0% $((16+8)/400)$ 、2026 年に 8.2%、2027 年に 10.2% となる。

表 6 米国の Renewable Diesel (HVO)、Biodiesel (FAME)、その他のバイオ燃料の生産と消費 (単位: 万バレル/日)

	Renewable Diesel (HVO)		Biodiesel (FAME)		その他のバイオ燃料	
	生産	消費	生産	消費	生産	消費
2025 (実績)	19	16	8	8	4	4
2026 (予測)	24	22	11	11	4	4
2027 (予測)	29	30	11	11	5	5

注: ①その他のバイオ燃料には、再生可能ジェット燃料 (SAF を含む)、代替ジェット燃料、バイオジェット、再生可能ナフサ、再生可能ガソリンが含まれる。②10 万バレル/日 = 580 万 kL/年。

出所: EIA 発表データ (2026 年 6 月) を旭リサーチセンターが編集。

EIA 発表: https://www.eia.gov/outlooks/steo/pdf/steo_full.pdf

その状況と背景について、EIA は“Renewable Diesel Growth At Expense Of Biodiesel”³⁹の中で次のように述べている。以下は抜粋である。

「政府のプログラムや低炭素燃料への補助金が HVO 生産の成長を牽引している。HVO は、カリフォルニア州の低炭素燃料基準(LCFS)⁴⁰、オレゴン州のクリーン燃料プログラム、ワシントン州のクリーン燃料プログラム(2023 年 1 月開始)、そして RFS 基準(再生可能燃料基準)を満たすためにますます利用される。これらの政府プログラムに加え、2022 年のインフレ抑制法(IRA)によりディーゼル税額控除が導入され、HVO の生産がより経済的になった。これらのプログラムは、テキサス州の Diamond Green Diesel の HVO 新工場建設や、かつての石油製油所跡地に設置された複数の HVO 工場(ノースダコタ州の Marathon Petroleum 石油製油所、カリフォルニア州の Phillips 66 のロデオ製油所、そしてワイオミング州の HF Sinclair 製油所)建設のインセンティブを提供した。

EIA の 2023 年 2 月の短期エネルギー見通し(STEO)では、HVO の生産能力が増加するにつれて、HVO 生産が今後も増加すると予測している。

FAME 生産者と HVO 生産者は、同じ制約された原料をめぐって競争するため、HVO 生産の増加に伴い米国の FAME 生産は減少すると EIA は予想している。FAME 生産は HVO に比べて 1 ガロン当たりの RIN クレジットが少なく輸送費(鉄道やトラック)が高い。

HVO 生産の増加に伴い、EIA はバイオ燃料の統計分類である「その他のバイオ燃料」の生産も増加すると見込んでいる。「その他のバイオ燃料」の米国生産量は、2022 年から 2024 年までに 2 倍以上になると予想されている。この成長の多くは、HVO 生産の副産物として生産されるバイオ(再生可能)ナフサおよびバイオ(再生可能)プロパン、そして HVO・SAF 併産プラントで生産される SAF からもたらされる。このように HVO プラントは他のバイオ燃料を生産できるため、HVO 生産の増加は他のバイオ燃料生産の増加を促進する。」

4.5 バイオメタン

天然ガス(メタン)と同じ化学構造を有するバイオメタンは高成長が期待できる再生可能エネルギーであり、以前より注目してきた⁴¹。

2025 年 1 月に IEA が発表した「Gas Market Report, Q1-2025」によると、2024 年の世界のバイオメタン生産量は 10bcm(1,360 万トン)を超えた(図 10)。地域別では、欧州 5.2bcm と北米 3.6bcm で 9 割弱を占め、しかも急拡大している。

³⁹ <https://oilandenergyonline.com/articles/all/eia-renewable-diesel-growth-expense-biodiesel/> 2023 年 3 月

⁴⁰ HVO は FAME に比べて炭素強度(CI:製品の生産単位当たりの CO₂ 排出量)が低く、カリフォルニア州など低炭素燃料基準(LCFS)を導入する州で、より多くの炭素クレジットを獲得できる。このため、HVO の生産や消費がカリフォルニア州に集中している。

⁴¹ 旭リサーチセンター・塚原祐介「米国で注目高まる再生可能な天然ガス(RNG)」2021 年 4 月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/member/watching/pdf/w_318-05.pdf

旭リサーチセンター・石井由紀「欧米で急拡大するバイオメタン生産」2024 年 4 月

https://arc.asahi-kasei.co.jp/member/watching/pdf/w_351-01.pdf

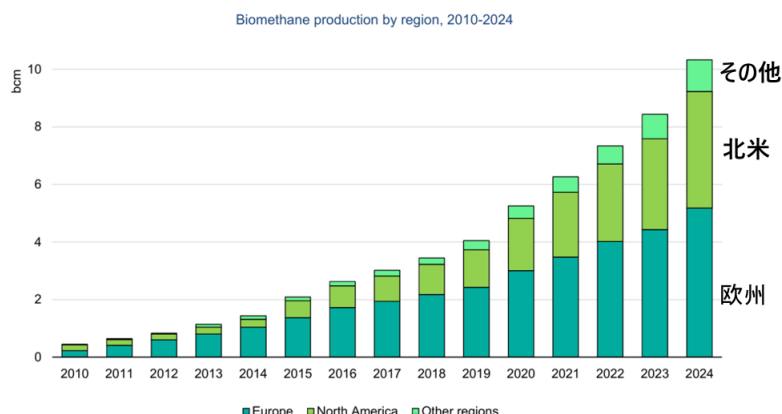


図 10 地域別バイオメタン生産量推移

出所:IEA「Gas Market Report,Q1-2025」 Jan. 2025、72 頁⁴²。

バイオメタンは、廃棄物系バイオマス(家畜排泄物、農業残渣、廃棄物埋立地の有機廃棄物、下水汚泥など)を、嫌気性微生物の働きによって発酵させて生成したバイオガス⁴³を精製して製造される。バイオガスは約 6 割がメタン、残りが CO₂ とその他微量の成分で構成されており、精製によって CO₂ などメタン以外の成分を取り除く⁴⁴。バイオメタンは、天然ガスとほぼ同成分であるため、既存のガス供給網に注入したり、CNG 車(圧縮天然ガス自動車)の燃料とすることができる⁴⁵。

EU は、ロシアのウクライナ侵攻後、急速にロシア産天然ガス依存からの脱却を進めており、2022 年 5 月策定の REPowerEU プランで、「2030 年バイオメタン 35bcm 導入」目標を掲げた。これは日本の都市ガス供給量に匹敵する量で、EU の策定時点の生産量の約 7 倍である。2021 年 10 月発表の「Fit for 55」に基づく計画では「天然ガス年間使用量は 2030 年までに約 100bcm 削減」であるが、その削減量の 3 割強をバイオメタンで代替することになる。

米国では、EPA(米国環境保護庁)の再生可能燃料基準(RFS)に基づき、燃料生産業者・輸入業者に対して再生可能燃料使用義務量(RVO)が設定されている。米国では、自動車燃料向け用途が RNG(Renewable Natural Gas:バイオメタン・バイオガス)の需要の大勢を占めていて現状でも旺盛であるが、さらに住宅・商業部門でも州による混合義務の制度導入などの動きがあり、今後も需要が拡大すると見込まれている。

近年の欧米企業の動きをみると、BP、Shell、Chevron、TotalEnergies などの大手エ

⁴² <https://iea.blob.core.windows.net/assets/23968aal-73c7-4f29-86e8-38d9818fadfc/GasMarketReport%2CQ1-2025.pdf> 72 頁

⁴³ バイオガスは H₂S やシロキサンを除去した後、CO₂ を含んだまま発電用に使用される。

⁴⁴ 旭化成は岡山県倉敷市の下水処理場でバイオガス精製システムの竣工式を開催-ゼオライト系 CO₂ 分離回収システムの実証開始へ 2025 年 2 月
<https://www.asahi-kasei.com/jp/news/2025/ze250204>

⁴⁵ バイオメタンは、天然ガスや e-メタンと同じ化学構造である。現状はバイオメタンの生産量が e-メタンの生産量をはるかに超えている。e-メタンのプロジェクトの規模は 0.3bcm 程度である。

エネルギー企業による、バイオガス・バイオメタン事業への投資や大手製造企業の買収、バイオメタンプラント建設の動きが目立つ。BP は 2022 年 12 月に米国バイオメタン製造大手 Archaea Energy を買収し、Shell は 2023 年 2 月に、当時欧州最大のバイオメタン製造者 Nature Energy を取得した。バイオメタンの導入に積極的なフランスに本拠地を置く TotalEnergies は、2030 年までに欧米で 10TWh(66 万トン)超のバイオガス生産能力達成を掲げている。欧州での買収・プラント建設に加え、2024 年 4 月に米国で Vanguard Renewables との合併により供給能力を拡大している。

2025 年 5 月に発表された IEA の「Biogas and biomethane outlook to 2050」⁴⁶によれば、IEA はバイオメタンとバイオガスについて、APS(Announced Pledges Scenario: 表明公約シナリオ)で、2050 年の需要(生産可能な需要量に対応)を推算している(表 7)。バイオメタンとバイオガスの合計は 2023 年の 50bcme(bcme は天然ガス換算の bcm のこと)から 2030 年に 343bcme(約 7 倍)に増加する。途上国は、2023 年はバイオガスがほとんどであるが、2050 年にはバイオメタンがバイオガスの 2 倍になる。

表 7 先進国と途上国のバイオメタンとバイオガスの 2030 年と 2050 年の APS での需要量

	先進国		途上国		先進国+途上国	
	2023	2050APS	2023	2050APS	2023	2050APS
Biomethane	8	93	1	144	9	237
Biogas	23	31	18	75	41	106
合計	31	124	19	219	50	343

注：単位 bcme。出所：IEA。

IEA によれば、このように大幅に生産量を伸ばせる最大理由は、利用できるバイオメタン・バイオガスの原材料ポテンシャルが非常に大きく、2023 年の 50bcme を製造するのに利用している原材料は潜在原材料のわずか 4%に過ぎないためである。潜在原材料をフルに利用すれば、大幅な生産能力アップが実現できる($50bcm \div 0.04 = 1,250bcme$ が潜在原材料の量になる)。

IEA は、将来、地域としては途上国(特に、ブラジル、中国、インド)の開発と、潜在原材料としては、特に最も低コストで潜在規模の大きい都市ごみなどをフルに利用した開発が進み、世界で毎年 1,000bcme のバイオメタンを持続可能に生産できると推定している⁴⁷。これは世界の天然ガス需要の約 4 分の 1 に相当する。

⁴⁶ <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane/biogas-and-biomethane-outlook-to-2050>

⁴⁷ <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5b757571-c8d0-464f-baad-bc30ec5ff46e/OutlookforBiogasandBiomethane.pdf>

5. バイオマス化学やCO₂/H₂ 化学による SAF(航空燃料)の製造

5.1 SAF の欧州、米国、日本における状況と需要予測

5.1.1 欧州の状況

航空機は EV 化が難しく、ジェット燃料を使用せざるを得ない。このため、航空燃料の規則は自動車燃料よりも厳しい。2025 年 1 月より EU の ReFuelEU Aviation 規則（2023 年 10 月 18 日制定）による SAF 使用義務制度が施行され、使用義務を満たさない場合はペナルティ（罰金）が課せられた。SAF の本格実用化のスタートである⁴⁸。

この ReFuelEU Aviation 規則は、表 8 に示すように、①EU における SAF の最低供給義務を定めており、2025 年の 2% から 2050 年に 70% に引き上げる。②内数として、synthetic e-fuel(e-SAF)の最低供給義務率を、2030 年の 1.2% から 2050 年には 35% に引き上げる。現在の SAF の 80~90% は HEFA 法により製造されたものである。CO₂ と電解水素からつくられる e-SAF の早期立ち上がりが期待されている。

表 8 ReFuelEU Aviation 規則による年次別の SAF と e-SAF の使用義務率

	単位	2025	2030	2035	2040	2045	2050
SAF	%	2	6	20	34	42	70
e-SAF (SAFの内数)	%	—	1.2	5	10	15	35

出所：<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R2405>

EASA(欧州航空安全局)はウェブサイト⁴⁹で「①2024 年時点では、SAF の生産は世界のジェット燃料使用量のわずか 0.53% を占めるに過ぎない。将来の義務や目標を達成するためには、生産能力の大幅な拡大が必要である。②現在建設中の SAF 生産能力は、2030 年に ReFuelEU Aviation 規則で必要とされる 320 万トン(約 400 万 kL)を供給可能だが、その後は迅速に増強する必要がある。③SAF の価格は現在、従来型燃料の 3 倍から 10 倍と高価だが、生産技術の拡大により大幅に下がると予想される。」とコメントしている。

イギリスは EU と歩調を合わせると考えられる。イギリス政府は 2021 年 10 月に発表したネットゼロ戦略に、2030 年までに国内航空燃料に 10% の SAF 混合を実現するため、2025 年までに国内で少なくとも 5 つの商業規模の SAF 工場を建設することを盛り込んでいる⁵⁰。

⁴⁸ ①資源エネルギー庁：<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/saf.html>

②JPEC レポート No.250901:ReFuelEU Aviation 規則の発効後の動向 2025 年 9 月
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2025/09/JPEC_report_No.250901.pdf

⁴⁹ <https://www.easa.europa.eu/en/domains/environment/eaer/sustainable-aviation-fuels>
2026 年 8 月 20 日閲覧

⁵⁰ https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2024/04/JPEC_report_No.240401.pdf

5.1.2 米国の状況

米国には、SAF グランドチャレンジ(2021 年 9 月発表の連邦政府機関が協力して作成した戦略)において、2030 年の SAF 供給量を 30 億ガロン/年(米国内での航空燃料消費量の 10%相当)とする目標が存在する⁵¹。30 億ガロンは約 1,140 万 kL である。

EIA は 2025 年 5 月に、SAF の生産能力が急激に立ち上がったと発表した(図11)⁵²。

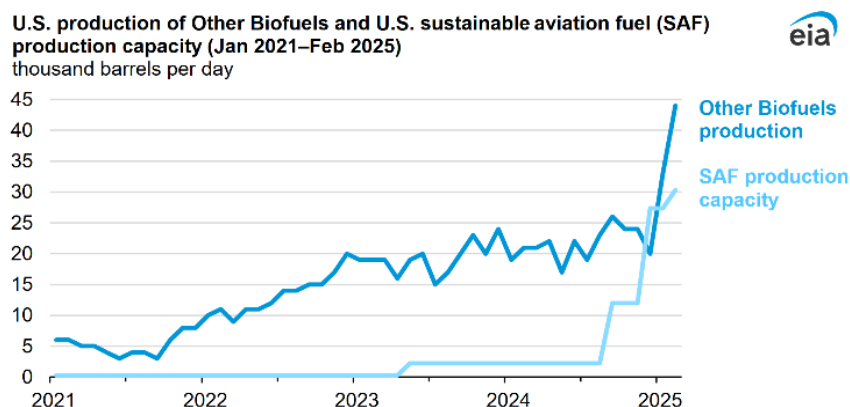


図 11 米国におけるその他バイオ燃料とそのうちの SAF の生産能力推移

出所:EIA

図 11 によれば、SAF の生産能力は 2025 年に 3 万バレル/日(174 万 kL/年)になった。米国の SAF メーカーの World Energy の生産能力については 31 頁参照。

5.1.3 日本の状況

政府は、2030 年時点の SAF 使用量として、「ジェット燃料の使用量の 10%を SAF に置き換える」との目標を設定しており、国内での SAF 需要は、2030 年に 2025 年比で約 6 倍の 172 万 kL(海外航空会社向け:84 万 kL、国内航空会社向け:88 万 kL)に急拡大すると想定した⁵³。また、2025 年 2 月に、政府は SAF の製造・供給体制構築支援事業の採択事業者 4 社を決定した⁵⁴。立地、採用技術、生産規模は以下の通りである。

ENEOS	: 和歌山県	HEFA	約 40 万 kL/年
コスモ石油	: 香川県	ATJ	15 万 kL/年
出光興産	: 山口県	HEFA	25 万 kL/年
太陽石油	: 沖縄県	ATJ	20 万 kL/年

⁵¹ 資源エネルギー庁:2030 年における持続可能な航空燃料(SAF)の供給目標量の在り方 2024年9月

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/nenryo_seisaku/pdf/016_04_00.pdf

⁵² <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=65204> 2025 年 5 月

⁵³ 資源エネルギー庁:2030 年における持続可能な航空燃料(SAF)の供給目標量の在り方 2024年9月

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/nenryo_seisaku/pdf/016_04_00.pdf
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/pdf/005_03_00.pdf

⁵⁴ 資源エネルギー庁:持続可能な航空燃料(SAF)に関する取組の現状 2026 年4月

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/nenryo_seisaku/pdf/021_04_00.pdf

5.1.4 Sky NRG の予測

図 12 は、オランダの SAF メーカー Sky NRG が 2021 年に発表した SAF の市場予測の有名な図である。HEFA が当面の SAF 製造のほとんどを担うが、原料の廃食油(UCO)などの量に限界があるため、生産量は頭打ちになる。その後の需要増には ATJ、次いで合成燃料(CO₂、水素(H₂):CO₂/H₂ 化学)が分担するというものである。

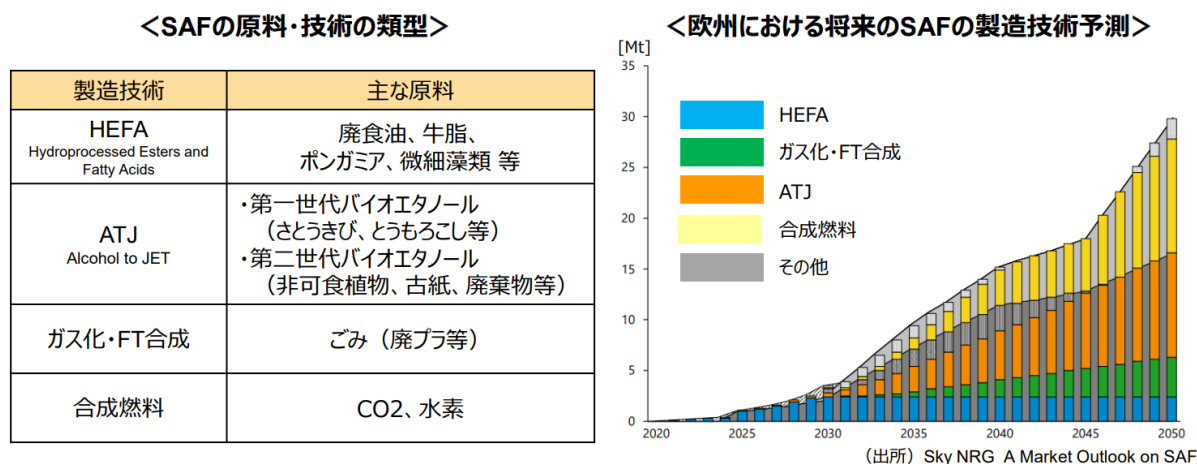


図 12 欧州における将来の SAF の製造技術予測(右図)とその説明(左表)

出所: 資源エネルギー庁: 2030 年における持続可能な航空燃料(SAF)の供給目標量の在り方(2024 年 9 月)
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/nenryo_seisaku/pdf/016_04_00.pdf

5.1.5 IATA(国際航空運送協会:航空会社の団体)の世界の SAF 需要予測(脚注 51 資料の 3 頁)

IATA は、2022 年時点の世界の SAF 供給量は約 30 万 kL(世界のジェット燃料供給量の 0.1%程度)だったとして、2050 年に航空輸送分野がネットゼロを達成するために必要な SAF の量は、2022 年時点の世界のジェット燃料供給量(3 億 kL)の 1.5 倍となる 4.5 億 kL と推計した。年次別に、2025 年 800 万 kL、2030 年 2,300 万 kL、2035 年 9,000 万 kL、2040 年 2.29 億 kL、2045 年 3.46 億 kL、2050 年 4.49 億 kL となっている。

2050 年のジェット燃料供給量が 2022 年の 1.5 倍で、かつ全量を SAF にするというところで、非常に大きな数字になっている。

5.1.6 ICAO(国際民間航空機関)の CO₂ 削減目標(脚注 51 資料の 30 頁)

2022 年 10 月の ICAO 総会において、国際航空輸送分野における 2024 年以降の CO₂ 排出量は、2019 年の CO₂ 排出量の 85% 以下に抑えるという目標が採択された。

5.2 SAFの各種製造プロセス

図 13 に、バイオマス化学の SAF と CO₂/H₂ 化学の e-SAF の製造ルートと代表的な開発・工業化企業(①～⑧)をまとめた。

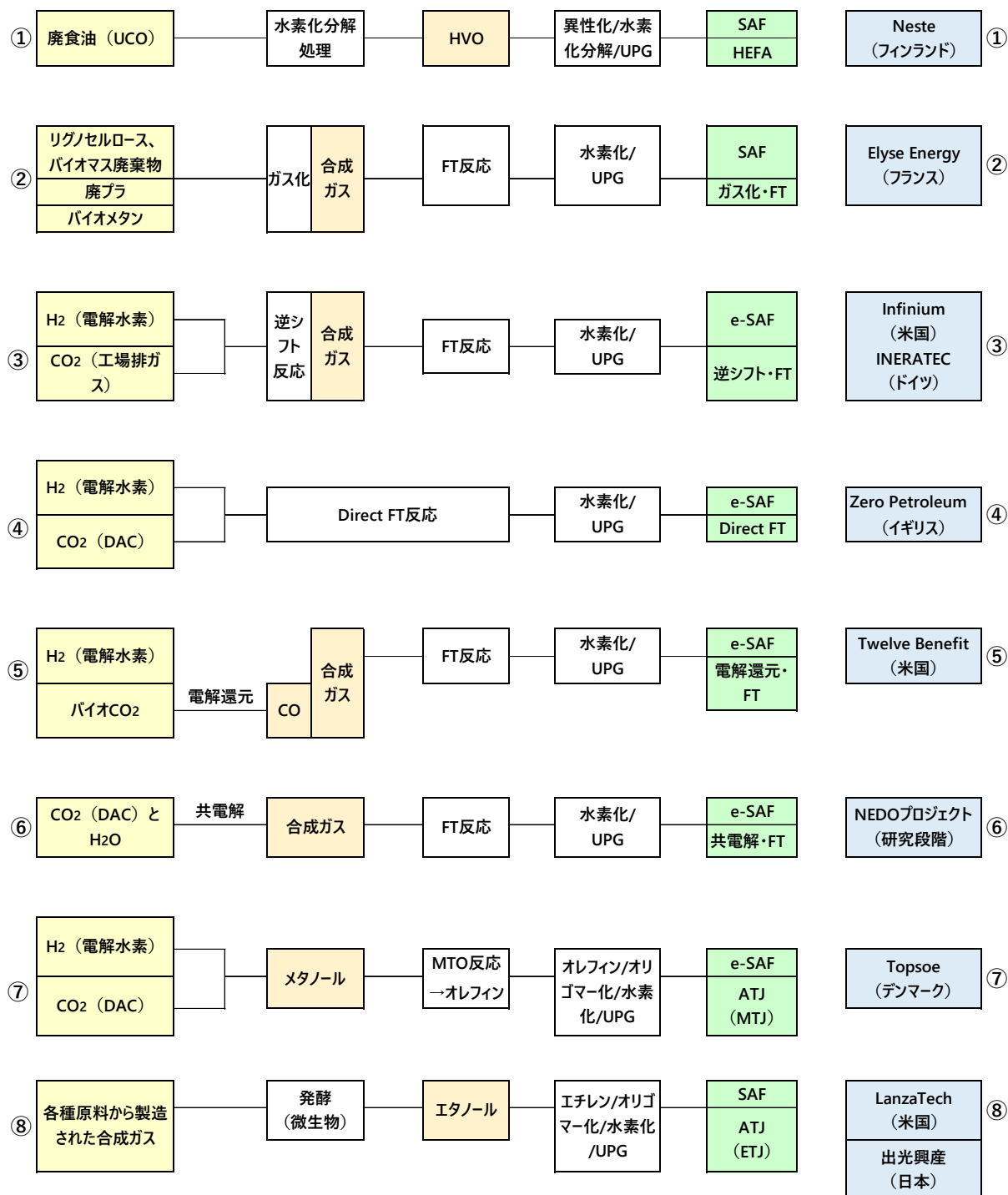


図 13 SAF の各種製造ルートとその開発・工業化企業の一例

注：1. 黄色地は原料、黄土色は中間化合物、緑色地は最終製品、無地は反応・プロセス、青色地は主要な実用化または開発企業など。

2. DAC: Direct Air Capture、ETJ: Ethanol To Jet、MTJ: Methanol To Jet、水素化/UPG (アップグレード): ここでの UPG は、SAF の規格 (ASTM D7566 に準拠: 粘度、凝固点など) に合うように粗 HVO を水素化分解、異性化、蒸留などを行うこと。

出所: アイシーラボ代表・室井高城氏からの各種情報提供 (室井高城「世界の合成燃料製造技術動向」第 137 回触媒討論会特別シンポジウム 2026 年 3 月 24 日など) と各種資料より旭リサーチセンター作成。

以下に、図 13 の①～⑧の簡単な説明を記した。

①HEFA 法による SAF 生産量は、現在 SAF 生産量全体の 80～90%を占めている。

HEFA 法 SAF の製造ルートを図 14 に示す(21 頁の HVO の説明も参照)。粗 HVO から SAF の品質規格に合格するよう異性化と水素化分解を行い製品 SAF が得られる。同時にバイオナフサ、HVO が連産する。

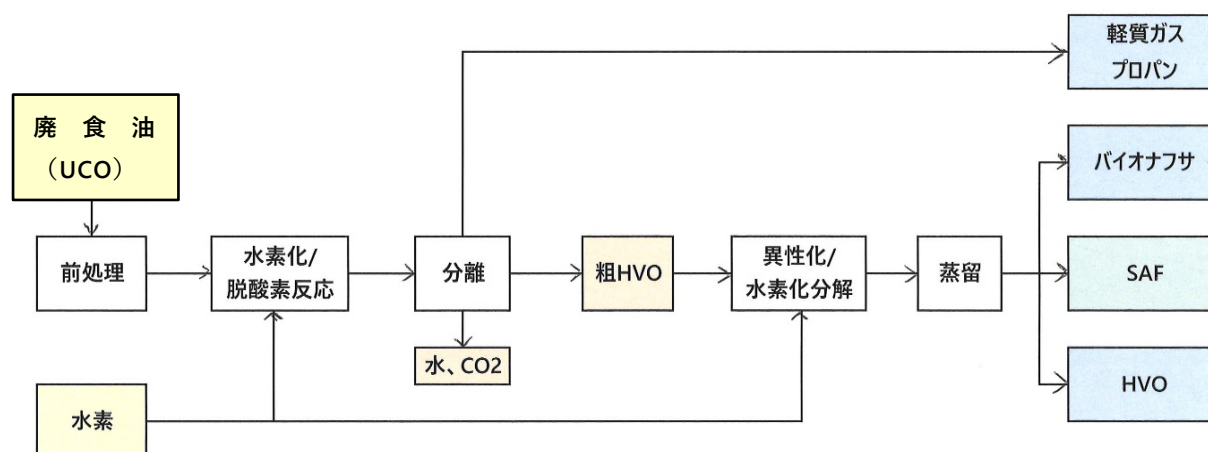


図 14 HEFA 法 SAF の製造ルート

出所：アイシーラボ代表・室井高城氏提供。

SAF の世界トップメーカーである Neste は HEFA 法で生産している。同社の生産能力⁵⁵は、「a. フィンランド Porvoo(HVO 生産能力 25 万 kL/年、うち SAF 12.5 万 kL/年)、b.オランダ Rotterdam(HVO 150 万 kL/年、SAF 内数不明)、c.シンガポール(HVO 325 万 kL/年、うち SAF 125 万 kL/年)で SAF を製造、d. Rotterdam では 2026 年までに HVO 生産能力を約 340 万 kL/年(うち SAF 150 万 kL/年)に拡張予定である。」

TotalEnergies(フランス)の生産能力⁵⁶は、「a. 2019 年 6 月、La Mede 製油所を 62.5 万 kL/年の HVO プラント(うち SAF 12.5 万 kL/年)に改修し、2022 年 3 月から商用製造開始、b.2025 年中に Grandpuits 製油所に SAF 製造プラント(約 26 万 kL/年)を建設することを計画、c.ノルマンディーの Gonfreville 製油所で Co-Processing による SAF 製造中で、2025 年には 5 万 kL/年の生産を計画している。」

World Energy(米国)⁵⁷は完全に農業原料(inedible agricultural waste、fats、oils、greases)を使用して HEFA 法で製造していることが特徴である。生産能力⁵⁸は、

⁵⁵ 資源エネルギー庁：経済産業省における SAF 商用化に向けた取組 2025年2月

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/pdf/006_08_00.pdf

⁵⁶ 同上 https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/pdf/006_08_00.pdf

⁵⁷ <https://worldenergy.net/our-solutions/saf/>

⁵⁸ https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/pdf/006_08_00.pdf

「a. 2016 年から、カリフォルニア州 Paramount において、SAF 製造を開始（生産能力 17 万 kL/年）。2025 年までに約 130 万 kL/年までの拡張を計画。b. テキサス州 Houston で 2025 年中に約 95 万 kL/年の SAF を製造の予定である。」

日本では、コスモ石油が廃食油 (UCO) を原料に 3 万 kL/年の SAF 量産プラントを 2024 年 12 月に完工し、日本初の SAF 量産プラントとして稼働している⁵⁹。

②ガス化・FT 法は様々な原料のガス化を利用できる。Elyse Energy (フランス) は木材を原料として、ガス化・FT により、フランスの Pyrénées-Atlantiques 地域に約 10 億ユーロ（約 1,800 億円）を投資し、2030 年までに SAF 7.5 万トン/年とナフサ 3.5 万トン/年を生産する計画である⁶⁰。同社の BioTJet プロジェクトは、過去にほぼ同じメンバーで実証試験を行った BioTfuel プロジェクト (35 頁参照) を継承しており、主に地元の林業や木材最終廃棄物からなるバイオマスから高度なバイオケロシン (ジェット燃料) を生産することが可能である。同社は e-メタノールも開発中である。

次の③～⑥の各社生産能力については、ARC リポート シリーズ (1)⁶¹ の表 4 (34 頁) も参照されたい。

③逆シフト・FT 法は、電解水素と CO₂ (工場排ガス) を原料に、逆シフト反応により、合成ガスを製造し、その後 FT 反応で SAF を製造するものである。Infinium (米国)⁶² や INERATEC (ドイツ)⁶³ が工業化している。他にも、Johnson Matthey (イギリス) などが開発している。

INERATEC はドイツの Frankfurt に e-fuel plant 「ERA ONE」を 2025 年 6 月 3 日に稼働を開始した⁶⁴。このタイプとしては欧州最大規模の Max. 2,500 トン/年である。

③～⑥に共通する FT 反応は、触媒の存在下に合成ガスから -CH₂-オリゴマーを製造する方法である。生成物は炭素数分布を持ったものとなるが、有効成分の C₅～C₁₉ の収率が高いものがよい。生成物は図 14 の粗 HVO と同様な異性化、水素化分解、蒸留を経て SAF 用の C₁₁～C₁₅ リッチ留分を取得するものと推定される。

④Direct FT 法は Zero Petroleum (イギリス) が開発中である。逆シフト反応が平衡的に不利なため、逆シフト反応時に FT 反応触媒を共存させ、逆シフト反応生成物を直接 FT 反

⁵⁹ https://www.cosmo-energy.co.jp/ja/company/business/individual/domestic_saf.html

⁶⁰ アイシーラボ代表・室井高城氏の情報提供、および <https://elyse.energy/en/our-projects/biotjet>

⁶¹ https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1085.pdf

⁶² <https://www.infiniumco.com/>
https://www.jogmec.go.jp/news/release/release_01251.html

⁶³ <https://www.ineratec.de/en>

⁶⁴ <https://www.ineratec.de/en/era-one-e-fuels-made-germany>

応させて、平衡をずらすという方法である。Zero Petroleum が ADIPEC 2025 で Direct FT について講演し、以下のような新しい知見を発表した⁶⁵。

- ・最大 95% の液体選択性で、認証可能な燃料分画を生成。
- ・30 日を超える安定した運転により触媒の耐久性と低コークスを確認。
- ・既存の航空・交通インフラとの完全な互換性。
- ・「DirectFT」Jet A-1 燃料の ASTM D4054 認証が進行中。

⑤電解還元・FT 法は Twelve Benefit が開発中である(三井物産が出資している)⁶⁶。CO₂ を低温、常圧で CO に転換する電解技術を利用して、逆シフト反応を回避している。

同社は、2026 年 6 月 10 日にワシントン州 Moses Lake に建設した SAF と e-ナフサの製造工場(「AirPlant One」)の商業生産を開始したことを発表した⁶⁷。PtL(a power-to-liquid)であり、米国初の商業「E-Jet」燃料工場である。e-ナフサは化学品、プラスチック、繊維などの原料に使用される。

⑥SOEC(固体酸化物形電解セル)共電解・FT 法は、逆シフト反応を回避するためには、CO₂ と H₂O の SOEC 共電解により合成ガスを製造する方法である。原理的に逆シフト反応よりエネルギー効率が上がるが、運転条件が高温なので材料の寿命が課題とされる。現在 JPEC が中心の NEDO プロジェクトで研究中であり、つくばの産総研で 10 kW-クラスの SOEC-FT のデモンストレーション ユニートを運転している⁶⁸。また、FT 触媒の開発も進めており、最近の成果は Co(acac)₂ を前駆体として Co/γ-Al₂O₃ を調製し、ZSM-5 とハイブリッド化した触媒を用い、還元条件を最適化することで、75% 以上の高い C₅~C₁₉ 選択率を得ている⁶⁹。

一方、2026 年 2 月に三菱重工が、「SOEC 共電解と FT 合成装置を活用した一気通貫プロセスでの液体合成燃料製造の実証に成功」を発表した⁷⁰。今回実証された共電解セルスタックは~1kW クラスである。

⑦MTJ(Methanol to JET)法は、電解水素と DAC・CO₂ を原料にして製造したメタノールを MTO 反応でエチレン、プロピレンに転換し、それらをオリゴマー化した後、水素化処理とアップグレードを行って SAF を製造する。

⁶⁵ https://www.linkedin.com/posts/zero-petroleum_zero-petroleum-ceo-and-founder-paddy-low-activity-7391138917854601219-nqBs

⁶⁶ <https://www.twelve.co/>

⁶⁷ <https://www.twelve.co/post/airplant-one-opens-in-moses-lake-america-s-first-commercial-e-jet-fuel-plant-begins-operations>

⁶⁸ https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2026/05/JPECForum_2026_program_012.pdf

⁶⁹ https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2026/05/JPECForum_2026_program_015.pdf

⁷⁰ <https://www.mhi.com/jp/news/26021301.html>

Topsoe(デンマーク)はMTJ・SAF(「MTJet」 Technology)のプロセスライセンサである⁷¹。また、Johnson Matthey と Honeywell UOP (米国)は提携して、Johnson Matthey の CO₂ と水素からのメタノール製造技術と Honeywell UOP の MTJ 技術を統合して、プロセスライセンサとして活動中である⁷²。いずれもまだ、事業化されていない。

⑧ETJ(Ethanol to JET)法は、ATJ(Alcohol to Jet)法の一つで、エタノールから Jet 燃料(SAF など)を製造する方法である。LanzaTech と LanzaJet は 2025 年に米国で ATJ 法による SAF の製造を開始した⁷³。日本では出光興産が開発中⁷⁴である。ATJ(ETJ)の化学プロセス(反応式)は両社基本的に同じである。

出光興産は、ATJ プロセスによる SAF 製造技術を開発中である。含水エタノールの活用、エチレン収率 98%、Jet 収率 90%と 3 つの目標を掲げて開発中である(図 15)。

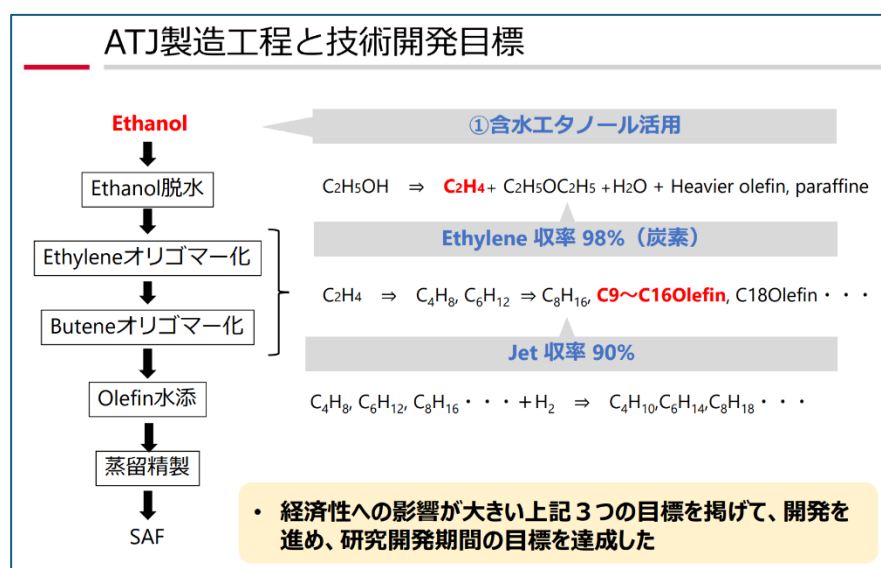


図 15 出光興産のATJによる SAF製造工程と技術開発目標

出所:NEDO 最先端のATJ(Alcohol to Jet)プロセス技術を用いた
ATJ 実証設備の開発と展開

<https://www.nedo.go.jp/content/800017532.pdf>

⁷¹ <https://www.topsoe.com/solutions/technologies/process-licensing/mtjet-process>

⁷² <https://matthey.com/products-and-markets/energy/sustainable-aviation-fuels/methanol-to-jet>

⁷³ <https://lanzatech.com/saf/>

⁷⁴ 出光興産の ATJ による SAF の製造 <https://www.nedo.go.jp/content/800017532.pdf>

6. バイオマス化学とリサイクル化学の共通技術—ガス化、油化、石化原料化

バイオマス化学とリサイクル化学の共通技術としてガス化、油化があり、最近では直接石化原料化(モノマー化)する技術も開発されている(表 9、表 10)。

6.1 バイオマスと廃プラのガス化

バイオマスのガス化は歴史が古く、対象物は木質バイオマス、植物廃棄物などである。制御された少量の酸素存在下に高温熱分解して合成ガスをつくる方法(熱分解ガス化法)が代表的である。得られた合成ガスは発電用燃料⁷⁵、メタノール、合成燃料などの合成原料に使用される⁷⁶。

バイオマスのガス化のもう 1 つは、「4.5 バイオメタン」の項で述べたバイオメタンである。植物廃棄物や下水汚泥を原料に嫌気性雰囲気下で発酵させ、バイオメタンをつくる。バイオメタンは再生可能燃料として、各種用途の燃料(都市ガス、大型自動車用燃料(天然ガス車)、発電)に使われるとともに、メタンから再生可能な合成ガスが製造できるので各種の再生可能な化学品に誘導できる。

表 9 の①～⑥はガス化の具体例である。以下、簡単に説明する。

①VTT(フィンランド)は、リグノセルロースを原料とするガス化→合成ガス→メタノール合成の一貫プロセス(UCG プロセス)を発表している⁷⁷。ガス化条件は流動床、850℃である。

②BioTfuel プロジェクト(フランス)⁷⁸は、2010～2021 年にかけて、リグノセルロース(わら、森林廃棄物、エネルギー作物(energy crop))をガス化して得られた合成ガスから FT 反応により HVO、SAF、再生ナフサなどを製造する実証試験を行った。プロジェクトは、Total(現 TotalEnergies)が主導し、Axens、CEA、IFP Energies Nouvelles、Avril、ThyssenKrupp Industrial が参画した⁷⁹。ガス化の前にリグノセルロースバイオマスを乾燥、Torrefaction(低温乾留)することが特徴である。ガス化は酸素を供給しながら、1000～1500℃で行っている。

⁷⁵ バイオマス発電には、直接燃焼方式、熱分解ガス化方式、生物化学的ガス化方式(バイオメタン法)があり、現在熱分解ガス化方式と生物化学的ガス化方式が注目されている。

⁷⁶ JFE 資料 によれば、バイオマス、廃プラ、MSW の焼却処理法としては、直接焼却の焼却炉(ストーカー炉や流動床炉)とガス化溶融炉(得られたガスをその後燃焼して発電する)がある。ガス化溶融炉には、a. ガス燃焼式の一体型のシャフト式直接溶融炉(高温ガス化直接溶融炉)、b. 分離型のキルン式ガス化溶融炉や流動床式ガス化溶融炉と、c. サーマセレクト方式(ガス化改質溶融炉またはガス回収式溶融炉)がある。

https://www.j-lpgas.gr.jp/data/greenlpg_presen_jfe_20210122.pdf

⁷⁷ <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2017/12/Liquid-Transportation-fuels-via-large-scael-FB-Gasification-of-lignocell-biomass.pdf>

⁷⁸ https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2022/10/2-2_Morin-IFP.pdf

⁷⁹ <https://demoplants21.best-research.eu/projects/info/3766/8JBaZy>

表 9 バイオマスと廃プラを原料とするガス化(合成ガスの製造)

番号・会社名	原料	技術保有者 (プロセス名)	プロセス条件 (文献・特許など)	合成ガスの用途 や誘導品	工業化状況、他
①VTT (フィンランド)	リグノセルロース	VTT (Ultra-Clean Gas : UCG)	流動床、850℃、 酸素・スチーム・窒 素フィード下の分解	合成ガス→メタ ノール	パイロット
②BioTfuel プロジェクト (フランス)	リグノセルロース	BioTfuel	1000～1500℃、酸 素フィード下の分解	合成ガス→FT反 応によるSAF合成	技術を継承したElyse Energyは、大規模工場建設 を計画中
③J&T環境 (川崎市)	廃プラ、バイオ マス、都市ご み	サーモセレクト (スイス) (サー モセレクト方式)	2000℃、酸素フィ ード下の分解	発電	稼働中、水島エコワークス (倉敷)、オリックス資源 循環(寄居)でも稼働
④レゾナック (川崎市)	廃プラ	荏原製作所と宇 部興産の共同開 発(EUP)	2段反応(700℃、 1400℃)、酸素・ スチームフィード下の 分解	合成ガス→水素 →アンモニア	操業中、処理能力；廃プ ラ6.4万トン/年、アンモニア 製造能力5.8万トン/年
⑤Enerkem (カナダ)	都市ごみ(廃 プラとバイオマ ス残渣)	Enerkem 酸素、スチーム フィード下の分解	2段反応(ガス化 500～700℃、 熱改質 1200～ 1800℃)	合成ガス→メタ ノール→エタノール	処理能力；10万トン/年、 製品製造能力：3.8万 KL/年。2024年1月に撤退
⑥積水化学 (久慈市)	一般廃棄物	積水化学	未公表	合成ガス→エタ ノール→SAFなど	2025年12月に久慈市プラ ントの撤退と清算を発表

出所：アイシーラボ代表・室井高城氏からの情報提供と各社発表などに基づいて旭リサーチセンターが作成した。

③J&T環境(日本)など日本の数社がサーモセレクト方式ガス化技術を採用し、廃プラなどの熱分解により得られた合成ガスを燃焼してガスタービンを回し発電している⁸⁰。

④レゾナック(日本)は2003年以来、川崎ガス化工場を操業している。制御された少量の酸素存在下の2段階の熱分解によって、合成ガスを製造している。合成ガスはシフト反応により水素に転換され、隣接するアンモニア工場に原料として供給されている⁸¹。レゾナックの技術は、荏原製作所と宇部興産が開発したEUPプロセスである。

⑤Enerkem(カナダ)は、カナダ・Edmontonで都市ごみをガス化して合成ガスを製造し、これを原料にメタノールとエタノール(メタノール→エタノール)を製造する工場を2017年に

⁸⁰ ①サーモセレクト方式は廃プラだけでなく、バイオマスやMSWのガス化も可能である。

②サーモセレクト方式についての文献：

<https://www.jfe-steel.co.jp/research/giho/003/pdf/003-05.pdf>

<https://www.optic.or.jp/kakou-konwakai/gyouji/2005/shimizusiryo0520.pdf>

③JFE環境(株)が2000年から稼働しているサーモセレクト方式(廃プラをクリーンな燃料ガスとして利用するもの)は、2019年に東京臨海リサイクルパワー(株)と合併して設立されたJ&T環境(株)が継承している。同方式は廃棄物PFI事業として、2005年に水島エコワークス(株)、2006年にオリックス資源循環(株)でも採用された。

出所：プラスチック循環利用協会：<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf> 23頁

⁸¹ <https://www.resonac.com/jp/kpr> <https://www0.scej.org/education/gasifi.html>

稼働した。得られたエタノールは米国 RFS の先進的エタノールとして販売されてきた。しかしメタノール→エタノール工程の運転が不調で、2024 年 1 月に撤退した⁸²。

Enerkem の合成ガス製造特許(US2022/0195320)のクレーム 19 には熱分解原料としてバイオマスが、またクレーム 23 には熱分解原料としてプラスチック、都市ごみなどが記載されている。プロセスは、流動床方式のガス化反応(500~700℃)で生成した粗合成ガスと流動化剤の混合物をサイクロンなどで分離した後、熱改質反応(1200~1800℃、秒オーダーの滞留時間)で反応させ、残存流動化剤を溶融して分離する 2 段法で合成ガスを製造する。同社発表によれば、5 分で廃プラが合成ガスになるという。

2020 年に Recyclage Carbone Varennes (RCV:カナダ)は、Enerkem 技術を使って、都市ごみのガス化を大規模に行う計画を発表した⁸³。RCV は、Enerkem、Shell、Suncor Energy、Proman、Quebec 州政府の合弁会社で、計画では、原料処理能力は 20 万トン/年、バイオ燃料生産能力は 12.5 万 kL/年であった。しかし、RCV は 2025 年 3 月に破産し、2025 年 10 月に StormFisher Hydrogen(カナダ)が RCV を買収した⁸⁴。StormFisher Hydrogen は買収後、RCV が建設中であった施設の一部を利用して CO₂ と電解水素(H₂)から低炭素メタノール工場(7.2 万トン/年)を建設する計画である。

⑥積水化学(日本)は LanzaTech と提携し、また政府の支援を得て、2022 年から岩手県久慈市で「一般廃棄物ー(ガス化)ー合成ガスー(発酵)ーエタノール」の合成ルートの実証試験に取り組んできた⁸⁵。ところが、同社は 2025 年 12 月に実証試験を中止し、プロジェクトを撤収、清算することを発表した⁸⁶。

6.2 バイオマスと廃プラの油化および石化原料化

バイオマスや廃プラの油化は、ガス化と異なり無酸素条件での熱分解である。

木材などのバイオマスの油化は BTL(Biomass to liquid)と呼ばれ、古くから開発されてきた。代表的なプロセスは、Fast Pyrolysis(急速熱分解)といわれる方法で、約 500℃で秒オーダーの短時間で分解し、木材原料の場合 60~70%の収率で粗バイオオイルが得られる⁸⁷。同時に生成するガス類は反応媒体に使用し、チャーは分離する。粗バイオオイルは、不飽和結合や酸素結合があるので水素化処理をして、製品にする。熱分解炉には、回転円錐反応器(Rotating Cone Reactor)や各種の流動床反応器が使われている。

⁸² <https://enerkem.com/publications/enerkem-to-retire-its-edmonton-biofuels-facility>

⁸³ <https://enerkem.com/publications/cad875-million-biofuel-plant-in-varennes-quebec>

⁸⁴ <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2742703-stormfisher-acquires-troubled-quebec-biomethanol-maker>

⁸⁵ https://www.sekisui.co.jp/news/2022/1373478_39136.html

⁸⁶ https://www.sekisui.co.jp/news/pdf/251211_1.pdf

発表抜粋:「岩手県久慈市のプラントにおいて、BRエタノール技術の実用化の目処は立ちましたが、商用化については一旦見送り、本プラントを撤収、清算することとしました。」

⁸⁷ 室井高城氏からの情報。

表 10 の①～⑩にバイオマスや廃プラを原料とした油化あるいは石化原料化の具体例を示す。以下、簡単に説明する。

表 10 バイオマスと廃プラを原料とした油化、石化原料化(無酸素条件下の熱分解)

番号、会社名	原料	技術 技術保有者 (プロセス名)	プロセス条件 (文献・特許な ど)	一次プロダ クト	その後の誘導品 の合成ルート (例)	工業化状況、他
①BTG Bioliquids (オランダ)、 Alder Renewables (米国)	木材など	BTG Bioliquids	約500℃で秒オーダー の時間で分解 (Fast pyrolysis)	熱分解油	水素化処理によ りナフサ、SAF、 ディーゼルを製造	BTG Bioliquidsは3工場 保有、Alder Renewablesも工場保有
②Licella (オース トラリア) の子会 社 Arbious Biotech (カナ ダ)	森林残渣、 木材残渣	油化 (超臨界水 法熱分解法) Licella (Cat-HTR)	アルカリ触媒、320 ～360℃	熱分解油	バイオディーゼル、 バイオナフサ、SAF	原料処理能力：2.5万ト ン/年、バイオ燃料生産能 力：燃料5万バレル/年
③Mura Technology (イギリス)	廃プラ	油化 (超臨界水 法熱分解) Mura Tech. (Hydro-PRT)	アルカリ触媒、440 ～450℃、30分	熱分解油	熱分解油→ナフ サ・クラッキング→ エチレン、プロピレ ン、アロマなど	稼働中 (2万トン/年)、 三菱ケミカル・ENEOS共 同体がMura Tec.よりライ センスを受け事業化
④Anellotech (米国)	木質バイオマ ス (杉)	石化原料化 Anellotech (Bio-Tcat)	575℃、1段で石化 原料化 (*)	アロマ (BTX) 中心	アロマ→パラキシレ ン→テレフタル酸 →バイオPET	Plas-Tcatをサントリー主宰 のオールプラスジャパンが事 業化計画中 (*) バイ ロット稼働中 (ゼオライト 触媒、流動床熱分解炉、 連続触媒再生装置)
	廃プラ	石化原料化 Anellotech (Plas-Tcat)	500℃、1段で石化 原料化 (*)	エチレン、プロ ピレン、アロマ (BTX)	PE、PP、PS、PET など	
⑤BioBTX (オランダ)	廃プラ、バイ オマス (現在 は廃プラに集 中)	石化原料化 BioBTX (ICCP)	1段目 650～ 1000℃、2段目 450～700℃ (触 媒分解)	アロマ (BTX)	石化原料として利 用	2026年7月に、オランダに 工場を建設する最終投資 決定を行った。アロマ生産 能力は1万トン/年
⑥Synova (オランダ)	廃プラ (メイ ン) / バイオマ ス混合物	石化原料化 SynovaとTNO (MILENA)	750℃、1段階で石 化原料化、流動床 熱分解炉とチャー燃 焼炉の一体化装置	エチレン、プロ ピレン、アロマ (BTX)	PE、PP、PS、PET など	実証設備稼働中。最適原 料組成 (PO48%、その 他プラ14%、水21%、灰 分6%、バイオ残渣11%)
⑦Encina (米国)	廃プラ	石化原料化	537～565℃ 1段法接触プロセス	アロマ、特に ベンゼン	ベンゼンをBASFに 供給する計画	流動床熱分解炉、触媒は ゼオライト、触媒再生装置
⑧Refinity (米国)	廃プラ	石化原料化 VTTから技術導入	流動床熱分解炉	エチレン、プロ ピレン	Dowと提携	実証プラント (1万トン/年) の建設を計画中
⑨Plastic Energy (イギリス)	廃プラ	油化 Plastic Energy (TAC)	～400℃、 攪拌機付き槽型熱 分解炉	熱分解油	熱分解油中のナ フサ成分をナフサ・ クラッキング	スペイン2工場稼働中、 Sabic、TotalEnergiesな どにライセンス
⑩ExxonMobil (米国)	廃プラ	油化 ExxonMobil (Exxtend)	550℃、流動床熱 分解炉、5～10秒の 滞留時間	熱分解油	同上、 高沸分はFCCで プロピレンを取得 か	3工場稼働中 (合計11 万トン/年)。廃プラを熱 分解油に溶解したポリマー 溶液を流動床熱分解炉に 供給して、熱分解

出所：アイシーラボ代表・室井高城氏からの情報提供と各社発表に基づいて旭リサーチセンターが作成した。

①BTG Bioliquids(オランダ)は、Fast Pyrolysis プロセスを開発した主要企業の1つである。2020年頃、Fast Pyrolysis プロセスは6社が開発し、6つの工場が建設された。その総生産能力は約14万トン/年というので、意外に規模は小さい。

Alder Fuels(米国)は、2022年にBTG BioliquidsよりFast Pyrolysis プロセスの技術ライセンスを取得した⁸⁸。さらに、Alder Renewables(旧 Alder Fuels)は木材をFast Pyrolysis で油化した後、粗熱分解油を固有の技術で処理して、ARC(Alder Renewable Crude)とAPS(Alder Pyrolysis Sugar)を得る。ARCを石油精製において水素処理(hydrotreating)することにより、SAFを主製品として製造する⁸⁹。また、ARCを石油精製のFCCでCo-Processingして、道路用燃料や化学品を製造する。一方、APSは海上輸送燃料にバイオ燃料としてブレンドして使用される。

次に、バイオマスの油化・石化原料化の開発から、廃プラの油化・石化原料化に発展した5社(4グループ)について紹介する。Licella(オーストラリア)―Mura Technology(イギリス)、Anellotech(米国)、BioBTX(オランダ)、Synoba(オランダ)である。

②Licella(オーストラリア)は木質バイオマスの超臨界水法熱分解技術(「Cat-HTR」)を開発し、Canfor(カナダ、木材とパルプ製造の企業)と合弁会社 Arbious Biotech(カナダ)を設立した。そして、2025年2月にカナダ・British ColumbiaのCanforの工場隣接地に、5万バレル/年のバイオ中間体(バイオオイル)を製造する工場を完成した⁹⁰。さらに、Licellaは2025年8月にCanforの持ち株をすべて取得し、Arbious Biotechを100%子会社化した⁹¹。先進的バイオ燃料(SAFなど)の開発をグローバルに展開するための戦略という。

一方、Licellaはバイオマス分解用の「Cat-HTR」技術を発展させ、廃プラ分解用の「Cat-HTR」技術を開発し、その技術をMura Technology(イギリス)にライセンスした。

Licellaの米国特許(US 10,427,132)によれば、バイオマス(リグノセルロース)の熱分解条件は水溶媒(バイオマスのスラリー濃度12%)、アルカリ触媒存在下、320～360℃、220～260bar、反応時間20～30分である。ファウリングやチャー生成抑制のためにカーボン材料を反応系に添加することが特徴になっている。生成物は酸素含有炭化水素オイルである。管型リアクター(熱分解炉)を使用して、バッチで熱分解をしている。

⁸⁸ <https://bioenergyinternational.com/alder-fuels-selects-dutch-fast-pyrolysis-for-first-agc-facility/>

⁸⁹ <https://www.alderrenewables.com/our-technology>

⁹⁰ <https://www.licella.com/2025/02/01/arbios-biotech-announces-construction-complete-of-its-biomass-to-bio-oil-facility-at-prince-george/>

⁹¹ <https://www.licella.com/2025/08/01/licella-acquires-full-ownership-of-arbios-biotech-to-advance-global-biomass-commercialisation-strategy/>

③Mura Technology(イギリス)は、Licella からのライセンス技術をベースに「Hydro PRT」プロセスを確立し、2025 年に 2 万トン/年の工場(イギリス・Teesside)を稼働した。

Mura Technology の米国特許(US 11,339,330)によれば、最適条件は、熱分解温度 440～450℃、圧力 280～300bar、スラリー濃度(廃プラ/水溶液)14～17%、pH6～11、熱分解の保持時間(バッチ反応)20～30 分と推定される⁹²。管型リアクター(熱分解炉)を使用して、バッチで熱分解をしている。

④Anellotech(米国)はまず木質バイオマス⁹³の熱分解によりアロマ(BTX)を製造する「Bio-Tcat」プロセスを開発した。生成物のアロマ(BTX)混合物から得たバイオパラキシレンを原料に、バイオテレフタル酸を経由して 100%バイオ PET を製造した。熱分解プロセスはゼオライト触媒を用いた流動床方式である。触媒の連続再生(焼成)装置が熱分解炉に接続している。FCC に近いプロセスである。本格的工業化はまだである。

Anellotech の米国特許(US 10,703,649)によれば、熱分解温度は 575℃で、ZSM-5 触媒を使用している。生成物は炭素基準でアロマが 24.8%、コークとチャーが 33.9%となっている。触媒再生は熱分解炉に空気を注入し 688℃で焼成している。

その後、Anellotech は廃プラを原料に、ゼオライト触媒を用いて熱分解し、オレフィンとアロマ(BTX)が直接得られる「Plas-Tcat」法を開発した⁹⁴。熱分解温度は 500℃といわれる。サントリー主導の民間企業グループであるアールプラスジャパンが、日本での工業化を目指している⁹⁵。

Anellotech の米国特許(US 2020/0362248)によれば、Fig.1 に示すように、触媒再生器で触媒に付着したコークやチャーを燃焼させて得られる熱を熱分解炉の加熱に利用する。

実施例 1 には drop-tube reactor を用いた PP の ZSM-5 触媒存在下の 500℃での熱分解が開示され、生成物は BTX が 45.6%、オレフィン 21.5%、C5 以上の液体 4.0%、パラフィン 16.5%、コークとチャー 0.7%、その他 2.6%と記されている。BTX がオレフィンよりも収率が大きい。

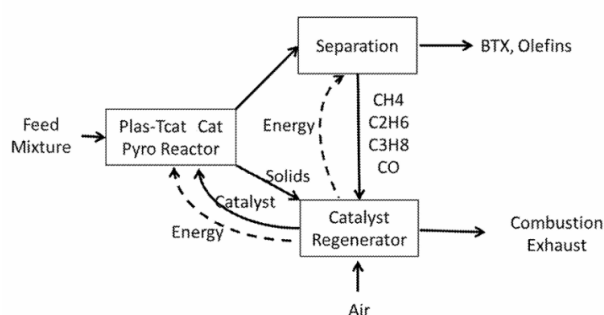


Fig. 1

⁹² ARCリポート:https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1081.pdf 16～21 頁

⁹³ パイン原料を使用 <https://www.anellotech.com/bio-tcat>
https://www.researchgate.net/figure/Process-flow-diagram-of-the-Anellotech-Bio-Tcat-catalytic-cracking-process88fig7_326231438

⁹⁴ <https://chemistryforsustainability.org/innovations-and-technologies/plas-tcattm-bio-tcattm-and-tex-tcattm>
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/youki/pratf/dai3tf/dai3tf-shiryos3-RPJ.pdf>
https://rplusjapan.co.jp/news/detail_2025_09_25/

⁹⁵ <https://cehub.jp/domestic-corp-database/db-r-plus-japan/>

⑤BioBTX(オランダのスタートアップ)は、バイオマスや廃プラを 2 段階プロセスでアロマ(BTX)に転換する技術(ICCIP: Integrated Cascading Catalytic Pyrolysis)を開発し、パイロットで実証した。1 段目の熱分解反応で廃プラを低分子化し、生成した炭化水素ベーパーを 2 段目の触媒反応でアロマ化する。

1 段目工程については 2026 年 4 月に BlueAlp(オランダ)と提携し⁹⁶、2 段目工程の触媒については 2026 年 1 月に Zeopore(ベルギー) と提携した。Zeopore のメソポーラスゼオライト触媒を使用するとアロマ収率が 2 倍になったと発表した⁹⁷。

2026 年 7 月に BioBTX はオランダ・Delfzijl で、廃プラからアロマ(BTX)を商業的規模で生産する PETRA 工場建設の最終投資決定を発表した⁹⁸。生産能力は 1 万トン/年のアロマ(BTX)と持続可能な副生成物 8,000 トン/年である。2027 年初めに現地工事着工、2028 年中頃の稼働を見込んでいる。2026 年 8 月に BioBTX の株主である Covestro(ドイツ)は、BioBTX の ICCIP 技術の商業化を支援することを表明した⁹⁹。Covestro はアロマ(BTX)誘導体の MDI/TDI(ウレタン原料のイソシアネート)のメーカーである。

BioBTX の米国特許(US 2022/0195310)は、廃プラから 2 段法で BTX を製造する方法に関する特許で、1 段目の無触媒熱分解温度は 650~1000℃、2 段目のゼオライト触媒存在下のアロマ化温度は 450~700℃で、2 段目は 1 段目より少なくとも 100℃低い。各段の滞留時間は好ましくは 0.1~30 秒である。好ましい実施態様は、1 段目は砂を使った流動床で、2 段目は、熱担体を含む蒸気改質反応器(vapor upgrading reactor) である。最終生成物はアロマ(BTX)で、その収率は実施例では 30~40%である。

⑥Synova(オランダのスタートアップ)は、廃プラやバイオマス(任意組成の廃プラとバイオマス混合物も含む)を原料とする無触媒高温熱分解で、直接石化原料化するプロセスを開発した¹⁰⁰。生成物はエチレン、プロピレン、アロマ(BTX)で、Sabir と工業化を検討中である¹⁰¹。

Synova の米国特許(US 2025/0313757、US 2025/0340713)によれば、プロセスは流動床で、生成するチャーは流動床と一体になっている燃焼室で酸素を供給して燃焼している。燃焼熱を流動床の加熱に利用している。熱分解温度は約 750℃で、燃焼室温度はそれよりも 100℃以上高い。

同社は、最適な原料組成として、PO(ポリオレフィン)48%、その他プラ 14%、水 21%、灰分 6%、バイオ残渣(紙・食品残渣)11%を挙げている¹⁰²。RDF(Refuse Derived Fuel)

⁹⁶ <https://biobtx.com/bluealp-en-biobtx-gaan-samenwerken-om-de-productie-van-circulaire-aromaten-uit-plastic-afval-te-bevorderen/>

⁹⁷ <https://biobtx.com/zeopore-en-biobtx-verhogen-de-opbrengst-van-circulaire-aromaten-uit-afvalplastics-dankzij-doorbraak-in-katalysator-en-processsynergie/>

⁹⁸ <https://biobtx.com/fid/> 2026 年 8 月 17 日閲覧

⁹⁹ <https://www.covestro.com/press/covestro-backed-biobtx-to-produce-aromatics-from-waste/>

¹⁰⁰ <https://synovatech.com/> 2026 年 8 月 17 日閲覧

¹⁰¹ <https://synovatech.com/plants-and-projects/> 2026 年 8 月 17 日閲覧

¹⁰² <https://synovatech.com/our-feedstock/> 2026 年 8 月 17 日閲覧

や RPF(Refuse Paper & Plastic Fuel)の組成に近いものと考えられる。

⑦Encina Development Group(米国)は、廃プラの熱分解による石化原料化について、一段法接触プロセス(single-step catalytic process)を開発した¹⁰³。メキシコ湾岸に工場を建設してベンゼンを製造し、BASF に供給することを計画しており、2026 年 6 月には BASF との提携関係を強化した¹⁰⁴。

同社の US 2023/0294107 によれば、触媒はゼオライトで、熱分解炉には触媒再生装置を連結した流動床反応器を記載している。廃プラの熱分解温度は 1000～1050°F(537～565℃)である。

⑧Refinity (米国:Innventure(米国)傘下のベンチャー)は、廃プラの流動床を使った熱分解で直接オレフィン(エチレン、プロピレン)をつくる実証プラント(1 万トン/年)の建設を計画し、設計・建設のパートナーとしての小型モジュール型プラント大手の Zeton(カナダ)を選定した¹⁰⁵。技術は、独占的ライセンス権を取得した VTT Technical Research Centre (フィンランド)がベースであろう¹⁰⁶。また、Dow(米国)と提携している。

以上、石化原料化技術を開発中の 5 社(Anellotech、BioBTX、Synoba、Encina Development Group、Refinity)の技術の共通点は、500℃以上の高い熱分解温度、短い滞留時間、流動床熱分解炉、チャー(コーク)の処理である。

既存の工業化されている熱分解技術については、

⑨Plastic Energy(イギリス)をはじめとする熱分解法の主要企業はチャーの生成を抑えるために 400～420℃程度の低い温度で熱分解を行っている¹⁰⁷。

⑩ExxonMobil(米国)はその中では例外で、550℃で熱分解している(US 2023/0287276)。実施例によれば、熱分解生成物のうちの沸点 370℃以上の高沸液体に廃プラを溶解して得られるポリマー溶液を流動床熱分解炉に連続的に供給して、熱分解温度 550℃、滞留時間 5～10 秒で熱分解する¹⁰⁸。高沸液体は熱分解炉で自らも分解するので、溶媒兼リアクタントである。

¹⁰³ <https://www.encia.com/products/> 2026 年 8 月 17 日閲覧

¹⁰⁴ <https://www.recyclingtoday.com/news/encia-basf-expand-circular-chemical-feedstock-partnership/>

¹⁰⁵ <https://www.refinity.com/news/refinity-selects-zeton-to-design-and-build-modular-plastic-to-olefins-plant-to-serve-as-a-repeatable-model-for-commercial-deployment>

¹⁰⁶ <https://www.refinity.com/news/refinity-innventures-newest-company-acquires-exclusive-rights-to-novel-technology-for-advanced-recycling-of-mixed-plastic-waste-from-vtt-technical-research-centre-of-finland#>

¹⁰⁷ ARCリポート:ケミカルリサイクル企業主要 12 社の米国特許技術と最新動向
https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1080.pdf の表10(27 頁)

¹⁰⁸ ARCリポート:米国などケミカルリサイクル企業 6 社の米国特許と技術
https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1082.pdf の 10～17 頁

7. リサイクル化学における化学産業と燃料産業の関係

ケミカルリサイクル(CR)の代表的なものは図16 に示す混合廃プラの熱分解法 CR である。

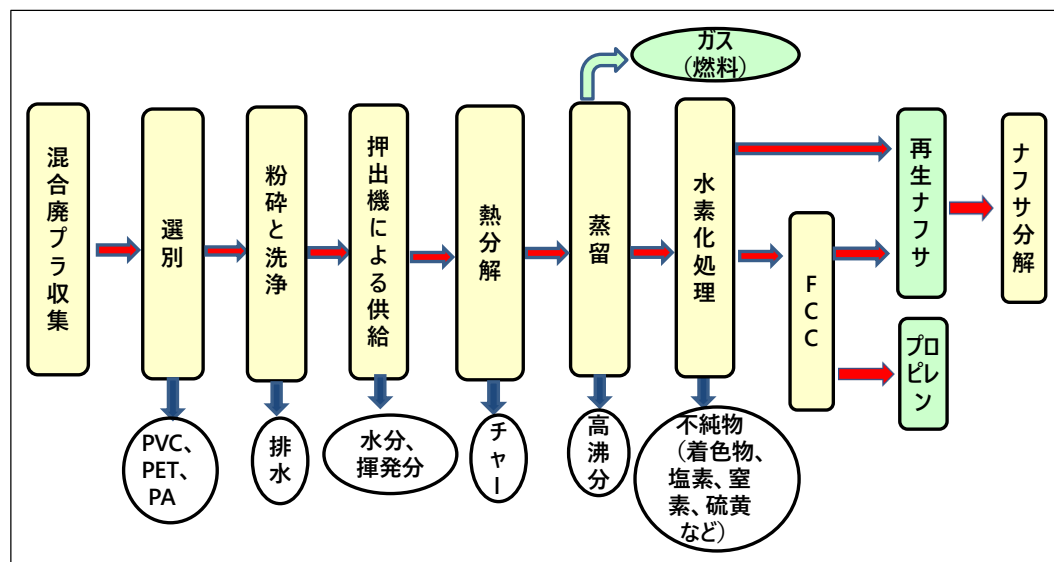


図 16 混合廃プラ(PE/PP/PS)の熱分解法 CR のフロー

出所：旭リサーチセンター作成

熱分解により得られた粗熱分解油は水素化処理により塩素不純物を塩化水素(HCl)に、硫黄不純物を硫化水素(H₂S)に、窒素不純物をアンモニア(NH₃)にそれぞれ変換して精製熱分解油にすることが必須である。石油精製はこの水素化処理技術・設備を持っているので、熱分解油企業は石油精製企業と提携するケースが多い。そして、精製熱分解油の蒸留分離により再生ナフサが得られ、石油化学品原料として使用できる。また、熱分解油のディーゼル(ガスオイル)成分以上の高沸点成分は、石油精製の FCC 工場で分解して、ナフサやプロピレンを得ることができる。このことから、熱分解油工場は石油精製工場との関係が深い。

最近の関連ニュースを 3 件紹介する。

①熱分解油の石油精製での FCC 処理

2025 年 9 月 30 日に三井化学と太陽石油の提携によるナフサやプロピレンの製造が発表された¹⁰⁹。具体的には、三井化学のクラッカーでは処理困難な廃プラ分解油の一部(重質分)を太陽石油の四国事業所で処理し、三井化学にマスバランス方式による CR 由来のナフサやプロピレンなどを提供するというものである。太陽石油の FCC 設備を利用するものと考えられる。既に三井化学は提携中の CFP(岡山工場)から熱分解油の供給を受けている。

¹⁰⁹ https://jp.mitsuichemicals.com/jp/release/2025/2025_0930_2/index.htm

②混合廃プラの重層接触分解装置での直接分解

混合廃プラを重層接触分解装置で直接分解して、熱分解油などを得る CR 新工場が中国で稼働を開始した¹¹⁰。2025 年 7 月 11 日に青島恵城環科技集団は、子会社である広東東粵化学科技が CR 新工場(20 万トン/年)を広東省揭陽市で稼働したと発表した。独自開発の「CPDCC(混合廃プラ重層接触分解)」技術は、「一段法」プロセスで、混合廃プラを複雑に選別することなく、触媒存在下直接熱分解して、プラスチック分解ガス(PCG)、液化プラスチック分解ガス(LPCG)、プラスチック分解軽油(PCLO)などの化学原料に変換でき、製品収率は 92%以上という。

③熱分解油のアップグレード

Neste は 2026 年 3 月 20 日、2023 年からフィンランドの Porvoo 製油所で建設していた廃プラ熱分解油のアップグレード設備が稼働を開始したと発表した¹¹¹。新設備の投資額は 1.11 億ユーロで、年 15 万トンの廃プラ熱分解油を処理する能力を有し、既存製油所と統合されている。多層包装、混合プラスチックなど、処理の難しい廃プラを熱分解してできた熱分解油に特化して設計されている。廃プラリサイクル市場の成長と各種法令の施行状況を見て、廃プラの処理量を増やす計画である。

アップグレードの内容は明らかにされていないが、粗熱分解油の蒸留、水素化処理による不純物除去(塩素(Cl)、硫黄(S)、窒素(N)など)、不飽和結合の水素添加、熱分解油中の重質分の FCC 処理などが含まれているものと推定される。Neste は、熱分解油企業から粗熱分解油を引き取りアップグレードして、精製熱分解油を熱分解油企業に返却するかあるいは自ら販売するものと考えられる。

なお、Neste は Alterra(米国)の熱分解技術について、欧州テリトリーの独占的ライセンス権を取得しているが、熱分解工場計画は具体化していない。

複数の熱分解油企業から引き取った熱分解油をアップグレードして、熱分解油メーカーに返却するか自ら販売するビジネスモデルは Neste だけでなく、Shell もオランダ・Moerdijk で実施している¹¹²。Shell は BlueAlp(オランダ)の熱分解油を引き取って処理をしている。

Shell は、熱分解油の前処理とアップグレード(Pre-treatment and upgrading)をした後に、沸点シフトと分留(Boiling point shift and fractionation)を行っている述べている¹¹³。沸点シフトの反応には触媒を使用する。

¹¹⁰ <https://www.hcpect.com/news/1599.html>

¹¹¹ <https://www.neste.com/news/neste-commissions-the-worlds-largest-upgrading-facility-for-liquefied-waste-plastic-and-scales-up-chemical-recycling>

¹¹² <https://www.shell.com/business-customers/chemicals/sustainability/shell-chemicals-park-moerdijk-takes-a-big-step-towards-plastic-c.html>

¹¹³ <https://www.shell.com/business-customers/catalysts-technologies/decarbonisation-solutions-portfolio/plastic-circularity>

おわりに

(1)石油化学～CO₂/H₂化学の6つの化学を切り口に、化学産業と燃料産業の技術と関係をまとめることを目的に本リポートを作成した。

(2)バイオマスのガス化、油化、石化原料化技術が、廃プラのガス化、油化、石化原料化技術に発展してきている例がいくつかあり、興味を持った。共通技術の中から、廃プラの石化原料化(モノマー化)の技術開発が生まれてきた。開発各社の技術の共通ポイントは、高温熱分解(500℃以上)、秒単位の短滞留時間、流動床熱分解炉、生成チャーの(連続的)分離である。1段反応による石化原料化によるエチレン、プロピレン、アロマ(BTX)の工業的製造が実現するかどうかは、大変興味のあるところであり、引き続きウオッチしていきたい。

(3)航空機は電動化が困難で、バイオ燃料に頼らざるを得ない。SAF は各種規則で使用が義務づけられ、高い価格も容認されることから、各種の製造法にとって事業化しやすい環境にある。水素価格が高くなりコストが厳しいとされる CO₂/H₂ 化学による e-SAF 製造もチャンスがあるだろう。期待したい。

(4)バイオ燃料導入拡大と自動車の電気自動車化(EV 化)が、輸送用エネルギーの循環経済とカーボンニュートラル実現の 2 つの切り札である。両者は並行して進む。

そして、将来的には電気自動車の比率が相当高くなり、バイオ燃料の使用量がピークアウトして減少する局面が出てくるであろう。

(5)バイオ燃料とバイオマスプラスチックは、バイオマスを原料に使用という共通点を持つが事業環境は異なり対照的である。

バイオ燃料については、導入量や含有割合についての法規則があり、各国政府のバイオ燃料に対する補助金などのインセンティブが導入を後押ししている。

一方、バイオマスプラスチックは開発・事業化は進んでいるが、市場導入は量的には限られている。そして、2011 年の Braskem のバイオ PE の上市から既に 15 年経過しているが、バイオマスプラスチック導入を義務化した法律は EU にもない。2025 年 2 月制定の EU の PPWR(包装と包装廃棄物規則)では、容器包装材料にバイオマスプラスチックを使用する義務量に関する条項は入らず、2028 年までに見直すことを明記した条項を入れるにとどまった。2026 年 2 月の ELV 規則案についてもバイオマスプラスチックの使用割合の条項は盛り込まれなかった。

燃料はリサイクルできないので、バイオ燃料の導入に頼らざるを得ない。プラスチックについてはリサイクルとバイオマスプラスチック導入の 2 つの方法があり、リサイクルをまず優先すべきで、バイオマス資源はバイオ燃料に優先的に回すとの考えがある。

また、バイオマスプラスチックは高価であり、現状バージンプラスチックと競合できないため需要が伸びないという重要な理由がある。バイオエタノールやバイオナフサ(HVO 由来)を原料とするバイオ PE やバイオ PP は、既存の石化 PE や石化 PP とは価格的に対抗できない。ここを何とか乗り越える必要がある。

なお、バイオエタノールやバイオディーゼルはコスト的問題がなく、既存のガソリンやディーゼルを代替できる。

バイオ燃料の増産はいろいろな制約があるといわれる中で、米国では政府の支援により大豆を主原料とする HVO 生産と消費が急増していることが例外として注目される。そこから HVO の副生物としてのバイオナフサが安価に、豊富に供給される時が来るのだろうか。

(6)本 ARC リポートの続編となるシリーズ(3)では、持続可能な燃料とバイオプラスチックの将来の需要動向に大きな影響を与える「燃料中の持続可能な燃料の含有割合規制とプラスチックの再生材含有割合規制」および「電気自動車の動向」について紹介する。

(7)本リポートで記載した各種バイオ燃料、e-fuel(合成燃料)、バイオマス化学品、バイオマスポリマーの製造方法を図 17 にまとめた。

最近の CO₂/H₂ 化学のトピックスは、前述の INERATEC がドイツ・Frankfurt で e-fuel plant 「ERA ONE」(2,500 トン/年)を 2025 年 6 月 3 日に稼働開始したこと(32 頁参照)と、Consortium of companies(Europe Energy、三井物産)が 4.2 万トン/年の e-メタノール工場(デンマーク・Kassø)を 2025 年 5 月 13 日に生産開始したことである¹¹⁴。バイオガスからの高純度 CO₂と電解水素を原料に、クラリアントの「MegaMax」900 触媒を使用して e-メタノールを製造する¹¹⁵。

¹¹⁴ <https://europeanenergy.com/2025/05/13/kasso-e-methanol-facility-officially-inaugurated/>

¹¹⁵ <https://www.clariant.com/ja-JP/Corporate/News/2025/04/Clariants-MegaMaxtrade-900-catalyst-Powerful-start-at-European-Energys-emethanol-plant>

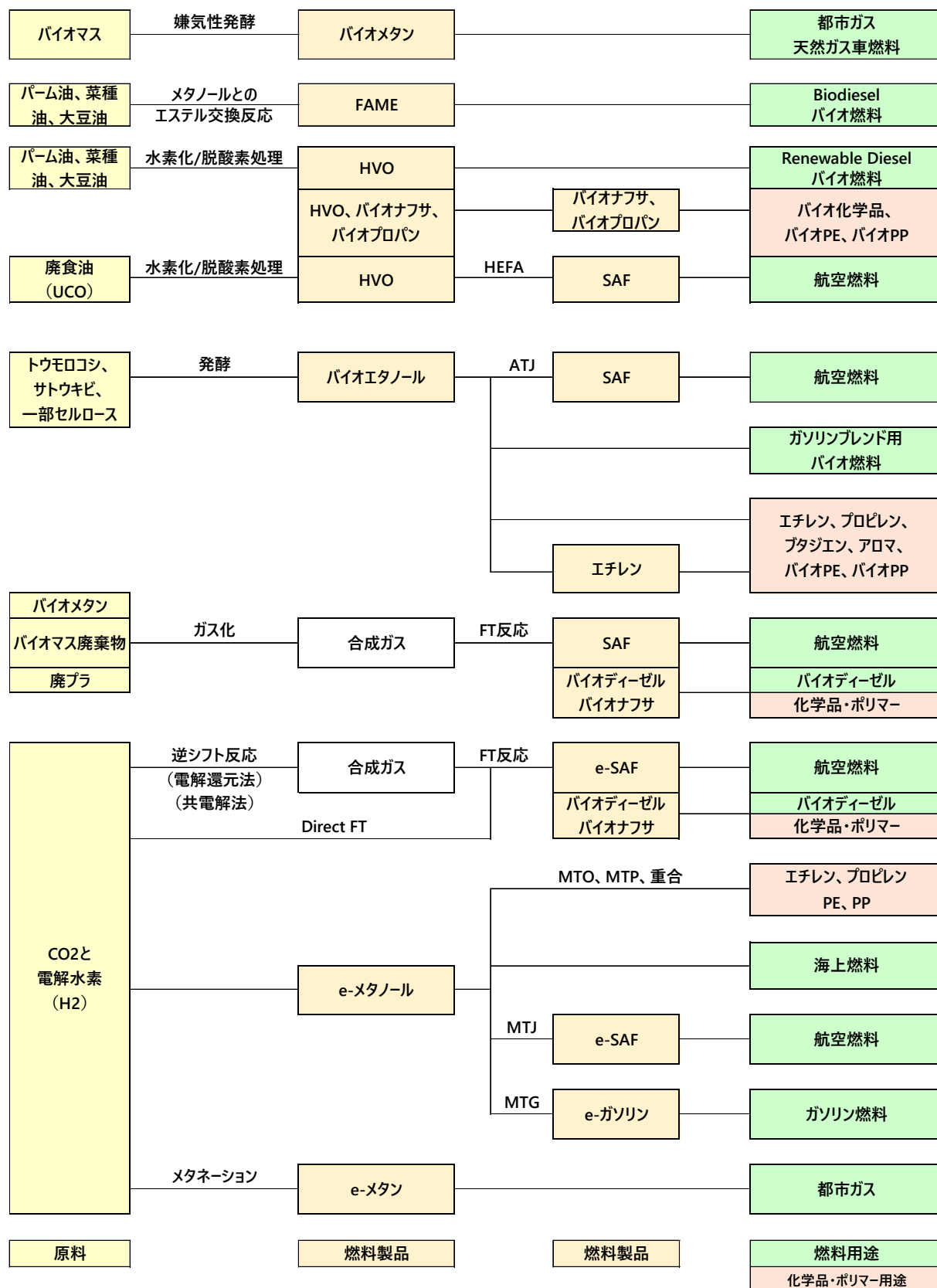


図 17 バイオ燃料、e-fuel(合成燃料)、バイオマス化学品、バイオマスポリマーに関する
原料、製造、用途のフロー図

出所：各種資料より旭リサーチセンター作成。

謝辞

多方面に、貴重なアドバイスとコメントをいただいたアイシーラボ代表の室井高城氏に深く感謝いたします。

参考文献

- (1)ARCリポート 府川伊三郎 シリーズ(1) 石油化学～CCU 化学の技術と動向 ～石油・天然ガス・新石炭・バイオマス・リサイクル・CCU 化学の 15 年
https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1085.pdf
- (2)JPEC (一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター):2024年度 JPECフォーラム 各国・地域におけるバイオ燃料の導入状況 2024年5月
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2024/04/JPECForum_2024_program_010.pdf
- (3)JPEC:2025年度 JPECフォーラム 米国における輸送用バイオ燃料の現状と支援政策 2025 年 5 月
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2025/05/JPECForum_2025_program_042.pdf
- (4)JPEC:2025年度 JPECフォーラム Co-Processing による SAF 製造技術動向調査 2025 年 5 月
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2025/05/JPECForum_2025_program_023.pdf
- (5)JPEC:ReFuelEU Aviation 規則の発効後の動向 2025 年 9 月
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2025/09/JPEC_report_No.250901.pdf
- (6)JPEC:13 回日欧燃料技術会議 -低炭素燃料普及に向けた課題 2025 年 8 月
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2025/08/JPEC_report_No.250802.pdf
- (7)JPEC:SAF の規格・認証制度の最新動向 2026 年 3 月
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2026/03/JPEC_report_No.260302.pdf
- (8) JPEC:共処理技術に係る欧州企業の動向調査結果について(前編) 2026 年 4 月
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2026/04/JPEC-Journal_260402.pdf
- (9)OECD/IEA:The Future of Petrochemicals 2018 年
https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/10/the-future-of-petrochemicals_glg98d79/9789264307414-en.pdf
- (10)IEA:Global EV Outlook 2026 <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2026>
- (11)IEA:Renewables 2025 Renewable transport
<https://www.iea.org/reports/renewables-2025/renewable-transport>
- (12)資源エネルギー庁:世界で見直しがはじまった自動車産業政策～日本の「マルチパスウェイ戦略」にも注目が 2026 年 4 月
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/automobile_industry_policy_01.html

参考文献資料 電気自動車の動向(IEA と資源エネルギー庁の資料)

1.1 自動車の動力別分類と用語

本リポートで使用する自動車の動力別分類とそれらの名称、略号、英語名、日本語名を表 11 に示す(参照資料により、使用する名称や略号が異なるため、注意が必要である)。次に述べる IEA 資料では電気自動車(または EV)の用語を使用しており、これは BEV と PHEV の総称である。また、資源エネルギー庁の資料では EV(ここでは BEV を指す)、PHEV、HEV、FCV の用語を使用している。

表 11 自動車の動力別分類と用語

大分類	名称	(略号)	英語名	日本語名	特徴
EV (Electric car、 電気自動車)	BEV	(EV)	Battery Electric Vehicle	(バッテリー式) 電気自動車	ガソリンを使わず電気のみを使って走る車で、エンジンがないのが特徴
	PHEV	(PHV)	Plug in Hybrid Electric Vehicle	プラグインハイブリッド自動車	エンジンとモータ、2つの動力が備わっているのはHEVと同じだが、HEVとは違って外部電源が利用できる
HEV		(HV)	Hybrid Electric Vehicle	ハイブリッド自動車	ガソリンで動くエンジンと電気で動くモータ、2つの動力を備えている自動車
FCEV		(FCV)	Fuel Cell Electric Vehicle	燃料電池自動車	水素を燃料とするEVで、水素と酸素で電気を発生させる「燃料電池」を搭載
ICE Vehicle			Internal Combustion Engine Vehicle	内燃機関自動車	ガソリン車、ディーゼル車などのエンジン車

出所:新電元工業株式会社資料(<https://www.shindengen.co.jp/column/vol3/>)を基に、一部旭リサーチセンター編集。

1.2 IEA Global EV Outlook 2026¹¹⁶

1.2.1 2025 年に、世界で電気自動車(EV)の販売台数は 2,000 万台を超えた

IEA によると、EV(BEV と PHEV の合計で、HEV は含まれない)の 2024 年の販売は世界的に 20%増加し、2025 年には 2,000 万台を超え、新車販売の 4 分の 1 が EV になった。図 18 に国別の EV 販売推移と、2025 年実績と 2026 年予想の数字を表に示す。

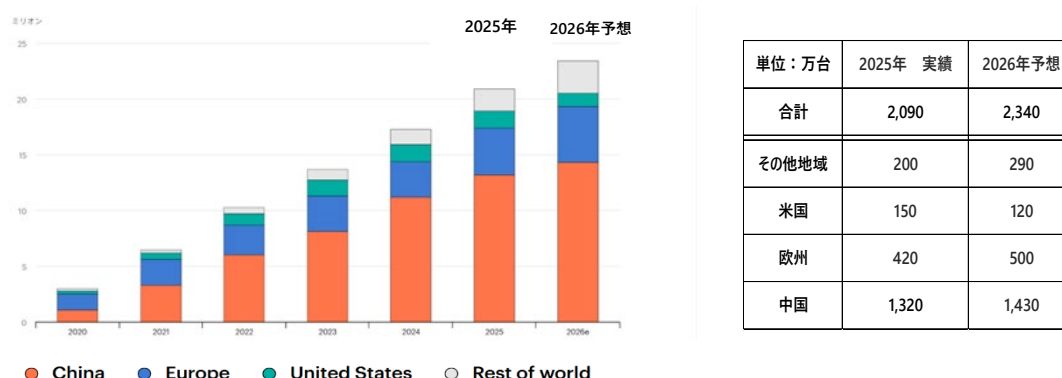


図 18 電気自動車(BEV と PHEV)の国・地域別販売推移

¹¹⁶ <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2026>

欧州はEV市場の中で最も強い成長が見られ、2025年の販売は30%以上増加し、420万台、全自動車販売の28%に達したこれはEUの「厳しい自動車用CO₂基準」などの政策支援による。2026年には販売台数が約20%増加し、販売車の3分の1がEVになる。

中国のEV販売の伸びは、下取り制度の一時停止が一因でやや鈍化したが、EVは依然として全自動車販売の約55%を占めている。2026年を通じてEVの販売の伸びが見込まれるが、過去数年よりは鈍化し、全自動車販売のほぼ60%に達する見込みである。

中国は2025年に1,300万台のEVを販売し、世界最大のEV市場の地位を維持し、世界で販売されたEVの10台中の6台を占めている。2025年末時点で中国の道路上には推定4,400万台のEVが走っており、これは全車両の約13%を占める。

2025年に中国の自動車メーカーが世界のEV販売の60%を供給し、欧州および北米の自動車メーカーはそれぞれ約15%を供給した。

米国ではEVの販売が比較的安定し、総販売台数の10%弱であったが、EV税額控除の終了により、年末に販売が減少した。このため、2025年の米国のEV販売台数は2024年よりやや減少し、150万台であった。2026年は120万台に減少する予測である。この停滞は複数の政策変更の結果である。2025年初頭、大統領令14154号が出され、その後それに基づいて規則変更や法制化が行われ、経済的インセンティブや燃費基準に関する措置を含むEV支援策が終了した。2025年7月、One Big Beautiful Bill Act(OBBBA)により、既存の燃費基準を遵守しなかった場合の罰金が撤廃され、自動車メーカーは米国内でEVを販売するインセンティブが減少した。OBBBAはさらに、2025年9月以降に新車および中古車購入の税額控除を終了した。その結果、2025年第4四半期の新車EV販売台数は2024年第4四半期比で45%減少し、第1~3四半期の15%増を打ち消してしまった。

その他地域では、新興市場でEVの販売が急増し、2025年に200万台(前年比50%増)に達した。東南アジアのベトナム、インドネシア、タイが、ラテンアメリカのブラジルとメキシコが成長を牽引している。2026年も50%の成長が見込まれる。

日本では補助金の支援があったにもかかわらず、2025年はEV販売の勢いが2年連続で弱く、販売台数は2024年とほぼ同程度(10万台強)である。EVは車販売全体の3%未満を占めるに過ぎず、従来のハイブリッド電気自動車(HEV)は約3分の1を占めた。これは、日本の自動車メーカーが燃費向上を目指してハイブリッド技術に長年注力してきたことを反映している。

世界のEV販売台数は2026年に2,300万台に増加し、全車販売台数の28%を占めると予想される。また、IEAのシナリオでは2035年のEVの使用総台数は51,000万台に達し、販売台数の約50%を占める。

1.2.2 中国のEVトラック販売の急増に牽引されて、道路輸送のEV化は着実に進む

EVトラックの販売は2024年と比べて2025年は2倍以上となり、世界のトラック販売の

9%に達した。この成長の大部分は中国によるもので、2025 年には 2 年連続で販売が倍増した。中国で販売されたトラックの 4 分の 1 は EV であった。電気トラックはディーゼルトラックの 2～3 倍の購入費が依然として高価であるが、バッテリー価格の下落により改善されつつある。

1.3 経済産業省資源エネルギー庁の発表資料¹¹⁷

経済産業省資源エネルギー庁の発表資料「世界で見直しがはじまった自動車産業政策～日本の『マルチパスウェイ戦略』にも注目が」(2026 年 4 月)の重要な図表を以下に示す。

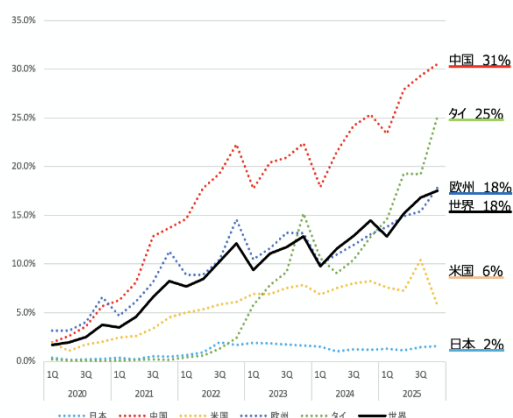


図 19 EV 販売比率の推移
図 19～22 の出所：資源エネルギー庁。

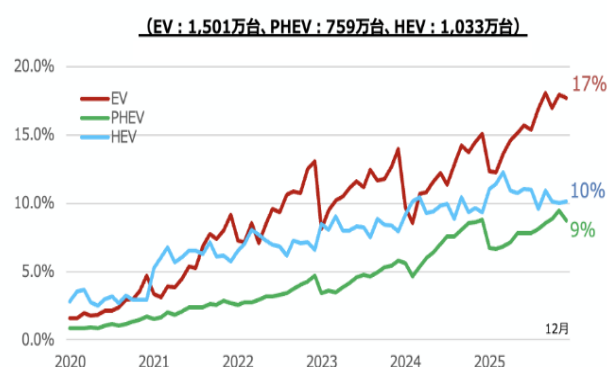


図 20 世界全体における電動化の推移
注：上段のカッコ内は2025年の年間販売台数。

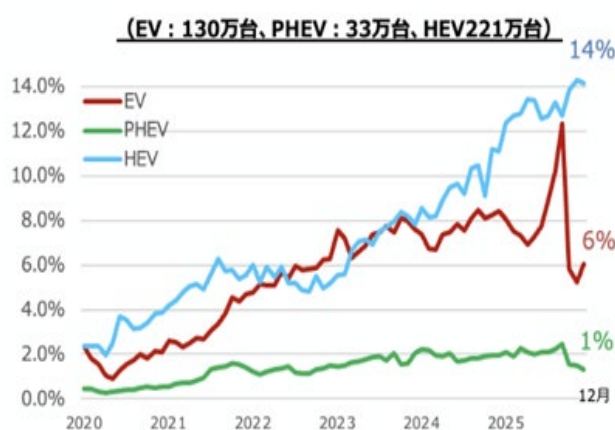


図 21 米国における電動化の推移
注：上段のカッコ内は2025年の年間販売台数。

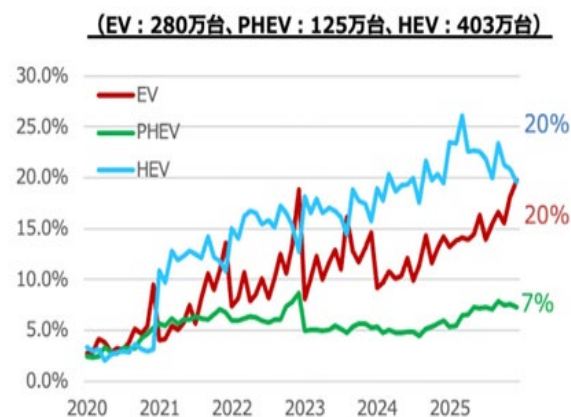


図 22 欧州における電動化の推移
注：上段のカッコ内は2025年の年間販売台数。

¹¹⁷https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/automobile_industry_policy_01.htm
1

表 12 主要国の自動車市場規模と電動化などの目標

	市場規模 (2025年)	電動化等の目標
 英国	236万台	2035年販売目標 EV・FCV : 100% ※2030年ガソリン車及びディーゼル車の新車販売禁止。ただしHEV・PHEVは2035年まで販売可
 EU	1,243万台	2035年以降、テールパイプベースでCO2排出100%減 (2021年比) (≒ EV・FCV : 100%) (※) (※) 2025年12月、欧州委員会は自動車CO2規制の改定案を公表。改定案では、2021年比で90%削減に緩和。残りの10%は欧州製の低炭素鋼の使用や、合成燃料・バイオ燃料・バイオガスの使用で補うことでハイブリッド車などの販売が可能とされている。
 米国	1,677万台	2030年販売目標 EV・PHEV・FCV : 50% (※) → 大統領令廃止 (※) カリフォルニア州等 : 2035年EV・PHEV・FCV100% → 規制許容の不承認
 カナダ	195万台	2035年販売目標 EV・PHEV・FCV : 100% → 義務化を撤廃※ (※) 2026年2月、カナダは自動車産業戦略で、電気自動車の義務化を撤廃すると発表。他方、2035年までにEV販売比率75%、2040年までに90%という目標達成に向け、より厳格な温室効果ガス排出基準を導入予定。
 日本	456万台	2035年販売目標 電動車 (EV・PHEV・FCV・HEV) : 100%
 中国	3,440万台 うち国内2,730万台 輸出710万台	2027年販売目標 新エネルギー車 (EV・PHEV・FCV) : 45% 2035年販売目標 新エネルギー車50%以上、それ以外の新エネルギー車でないガソリン車は全てHEVとしガソリン車は製造・販売禁止
 タイ	63万台	2030年生産目標 ZEV : 30%

出所：資源エネルギー庁

Appendix 燃料の種類と特性

表 13 燃料の種類と特性

名称	英語名	沸点 (°C)	密度 (g/cm ³)	用途
ナフサ (粗製ガソリン)	naphtha	30-200	輸入ナフサの場合 0.69	石油化学用 (ナフサクラッキング用)
ガソリン (揮発油)	gasoline (light oil)	30-200	0.72-0.76	自動車用燃料
ジェット燃料	jet fuel	50-250	0.78-0.80	航空機用
灯油	kerosine、 kerosene	160-270	0.78-0.80	家庭用暖房燃料
軽油	diesel、 gas oil	200-350 (180-350)	0.80-0.94	ディーゼルエンジン用燃料
重油	heavy oil	粘ちょう液体	0.80-0.96	ボイラー燃料など
メタノール	methanol	65	0.79	酢酸、ホルマリン、燃料
エタノール	ethanol	78	0.79	燃料

出所：各種資料より旭リサーチセンター作成

本リポートについて

本リポートは、ARC の Web サイト(<https://arc.asahi-kasei.co.jp>)から検索できます。

【キーワード】

石油化学、バイオマス化学、ケミカルリサイクル、合成ガス、バイオ燃料、バイオメタン、SAF、ガス化、油化、石化原料化、EV

【本リポートのお問い合わせ先】

シニアリサーチャー 府川 伊三郎 主席研究員 石井 由紀

e-mail:fukawa.ig@om.asahi-kasei.co.jp

ishii.ys@om.asahi-kasei.co.jp

<https://arc.asahi-kasei.co.jp/contact/>

ARC リポート RS-1086 2026.09

発行者 株式会社 旭リサーチセンター
〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-1-2
<https://arc.asahi-kasei.co.jp/>