

2024年度 JPECフォーラム

欧米の合成燃料製造プロジェクト動向

2024年5月14日

一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター
調査国際部

はじめに

1. 欧米の合成燃料製造プロジェクト

1.1 欧米俯瞰

1.2 欧州

1.3 米州

1.4 日系企業の関わり

2. 製造課題

2.1 原料調達

2.2 技術開発

3. まとめ

次世代液体燃料として位置付けられる合成燃料（e-fuel）は、GHG排出量の削減、カーボンニュートラル実現の切り札の一つとしての期待が大きい。

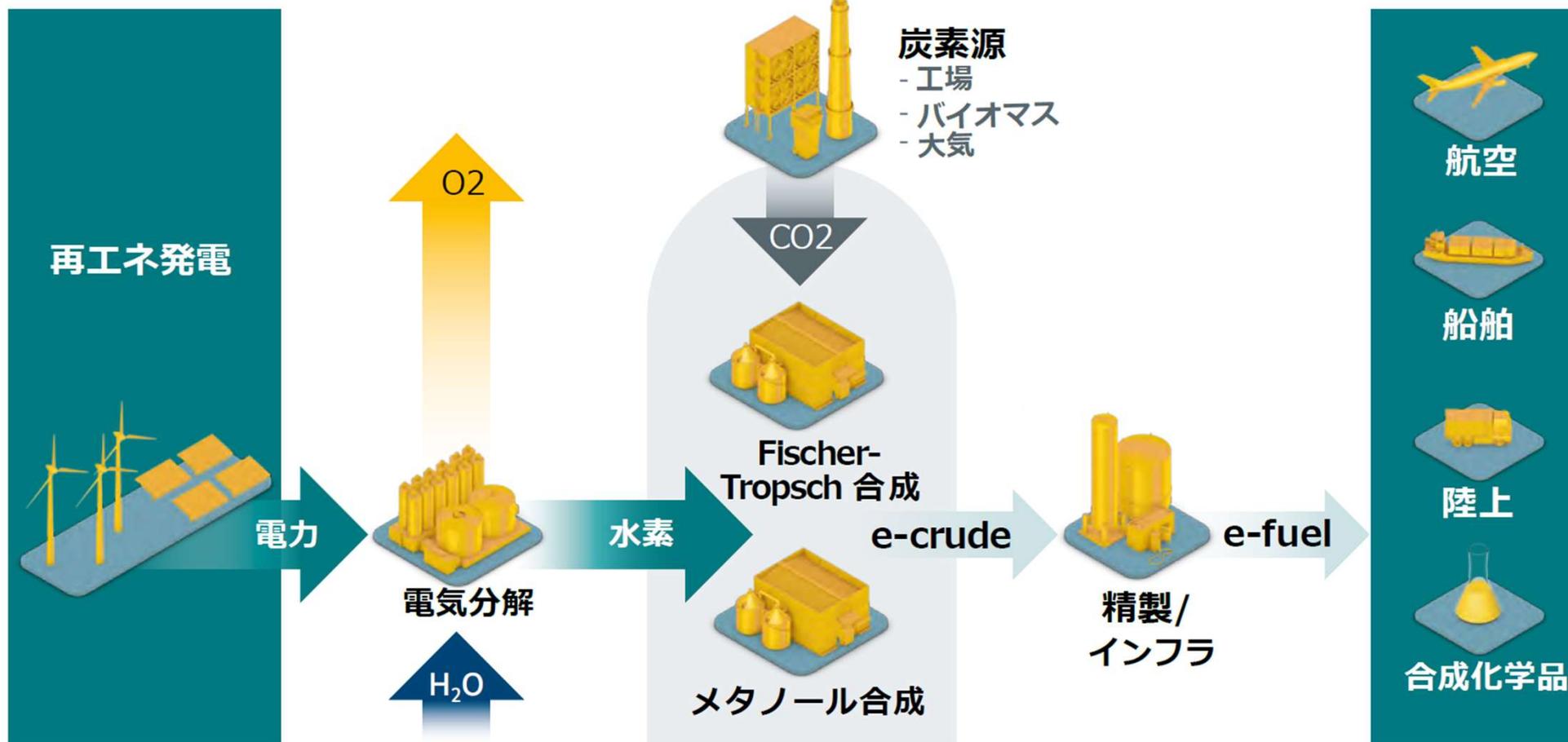
e-fuelの製造技術に関しては海外での開発事例が報じられているが、実用化に向けた課題は依然多く残っており、さらなる技術開発が行われている。

これまで石油系の輸送用・産業用液体燃料を供給してきた石油産業では、培った燃料設計技術やサプライチェーンを生かした新たな事業の可能性という観点でe-fuelの将来性を調査する必要がある。

本調査では、欧州及び米州におけるe-fuel製造技術開発に携わる企業を中心に、プロジェクト立ち上げ状況に関する情報収集・分析を行った。

1. 欧米の合成燃料製造プロジェクト

e-fuel製造フロー簡略図



(出所) ドイツBMUVをもとに作成

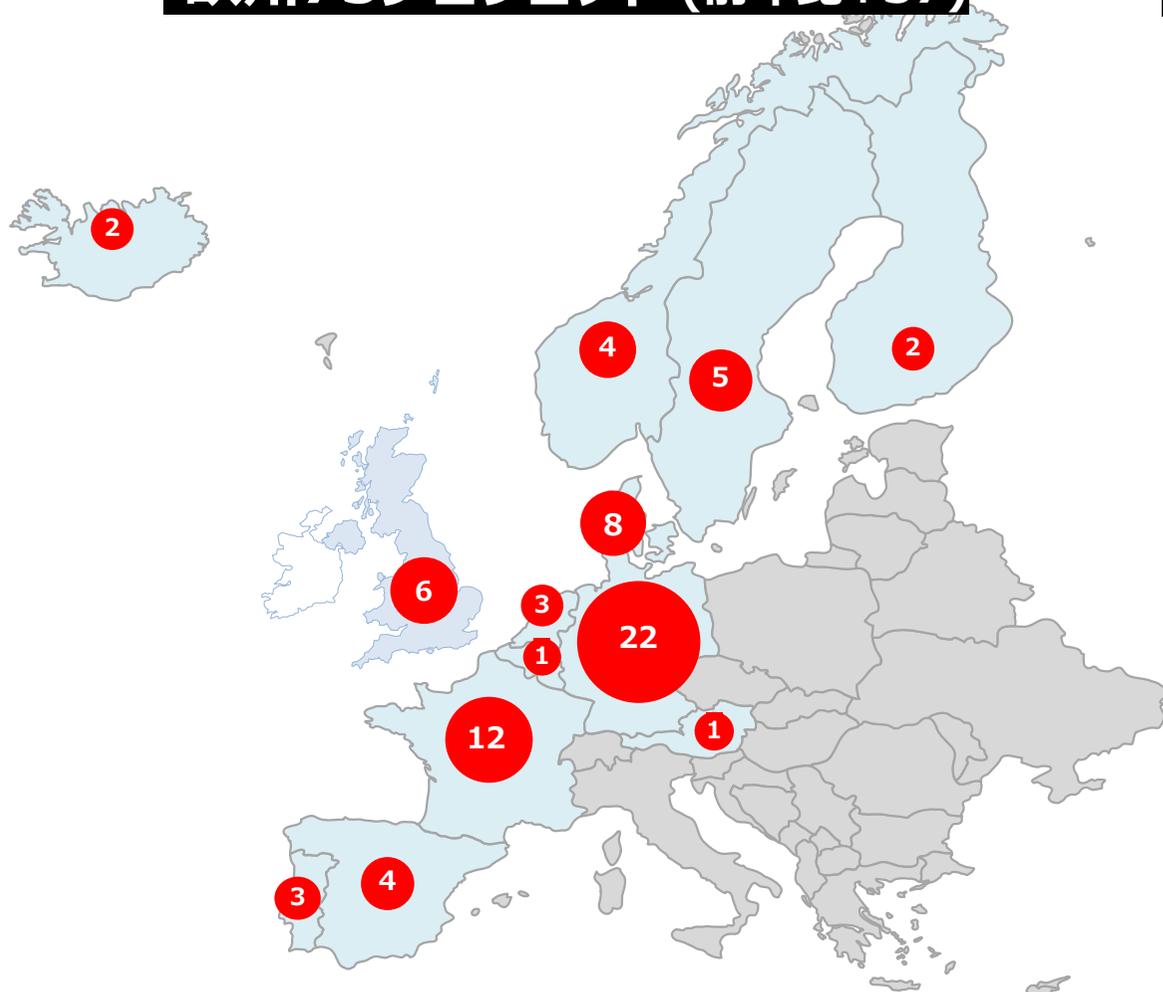
なお、合成燃料の一部であるe-fuelとは、再生可能エネルギーによるグリーン水素を使って生成する炭化水素化合物やメタノール、アンモニア、メタン等を言う。また、Power-to-Xとも呼ばれ、液体の場合はPower-to-Liquid (PtL)、ガス状生成物ではPower-to-Gas (PtG) と表記される場合もある。
本調査では、輸送燃料用の液体炭化水素化合物とメタノール (e-メタノール) を対象とした。

1.1 欧米俯瞰

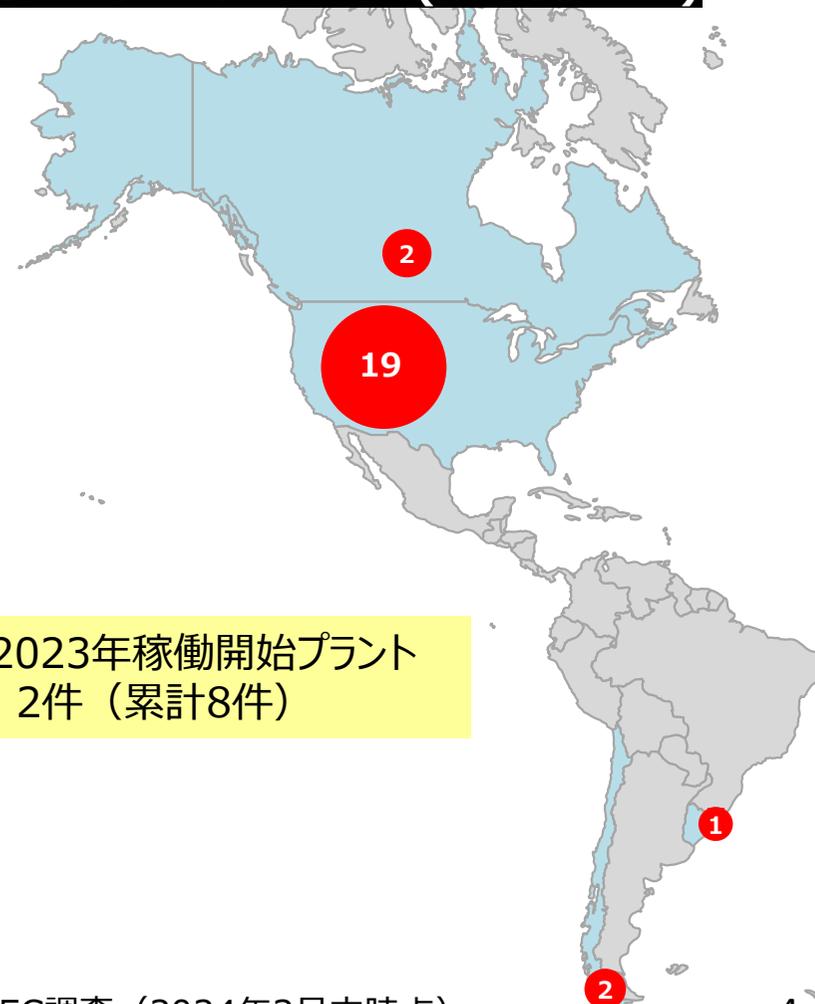
➤ 欧米のe-fuel製造97プロジェクト

プロジェクトは新興企業が大半であり、調査対象97件のうちFIDや稼働に至っているのは14件、稼働は8件に留まる。本格的な製品流通には時間を要する。

欧州73プロジェクト (前年比+37)



米州24プロジェクト (前年比+15)



2023年稼働開始プラント
2件 (累計8件)

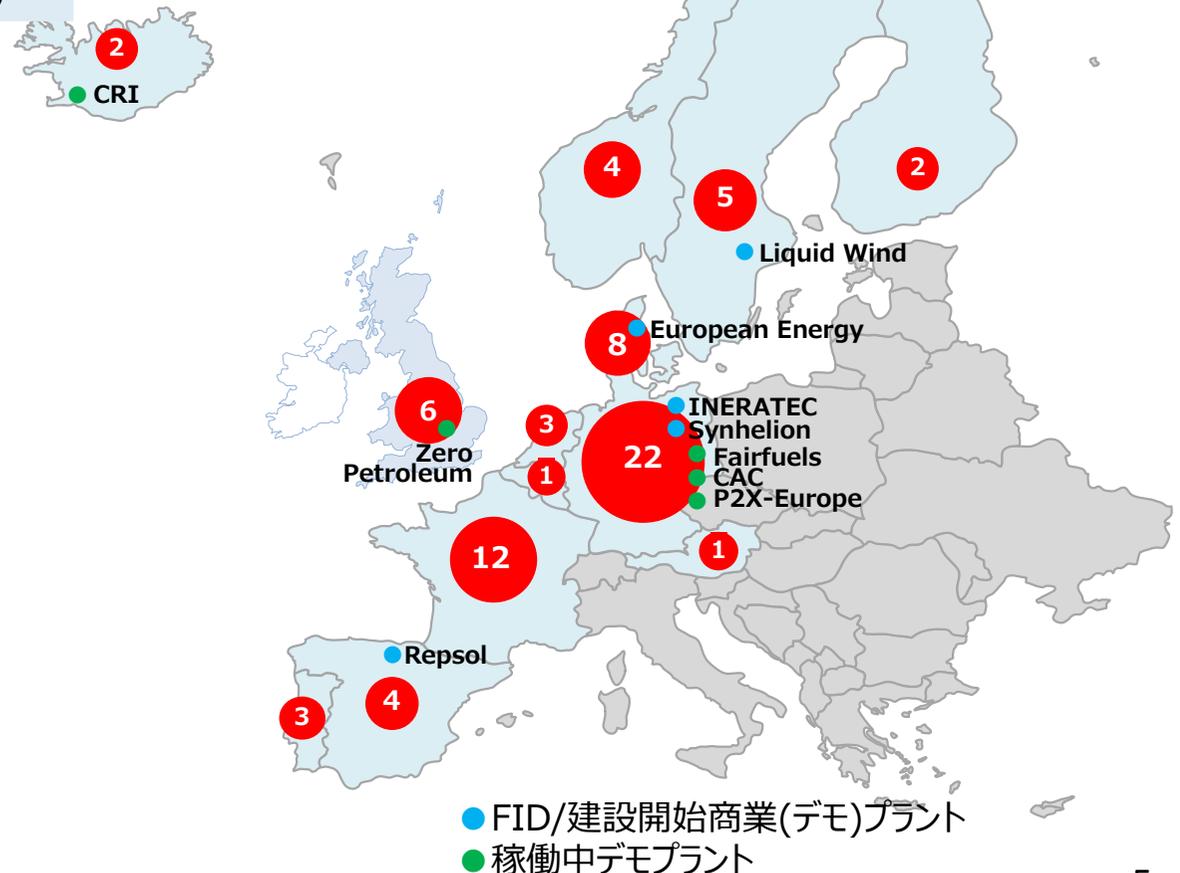
1.2 欧州

輸送用液体燃料プロジェクトは、この1年であらたに37件発表された。
 フランスと英国でのプロジェクト立ち上げが2023年の増加に大きく影響している。

FID以降のプロジェクト状況 (2024年3月末時点)

ステージ	FTルート	MeOHルート	計
FID/建設	3	2	5
稼働中	3	2	5
計	6	4	10

欧州73プロジェクト (前年比+37)



- ### 建設中の商業プラント
- デンマーク European Energy (Kassø e-メタノールプラント)
 - スウェーデンLiquid Wind FlagshipONE (e-メタノールプラント)
 - ドイツINERATEC (Frankfurt FTプラント)

- ### 2024年末までにFID完了予定のプラント
- ノルウェーNorsk e-Fuel (Mosjøen FTプラント)
 - ノルウェーNoridic Electrofuel (Herøya FTプラント)

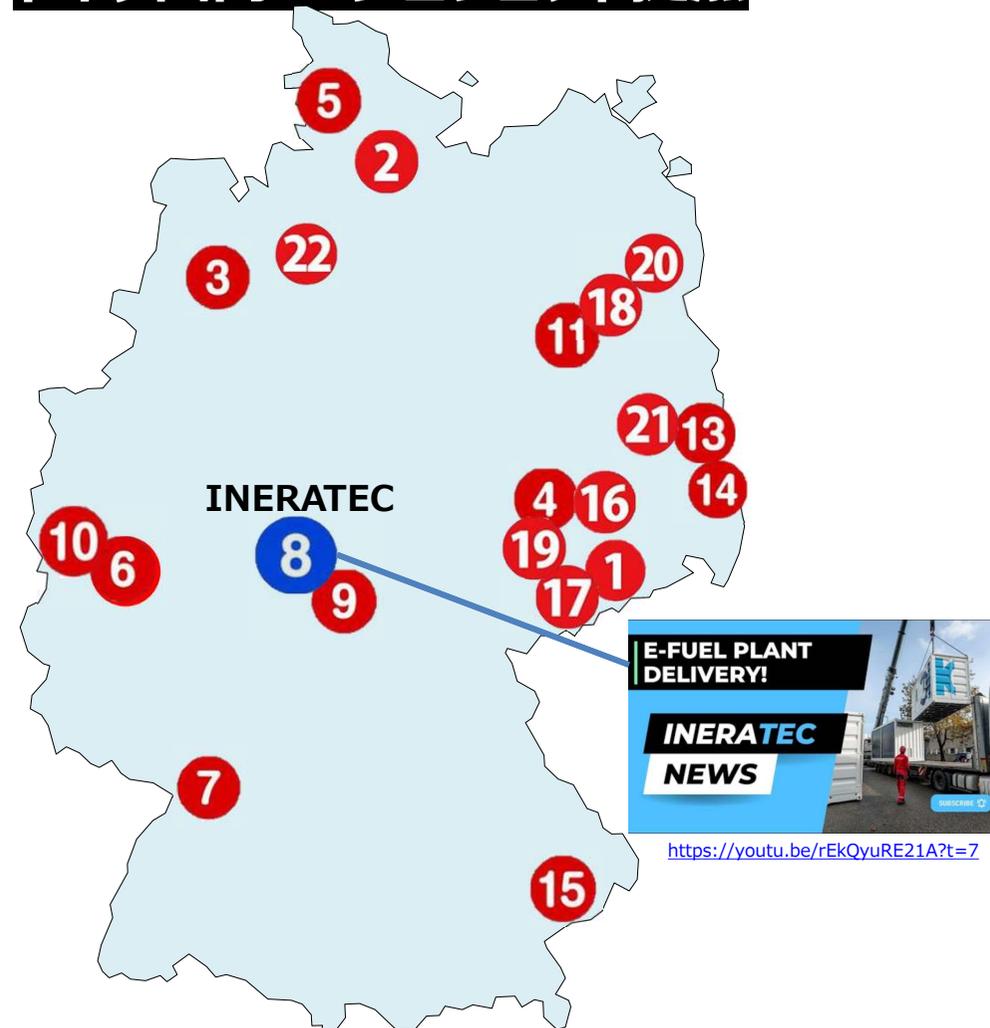
1.2 欧州 (ドイツ)

▶ ドイツ国内のe-fuelプロジェクト

#	燃料製造者	概要
①	CAC Engineering GmbH (Chemnitz)	2020年 デモプラント稼働開始 ブランド名"Synfuel"旭化成アルカリ電解槽 MTG合成に独自のゼオライト触媒プロセス
②	P2X-Europe	INERATEC社FTモジュール導入 2022/9/7 ブランド名"SynZero"発表
③	Atmosfair Fairfuel	2021年10月 稼働開始、生産規模 350トン/年 INERATEC社FTモジュール導入 Siemens Silyzer PEM (2.5MW)
④	TotalEnergies	2021年6月 Fraunhoferと共同プロジェクト開始 2022年9月 Sunfire SOEC (1MW) 導入 メタノール製造、さらにSAF合成を計画
⑤	Klesch Heide	westküste 100コンソーシアム 2020年8月 5カ年プロジェクト開始 2023年-30MW電解槽FID、今後、700MWへ順次拡張
⑥	Shell Rheinland	EUファンド Refhyne I プロジェクト 2021年7月 英国ITM Power社PEM(10MW)稼働開始 後継Refhyne IIで100MWに拡大、eSAF製造予定
⑦	MiRO	カールスルーエ工科大学スピンアウトのINERATEC社のFTモジュール利用、2022~2025年に製油所での導入検証
⑧	Industriepark Höchst	INERATEC社FTモジュール導入 2023年 e-fuel製造開始 → 2024年春
⑨	Caphenia	プラズマを利用したバイオガスからの合成ガス製造 2022年 フランクフルト-ヘキストにパイロットプラント建設開始
⑩	Synhelion	スイス連邦工科大開発の多焦点太陽光集光器による合成ガス製造 英国Wood社改質装置、INERATEC社FTモジュール導入
⑪	Spark e-Fuels	RWGSとFT技術によるeSAF製造
⑫	P1 Performance Fuels	2024年 パイロット稼働開始 2029年 工業規模プラント稼働
⑬	PtX Lab Lausitz	2022年11月 FS終了 建設・運営会社決定、DAC技術はFraunhofer研究機構
⑭	DLR	2024年 実証プラント建設開始 eCrudeやメタノールを製造
⑮	OMV	政府支援 Methanol-to-SAF (M2SAF) プロジェクトコンソーシアム Burghausen製油所にて製造
⑯	XFuels	FT法によるeSAF等製造 2026年 プラント稼働 (5万TPA)
⑰	Fraunhofer ISE	2022年 12月SAFariプロジェクト発足、連邦デジタル運輸省 (BMDV) 資金から6年間の資金提供
⑱	CEMEX	Concrete Chemicalsプロジェクト セメント工場排出CO2を原料にしたFT合成
⑲	C1 Green Chemicals	2023年11月、e-メタノール用Leuna100パイロットプラント開所
⑳	PCK Raffinerie	NextGen-PtX小型反応器 (プラズマ触媒) の活用検討
㉑	Hy2gen	2024年 FID予定 2027年 FT法によるe-SAF製造 (3.4万トン) 開始
㉒	German eFuel One	2027年 FID予定 CAC社MTG技術採用

2024年春、フランクフルトのINETATEC
モジュール型FTプラントが国内4番目に開所。

ドイツ国内22プロジェクト拠点



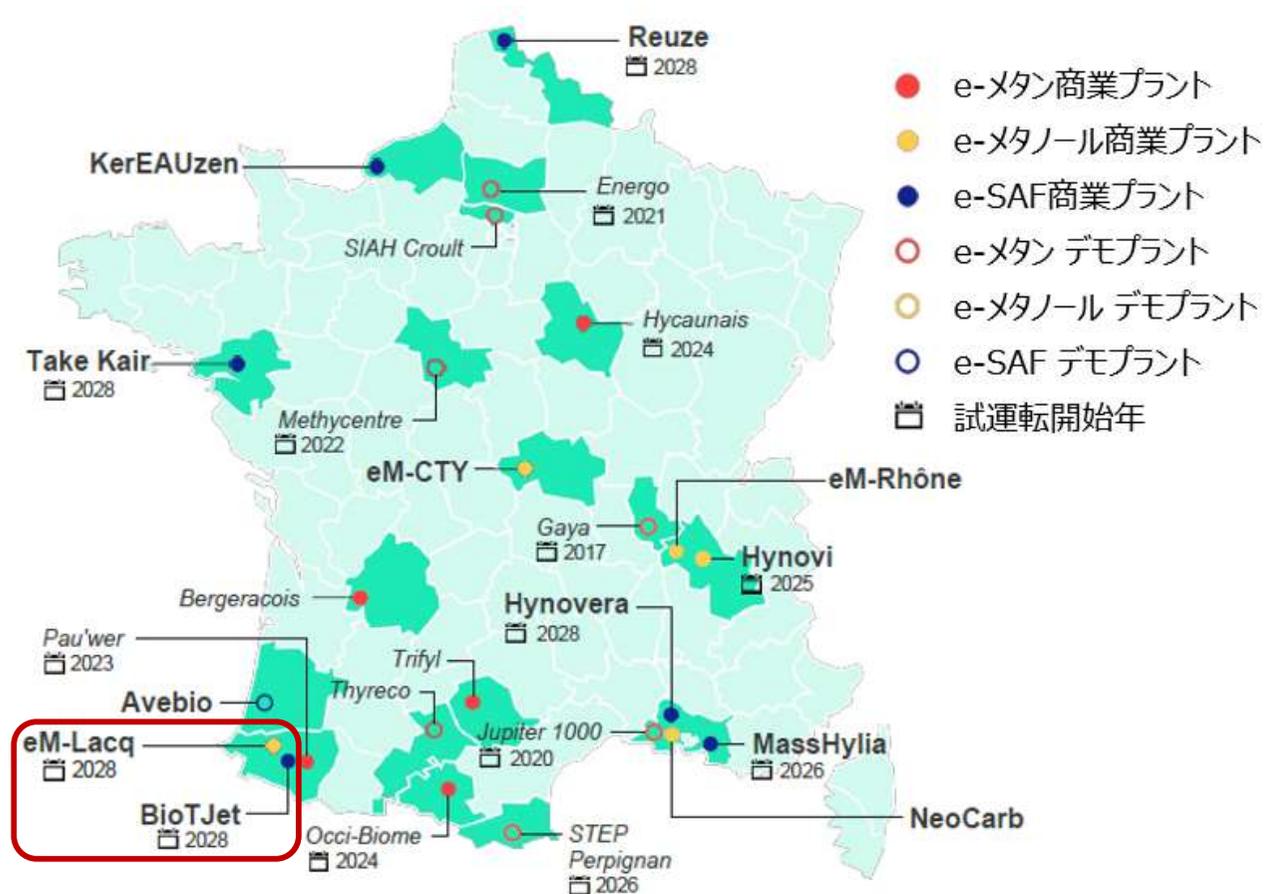
(出所) 各種報道をもとにJPEC作成

1.2 欧州 (フランス)

2023年7月、産業コンソーシアム“**The French Bureau of e-fuels**” 発足。
 フランス国内で**24**件の商業規模のe-fuel (e-メタン、e-メタノール、e-SAF) プラント構想を公表。
 2020年設立の**Elyse Energy**は、海運と航空輸送の脱炭素化プロジェクト**6**件を牽引。

液体e-fuel製造プロジェクト

製品	プロジェクト名	代表企業名	生産能力
e-メタノール	eM-CTY	Elyse Energy	—
	eM-Lacq	Elyse Energy	20万トン/年
	eM-Rhône	Elyse Energy Holcim	15万トン/年
	NeoCarb	Elyse Energy	—
	Hynovi	Vicart Hynamic	20万トン/年
e-SAF	Reuze	engie Infinium	10万トン/年
	KerEAUzen	engie	—
	Take Kair	Holcim, EDF, IFPEN, Axens	—
	BioTJet	Elyse Energy	e-SAF: 7.5万トン/年 e-ナフサ: 3.5万トン/年
	Hynovera	Hy2gen	e-SAF: 50KL/日 e-ディーゼル: 60KL/日
	MassHylia	engie TotalEnergies	—
	Avebio	Elyse Energy KHIMOD	—

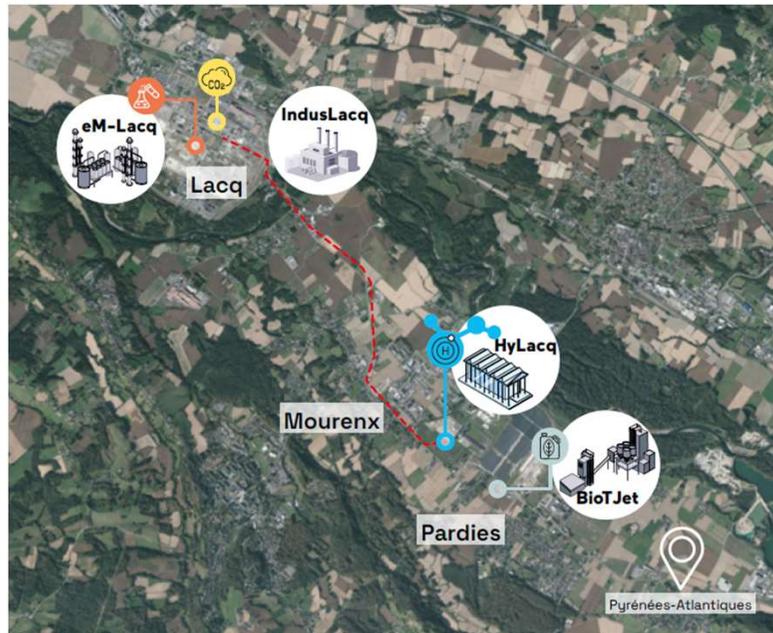


(出所) The French Bureau of e-fuels資料をもとに作成

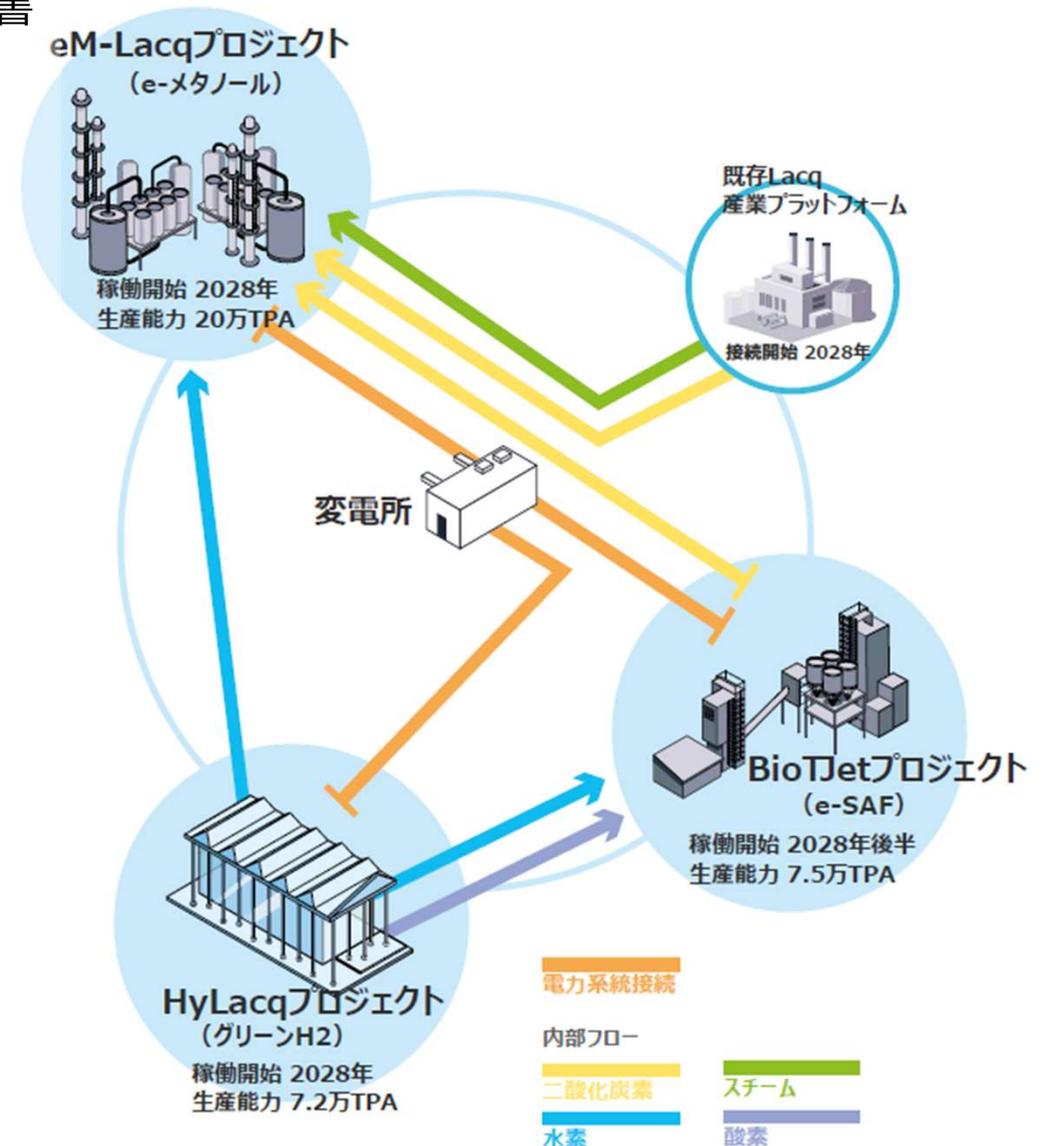
1.2 欧州（フランス）

（事例）E-CHOプロジェクト（eM-Lacq, BioTJet, HyLacq一体名）

- ・CNDPが提案者（Elyse Energy、RTE）作成の協議文書の内容を承認。
- ・2023年5月3日、CNDPが協議スケジュール決定。
- ・協議期間：2023年10月17日～2024年1月17日
- ・協議結果文書公表：2024年2月16日
- ・2カ月以内に、提案者は、協議での指摘事項に回答。
- ・2025年政府承認に向けた手続き。



注：CNDP（公開討論国家委員会）フランスの独立行政機関の一つ。1995年、大規模事業の環境配慮強化に関する法律（通称、バルニエ法）により創設。住民参加型の意思決定プロセスとして公開討論を実施。



1.2 欧州（英国）

政府は、2021年10月の**ネットゼロ戦略**、2022年7月の**ジェットゼロ戦略**にて、2030年までにSAF配合10%を実現すると共に、2025年までに国内で少なくとも5つの商業規模のSAFプラント建設すると発表。

英国運輸省（DfT）は、2022年7月に先進燃料ファンド（Advanced Fuels Fund、AFF）を立ち上げ、現在、**産業クラスター地域**でのバイオマス系SAFに加え、e-SAFプロジェクトの開発支援中。

政府支援のe-SAFプロジェクト

企業名	e-SAFプロジェクト名	稼働開始年/ e-SAF生産能力
Zero Petroleum	Plant Zero.2	2026年 6,100トン/年
OXCCU Tech	Oxyfuel Biogenic プロジェクト	2026年 7,400トン/年
Willis Sustainable Fuels	Carbonshift PtL プロジェクト	2026年 1.4万トン/年
Carbon Neutral Fuels (CNF)	ASAP-DAC プロジェクト	2027年 1.2万トン/年
Arcadia eFuels (本社：デンマーク)	Nabooプロジェクト	2028年 6.8万トン/年
Velocys	e-Altoプロジェクト	—

建設地未発表

Carbon Neutral Fuels
(ASAP-DACプロジェクト)
OXCCU Tech
(Oxyfuel Biogenicプロジェクト)
Zero Petroleum
(Plant Zero.2 プロジェクト)

Fulcrum BioEnergy
(NorthPointプロジェクト)
ABSL
(Protosプロジェクト)

Arcadia eFuels
(NABOOプロジェクト)
Willis Sustainable Fuels
(Carbonshift PtLプロジェクト)

Alfanar Energy
(Lighthouse Green Fuelsプロジェクト)
Abundia Biomass-to-Liquids
(A-Jet UKプロジェクト)
Nova Pangaea Technologies
(Speedbirdプロジェクト)

Phillips 66 Humber製油所
(HEFAプロジェクト)

Velocys
(e-Altoプロジェクト)

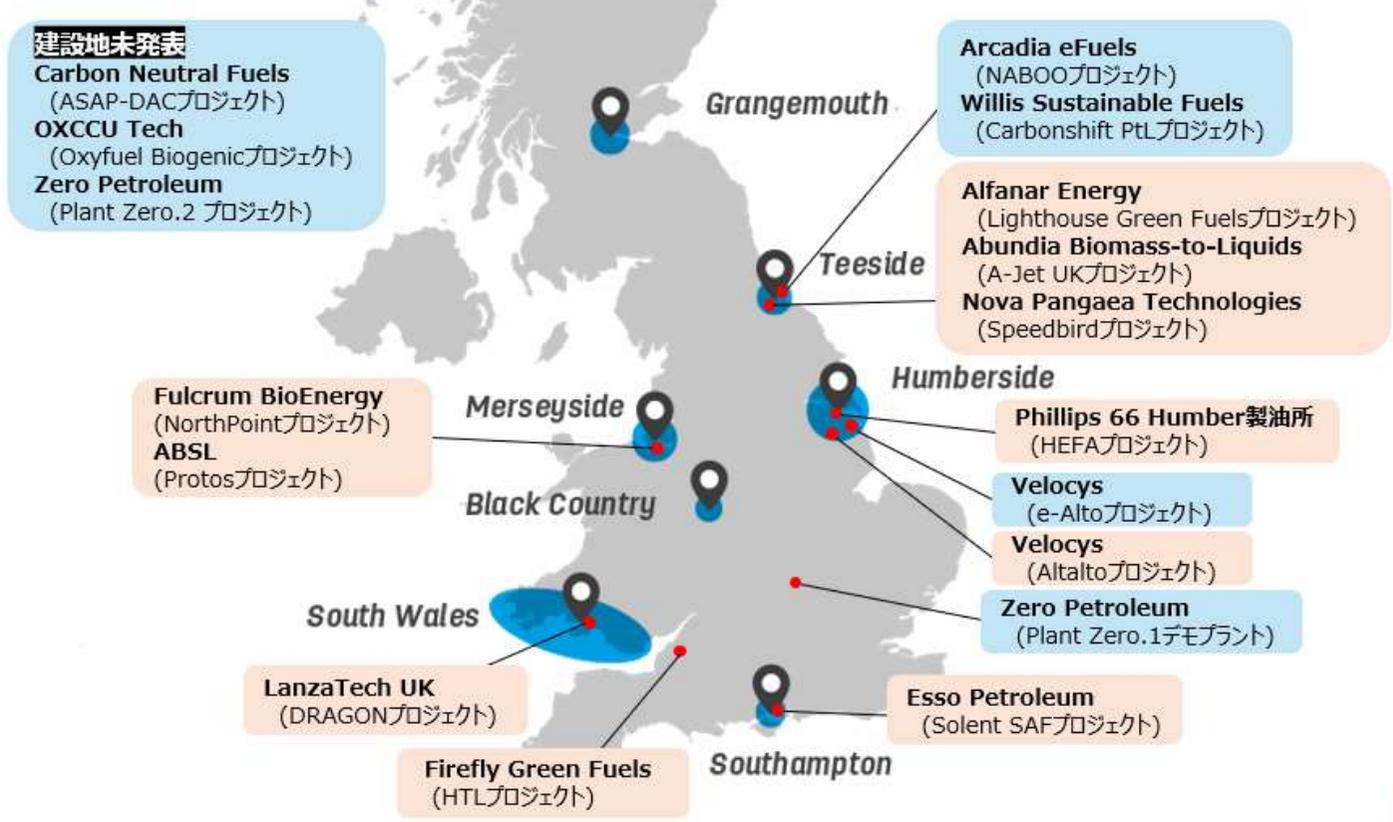
Velocys
(Altaitoプロジェクト)

Zero Petroleum
(Plant Zero.1デモプラント)

LanzaTech UK
(DRAGONプロジェクト)

Esso Petroleum
(Solent SAFプロジェクト)

Firefly Green Fuels
(HTLプロジェクト)



1.2 欧州（英国）

稼働中のPhillips 66製油所のHEFAを除いたSAFプロジェクト **16**件のうち、**10**件がFT 法を採用。
 さらに、e-SAFプロジェクト**6**件のうち**5**件がFTプロセスを選択。

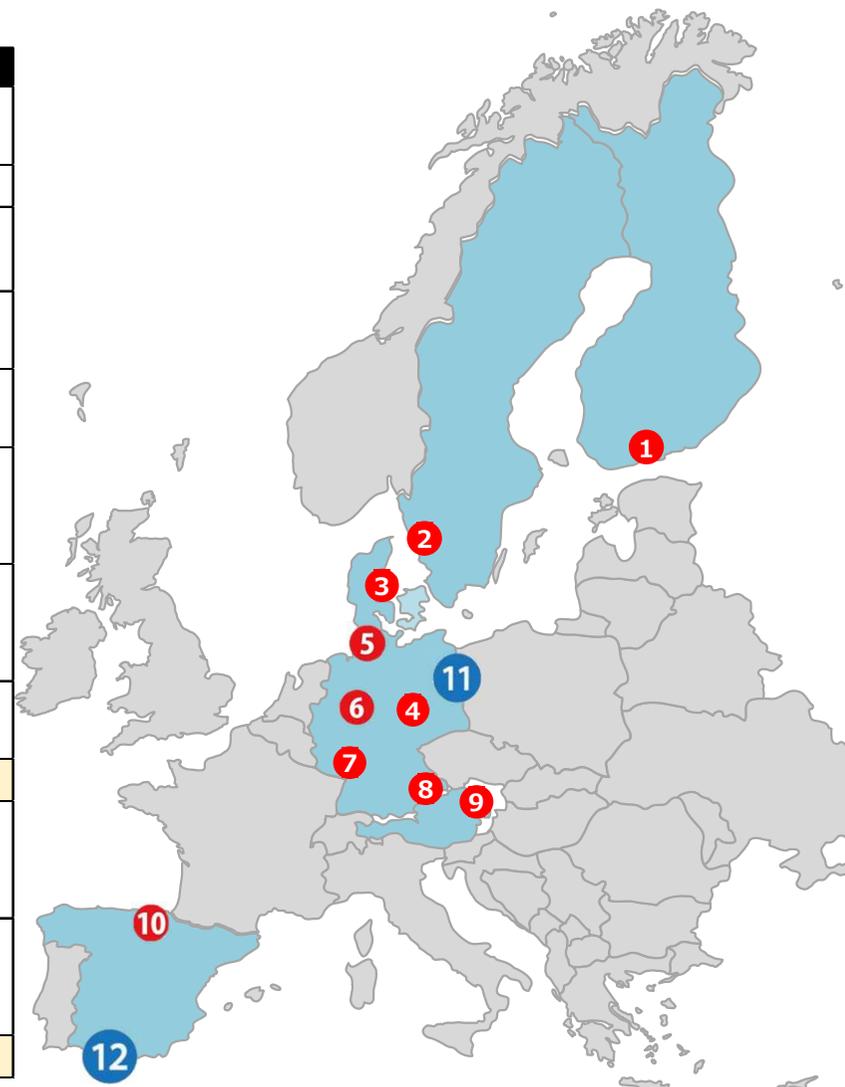
英国のSAF製造プロジェクト（合成経路別）

HEFA/Co-processing	Alcohol-to-Jet	Gas + Fischer-Tropsch	Hydrothermal liquefaction	e-SAF (Power-to-Liquid)
<ul style="list-style-type: none"> •Phillips 66 (操業中) 	<ul style="list-style-type: none"> •LanzaTech •LanzaTech/Carbon Engineering •Nova Pangaea Technologies •Esso Petroleum 	<ul style="list-style-type: none"> •Fulcrum BioEnergy •ABSL •Alfanar Energy •Abundia Biomass-to-Liquids •Velocys 	<ul style="list-style-type: none"> •Firefly Green Fuels 	<ul style="list-style-type: none"> •Arcadia eFuels •Willis Sustainable Fuels •Velocys •Zero Petroleum •Carbon Neutral Fuels •OXCCU Tech

1.2 欧州（製油所）

GHG削減政策による化石燃料の需要減退は欧州の製油所の機能転換を促すものとなっており、2023年、あらたにドイツ**PCK**とスペイン**Cepsa**の2製油所がe-fuel製造計画を発表。

国名	No.	石油会社	対象製油所	パートナー
フィンランド	①	Neste	Porvoo製油所	VTTフィンランド技術研究センター INERATEC 他
スウェーデン	②	St1	Gothenburg製油所	Vattenfall
デンマーク	③	Crossbridge Energy	Fredericia製油所	Everfuel オールボー大学
ドイツ	④	TotalEnergies	Leuna製油所	Sunfire フラウンホーファー研究機構
	⑤	Klesch Heide	Heide製油所	WESTKUSTE100コンソーシアム (Ørsted、EDFグループ 他)
	⑥	Shell	Rheinland製油所	SINTEF（ノルウェー） ITM Power（英国） Linde（ドイツ） 他
	⑦	MiRO	MiRO製油所	reFuels project (カールスルーエ工科大学, Ineratec, AUDI, Porsche 他)
	⑧	OMV	Burghausen	BASF, Thyssenkrupp, ドイツ航空宇宙センターDLR
	⑪	PCK	Schwedt製油所	Enertrag
オーストリア	⑨	OMV	Schwechat製油所	Sunfire PAUL WURTH グラーツ工科大学
スペイン	⑩	Repsol	Bilbao製油所	Aramco Ariema（スペイン電力会社） HydrogenPro（ノルウェー）
	⑫	Cepsa	La Rábida製油所	AP Moller Holding子会社C2X



(出所) 各社情報をもとにJPEC作成

1.3 米州 (米国)

輸送用液体燃料プロジェクトは、この1年であらたに15件発表された。
 米国メキシコ湾岸を中心としたe-fuelプロジェクトが相次いで立ち上がった。

FID以降のプロジェクト状況 (2024年3月末時点)

ステージ	FTルート	MeOHルート	計
FID/建設	1	0	1
稼働中	2	1	3
計	3	1	4

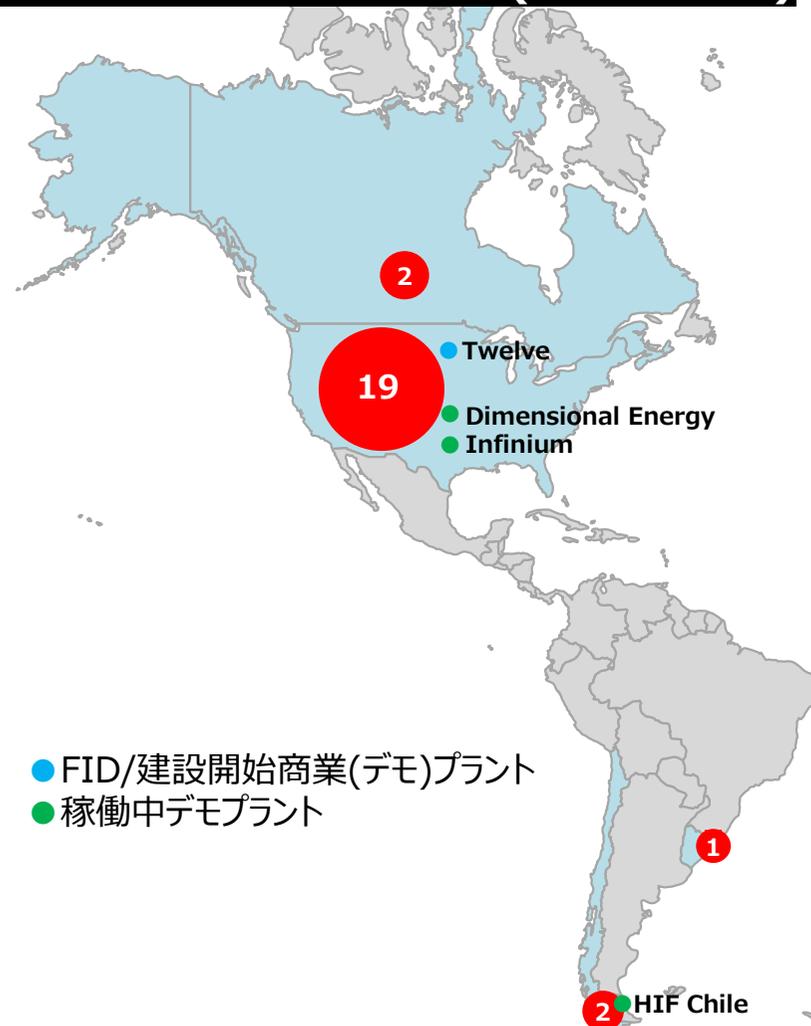
建設中の商業プラント

- Twelve
 (ワシントン州 Moses Lake FTプラント)

2024年末までにFID完了予定のプラント

- 米国 DG Fuels
 (ルイジアナ州 FTプラント)
- 米国 Louisiana Green Fuels
 (ルイジアナ州 FTプラント)

米州24プロジェクト (前年比+15)



(出所) JPEC調査 (2024年3月末時点)

1.3 米州 (米国)

➤ 注目e-fuelプロジェクト (メキシコ湾岸州)

再生可能エネルギー供給能力が全米トップとなったテキサス州では、グリーン水素製造への投資が拡大していることに加え、工場排ガスやバイオマス由来のCO2を炭素源としたe-fuelプロジェクトも立ち上がっている。

Amazon等が出資する注目のInfiniumプラント1号機が稼働を開始した。

No.	州	燃料製造者	スケジュール	No.	州	燃料製造者	スケジュール
1	テキサス州	HIF USA	2024年 第1フェーズ着工 2027年 稼働開始	11	ルイジアナ州	Beaver Lake Renewable Energy, LLC (親会社: Sungas Renewable)	投資額 20億ドル 2024年 建設開始 2027年 稼働開始
2			州政府届出	12			Monarch Energy Development LLC
3		Infinium * (Net Zero Carbon One)	2022/9/20 事業計画発表 2023年 e-ディーゼル生産開始	13		DG Fuels *	
4			2025年 稼働開始	14			Louisiana Green Fuels * (親会社: Strategic Biofuels LLC)
5		1PointFive (Oxy Low Carbon Ventures)	2022年 DAC建設開始 2024年後半 DAC稼働開始 プラント稼働年 N.A.				
6			州政府届出				
7		EE North America * (親会社: デンマークEuropean Energy)	2026年 e-メタノール製造開始				
8		Monarch Energy Development LLC	2026年 稼働開始				
9		HyFuels Big Spring LLC (親会社: オランダOCI HyFuels)	州政府届出				
10		HyFuels Green Lake Solar LLC (親会社: オランダOCI HyFuels)	州政府届出				



*: 日系企業出資

1.4 日系企業の出資

日系企業による航空や船舶向けe-fuelのオフテーク契約に加え、プラント建設段階での出資が欧米で広がっている。

欧州

■ INERATAEC

2022年9月、千代田化工建設が出資発表

2023年1月、HONDAが出資発表

■ European Energy

2023年7月、三井物産が出資発表

■ Nordic Electrofuels

2024年1月、日本企業と出資協議中と発表

米州

■ Infinium

2021年1月、三菱重工が出資発表

■ DG Fuels

2023年8月、航空事業を手掛けるアビネールと千島土地が出資発表

■ Strategic Biofuels LLC子会社

Louisiana Green Fuels LLC

2024年2月、米州住友商事と契約締結

2024年4月、JX石油開発が参画発表

合成燃料の本格製造に向けた2つの課題

➤ 原料調達

- グリーン水素：再エネ（太陽光、風力、原子力等）の確保
2023年、EUは原子力発電を利用したグリーン水素（RFNBO）に含めたことでフランス等での合成燃料への取組に弾み。
- CO₂：バイオマス、工場排ガス、DAC等からの回収
デンマークでは、水素ハブ構想に加え、CO₂ハブ構想が打ち出された。
EUでの工場排ガスの利用規制に対して、産業界から見直しの申し出。

➤ 技術開発

- 商業プラントに実装する水電解槽の効率向上とコストダウンへの取組
- 商業化に向けた液体燃料合成ユニットの効率向上とコストダウンへの取組

2.1 原料調達

合成燃料のうち、e-fuel製造用CO₂の利用については欧米で規制が異なり、現状では、米国の方がEUよりもCO₂利用に関する制約が少ない。
 しかし、2024年3月、欧州産業界は、2040年以降の産業CO₂の利用制限を再評価するよう欧州委員会に公開書簡を提出。

e-fuel製造用CO₂原料の利用規制

CO ₂ 源	認証	考慮事項	代表的な発生源
バイオ由来/ 大気	一般的に許容され、 好ましい	<ul style="list-style-type: none"> バイオ由来/DACは新たなCO₂発生源とならない。 EUでは、CO₂源や発生年により持続可能性やGHG要件が異なる。 CCUの場合はCO₂回収施設は削減実績の対象外。 	エタノール製造工場、 DAC設備
産業	許容 (地域制約あり)	<ul style="list-style-type: none"> 排出CO₂のリサイクルは炭素会計で考慮。 英国では工業CO₂は許容。 EUでは、ETSの対象として炭素価格が整備されれば、2041年まで許容。 	アンモニア工場、製鉄所、天然ガス工場
産業（燃烧排 ガス）	許容 (地域制約あり)	<ul style="list-style-type: none"> 排出CO₂のリサイクルは炭素会計で考慮。 英国では工業CO₂は許容。 EUでは、ETSの対象として炭素価格が整備されれば、2036年まで許容。 	発電所
地質	許容されない	<ul style="list-style-type: none"> 地中から回収したCO₂の利用はCO₂削減対象とならず、e-fuel製造に使用した場合の税控除はない。 	—

2.2 技術開発

新興企業による商業化に向けた低コストな液体燃料化技術開発が注目される。
 自社での燃料製造事業ではなく、ライセンス事業を目指す企業も含まれる。

製造プロセス	国	企業名	技術の特徴	備考
Fischer-Tropsch (FT)	英国	Zero Petroleum	独自開発触媒	英国政府のe-SAFプログラムに採用
	ドイツ	INERATEC	独自開発触媒	FTモジュール数十の販売実績
	スイス	Synhelion	ソーラー熱分解触媒	ドイツに実証プラント建設中
	米国	Infinium	独自開発触媒	米国での第1号プラント稼働開始
		Lydian Labs	独自開発高温電気炉	—
		Dimensional Energy	独自開発触媒	デモプラント稼働中
		twelve	独自開発触媒、 独自開発電解槽	米国での第1号プラント建設中
Velocys	独自開発触媒	英国政府のe-SAFプログラムに採用		
e-Alcohol-to-Jet (ATJ)	米国	Air Company	独自開発触媒	デモプラント建設準備中
		LanzaJet	独自プロセス	Shell出資
Direct Conversion e-SAF	英国	OXCCU	独自開発触媒	英国政府のe-SAFプログラムに採用
	ドイツ	refuel. Green	独自プラズマ反応器	—
	米国	Prometheus Fuels	Faraday反応器	BMW出資
e-Methanol-to-Jet (MTJ)	スイス	meta fuels	aerobrewプロセス	European Energyプラントへ導入検討

- **欧米**での合成燃料（e-fuel）製造プロジェクト**97**件のうち、2023年に欧米で**2**件のデモプラントが稼働し、累計 **8** 件となった。
現在、欧州で **3** 件、米州で**1**件のプラント建設中であり、航空や船舶向け燃料製造計画が先行している。
- プロジェクト数では**ドイツ**と**デンマーク**が先行していたが、2023年には**フランス**で相次ぎプラント構想が発表された。
- EUから離脱した**英国**においてもe-fuelの新興企業向けに政府技術開発支援が拡大している。
- **ドイツ**の石油業界では、製油所のエネルギー転換の一環として、e-fuel製造に向けた検討を継続している。
- **米州**では、2023年、HIF GlobalやInfiniumを含め、メキシコ湾岸地域でのプロジェクト発表が相次いだ。
- 今後の需要拡大に向け、再エネに加えCO2**原料調達**の議論が高まると共に、新興企業によるあらたな**液体燃料化技術**の実用化開発が活発になっている。

2023年8月

・「米国テキサス州における石油産業のエネルギー転換動向」

https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2023/08/JPEC_report_No.230802.pdf

2023年11月

・「ドイツにおける製油所のエネルギー転換動向」

https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2023/11/JPEC_report_No.231101.pdf

2024年4月

・「EUに追従する英国の合成燃料（e-SAF）プロジェクト動向」

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

本調査は経済産業省・資源エネルギー庁の
「令和5年度燃料安定供給対策に関する調査事業」
として JPEC が実施しています。
ここに記して、謝意を表します。