

令和5年度

エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業

**（海外における合成メタン（e-methane）等に係る政策動向
や国際的なレポート等に関する調査）**

報告書（公表用）

令和6年3月

みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

目次

1. 事業目的	2
2. 合成メタン等のレポート調査	3
2.1. IEAが発行するレポート	3
2.2. その他機関が発行するレポート	21
3. 欧州の政策等動向調査	55
3.1. 再生可能エネルギー指令 (RED)	55
3.2. 水素ガス市場パッケージ：ガス指令・規則	60
3.3. ネットゼロ産業法	63
3.4. 水素銀行法	65
3.5. 産業炭素管理戦略	66
4. 各国のガスのカーボンニュートラル化に向けた制度調査	70
4.1. フランスの各種戦略・制度等	71
4.2. ドイツの各種戦略・制度	78
4.3. イタリアの各種戦略・制度	87
4.4. アメリカの各種戦略・制度	91
4.5. イギリスの各種戦略・制度	96
5. ガス事業制度検討ワーキンググループ	99

1. 事業目的

我が国の産業・民生部門の消費エネルギーの約6割は熱需要であり、特に産業分野においては電化による対応が難しい高温域も存在しているため、熱需要の脱炭素化の実現に向けて、需要サイドに熱エネルギーを供給するガスの脱炭素化が大きな役割を果たす。

このため、グリーン成長戦略（2021年6月策定）や第6次エネルギー基本計画（2021年10月閣議決定）において、ガスの脱炭素化に向けて合成メタン（e-methane）を中心に水素、バイオガスなど様々な選択肢を追求していく方針が示されており、メタネーション推進官民協議会等において検討が進められている。

他方、海外においては、例えば2021年7月、欧州委員会が、2030年の温室効果ガス削減目標（1990年比で少なくとも55%削減）を達成するための政策パッケージ「Fit for 55」を発表し、本パッケージにおいてEU-ETS改正案が提示（2023年4月、改正案を正式に採択）されている。また、2023年2月、RED 委任規則案でライフサイクル GHG 排出量算定方法などが提示（2023年3月、欧州議会・EU 理事会において政治的合意に到達）された。これらの政策では、リサイクルカーボン燃料（RCF）及び非バイオ由来再生可能燃料（RFNBO）は脱炭素化が困難なセクターにおける温室効果ガス排出の削減に重要なものとされており、これら燃に該当すると考えられる合成メタン等に関連する海外の政策動向等にも留意する必要がある。

そのため、本事業では、合成メタン・水素・バイオガス・バイオメタン（以下、合成メタン等）に関する海外の政策・制度等や国際的なレポート等の調査等を実施し、その結果の分析を行うとともに、今後の国内外における合成メタン等の事業実現等に向けた施策立案等に資する調査を行った。

2. 合成メタン等のレポート調査

IEA 等の国際機関におけるガス体エネルギーに関するレポートのうち、合成メタン等に関する情報を収集するため、下記レポートを対象に調査を実施した。

表 2-1 本調査で対象としたレポート一覧

発行機関	レポート名称
IEA	Gas Market Report (2023 Q2-4、2024 Q1)
	Global Hydrogen Review
	Renewable gas – Deployment, markets and sustainable trade
IRENA	World Energy Transitions Outlook 2023
Global Alliance Powerfuels	Study: Powerfuels in a Renewable Energy World – Global Volumes, Cost and Trading 2030 to 2050
Hydrogen Council	Hydrogen Insights 2023
IPHE	International Trade Rules for Hydrogen and its Carriers
Gas for Climate	Manual for National Biomethane Strategies
JRC	Renewable Fuels of Non-biological Origin in the European Union - 2023 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets

2.1. IEA が発行するレポート

International Energy Agency (IEA : 国際エネルギー機関) は、1974 年に設立された機関であり、エネルギー安全保障の確保、経済成長、環境保護、世界的なエンゲージメントを目標に掲げ、エネルギー政策全般をカバーしている機関である。また、世界のクリーンエネルギーへの移行を支援すべく、各種分析や政策提言等を行っており、様々なレポートを発信している。

本調査においては、合成メタン等に関するレポートから下記を対象として調査を実施した。

表 2-2 本調査で対象とした IEA 発行のレポート一覧

レポート名称	概要
Gas Market Report	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4 半期ごとに発行されるガス市場レポート。 ・ 市場動向や短期見通しに加え、排出量削減の取組として e-methane を特集する等、ガス関連の動向幅広く整理。
Global Hydrogen Review	<ul style="list-style-type: none"> ・ 世界の水素の生産・需要、インフラ整備、貿易、政策、規制、投資、技術革新等の進捗状況を整理したレポートであり、毎年発行。

2.1.1. Gas Market Report

IEA は、ガスの市場動向などを追跡するレポートとして、「Gas Market Report」を四半期に 1 回のペースで発効している。今回は、2023 年第 2 四半期～2024 年第 1 四半期に発効されたレポートのうち、合成メタンなどに関連する報告内容を整理した。

(1) Gas Market Report, Q2-2023

IEA は 2023 年 5 月に、「Gas Market Report, Q2-2023」を公表した¹。本号では、気象条件やロシア・ウクライナ戦争の影響を踏まえた 2023 年のガスの需給予測と、合成メタンの動向の 2 つのトピックを扱っている。ここでは、合成メタンの動向のトピックについて整理する。

本レポートでは、合成メタンの精製技術として、触媒メタン化 (Catalytic methanation) と生物学的メタネーション (Biological methanation) の 2 種類があると整理している。前者は触媒を用いてメタネーションを実施する技術であり、高温 (200-700°C)・高圧 (1-100 bar) 環境で行われ、TRL はレベル 7、システム効率葉約 80%に達するとしている。後者は微生物を用いてメタネーションを実施する技術であり、比較的低温 (30-70°C)・低圧の環境で実施できるのが強みであるが、技術はまだ商業利用が可能な状態ではなく、効率も 55-60%にとどまるとしている。

合成メタンのデメリットとして、エネルギー効率が悪い点を挙げており、電気分解とメタネーションの 2 段階の反応を経ることで、一次エネルギーの約半分が失われてしまうと言及している。また、独自の炭素バリューチェーンと排出量算定方法を開発する必要もあるとしている。また、投資コストと運用コストはともに高く、足下では 50-200 米ドル/MBtu²であると見積もっており、低排出水素と比較してかなり高いとしている。生産コストの将来見通しとしては、Announced Pledges Scenario (各国政府が発表している NDC や政策、コミットメント等が実施されるシナリオ) では、2030 年には 25-110 米ドル/MBtu²まで下がる見通しを立てている (図 2-1)。

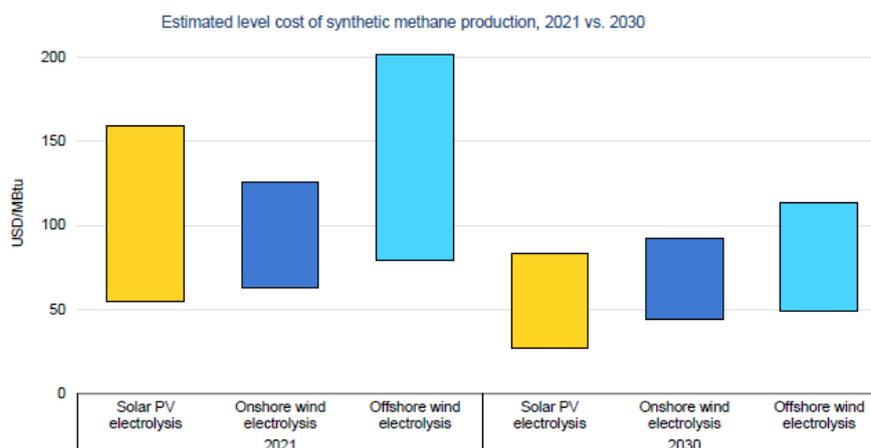


図 2-1 2021 年と 2030 年の合成メタンの製造コストの予測¹

他方で、合成メタンのメリットとして、既存のガスインフラで利用できる点を挙げており、新規の貯留・輸送インフラの整備コストを抑えられると言及している。また、水素と比較し

¹ <https://www.iea.org/reports/gas-market-report-q2-2023>

² MBtu : Million British thermal units. 1MBtu ≒ 25m³ と想定した場合、50-200 米ドル/MBtu ≒ 2-8 米ドル/m³、25-110 米ドル/MBtu ≒ 1-4.4 米ドル m³。

て貯蔵方法の選択肢が多い点もメリットとして挙げており、季節的または短期的なエネルギー需要の変動に対応する上で、合成メタンは重要な役割を果たす可能性がある」と指摘している。また、エネルギー密度が高いため、地域冷暖房や高温帯の工業プロセスや肥料生産などの複数の分野で、水素よりも利用に適している可能性がある」と整理している。

(2) Gas Market Report, Q3-2023

IEA は 2023 年 7 月に、「Gas Market Report, Q3-2023」を公表した³。本号は、IEA が年次で発表している「Global Gas Security Review」と統合された形で公表された。そのため、本資料の多くは、ロシアのウクライナ侵攻に伴うガス供給の安全保障などに焦点が当てられているが、「System integration of low emission gases⁴」のトピックについても触れられており、ここではその部分の記載内容を整理する。

既存のガスネットワークへの低排出ガスのネットワークの統合が進むと、ガスシステムは多くの点で変化するだろうと言及している。具体的には、ガスのサプライチェーンの複雑化・分散化が進み、ガスの品質の多様性・変動性が生じ、ガス供給の柔軟性が生じることになるだろうと指摘している。なかでも、低排出ガスのネットワークの統合においては、「大規模なガス貯蔵」と「海運での利用」の 2 点が重要な側面になるとしており、詳しく整理している。

「大規模なガス貯蔵」に関しては、特に水素とバイオメタンにおいて重要であると指摘している。まず、バイオメタンについては、生産量の変動性が短期的な時間レベルおよび季節レベルの双方において小さく、生産の柔軟性が低いため、生産設備が地下貯蔵設備にアクセスできるようにすることが重要であると指摘している。バイオメタン政策設備の多くは配ガスネットワークにつながっている一方で、地下貯蔵設備の多くは送ガスネットワークに接続されているため、排ガスネットワークから送ガスネットワークへのガスを流すための Bidirectional compressor station (双方向圧縮機ステーション) の整備が必要であるとしている。現在欧州では 10 基の双方向圧縮機ステーションがあり、さらに 20 基以上が建設中である。

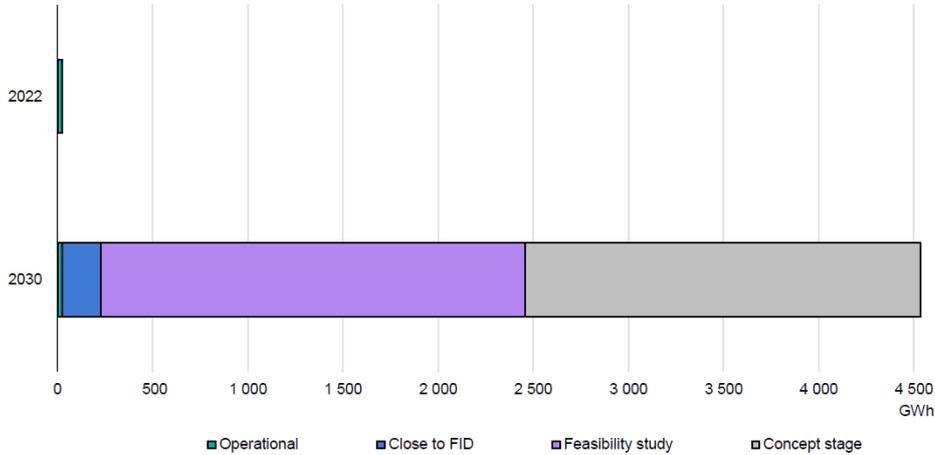
水素についても同様に、需給の変動に対応するために貯蔵が重要であるとしている。塩洞窟 (salt cavern) への水素貯蔵は既の実証済みの技術であり、その貯蔵能力の開発に向けた検討が進んでいる。また、塩洞窟以外の方法として、多孔質層への貯蔵に向けた実証も進んでいると言及している。IEA の集計によれば、欧州では 2030 年までに 4.5TWh 以上の地下貯蔵能力が開発される見通しであるが、そのほとんどがまだ FID に達しておらず、早急に取り組みを進めていく必要があるとしている (図 2-2)。

³ <https://www.iea.org/reports/global-gas-security-review-2023>

⁴ IEA は、バイオメタン、低排出水素、合成メタンなどを合わせて低排出ガス (Low-Emission Gas) と呼称している。なお、ここでいう“低排出水素”には、再生可能エネルギーや原子力エネルギー、バイオマス、CCUS 付き火力による電力を用いた電解によって生成される水素を指す。“合成メタン”については、電解水素で生成される合成メタンを指す。

European hydrogen storage development will require stakeholders to make concentrated efforts

Underground hydrogen storage capacity development in Europe by 2030



IEA. CC BY 4.0.

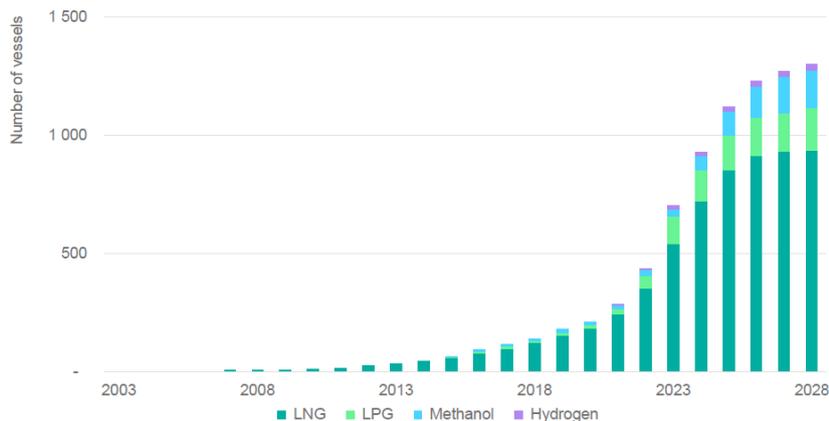
Sources: IEA analysis based on project announcements.

図 2-2 欧州における水素の地下貯蔵能力の開発状況³

「海運での利用」については、国際海運は排出削減が難しいセクターであるため、その脱炭素化において液化低排出ガスが重要な役割を果たす可能性がある」と指摘している。特に液化バイオメタンおよび液化合成メタンについては、重油から LNG への燃料転換が足下で進んでいるなかで、その LNG 船のインフラをそのまま利用できるというメリットがあるとしている。また、メタノール（合成メタノールやバイオメタノールを含む）や低排出水素、アンモニアなどへの燃料転換についても実証プロジェクトなどが増えてきているとしている。

The number of ships running on alternative fuels on order for delivery by 2028 is rising sharply

Growth in the use of alternative fuels in the world fleet, 2003-2028



IEA. CC BY 4.0.

Note: LNG carriers are not included in the LNG figures.

Sources: IEA analysis based on DNV's [Alternative Fuels Insights for the shipping industry – AFI platform data as of 9 July 2023](#).

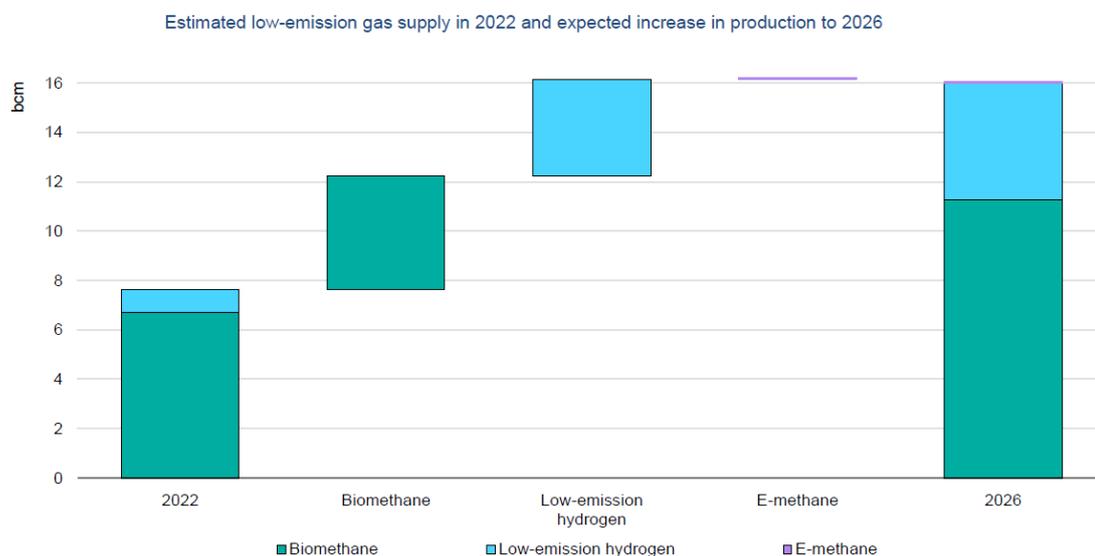
図 2-3 代替燃料で運航する船舶数の想定（2003-2028年）³

(3) Gas Market Report, Q4-2023

IEA は 2023 年 10 月に、「Gas Market Report, Q4-2023」を公表した⁵。本号では、2026 年までの世界のガス需給動向と、アフリカのガス市場の動向、そして低排出ガスの中期的見通しの 3 つのトピックを扱っている。ここでは、低排出ガスの中長期的見通しの部分について整理をする。

本レポートでは、低排出ガスの供給量は 2022 年から 2026 年で 8bcm⁶増加すると試算している（図 2-4）。バイオメタンについては、その増加量のうち 55%程度（4.5bcm⁶程度）を占め、中期的には低排出ガスの供給の中心になると予測している。低排出水素は生産量が 3 倍になると予測しており、低排出ガスの増加量の約半分（3.9bcm⁶程度）を占めると見込んでおり、一方で合成メタンについては、2026 年までの間に普及するのは難しいと指摘しており、サプライチェーンの構築や効果的な支援メカニズムを確立するのに時間がかかることを理由に挙げている。

Biomethane is expected to dominate low-emission gas supply over the medium term



IEA. CC BY 4.0.

図 2-4 2022 年から 2026 年の低排出ガスの供給量の増加予測⁵

中期的には低排出ガスの中心になると指摘されたバイオメタンについては、北米と欧州がその生産量の成長をけん引すると整理されている。米国では 2021 年から 2022 年の間にバイオメタンの生産量が 0.35bcm⁶増加し、2bcm⁶に到達したと整理しており、その増加要因は運輸部門での利用増加であるとしている。2022 年の米国のバイオメタン使用量のうち約 9 割は運輸部門であるという。また、原料については 7 割が固形廃棄物によって賄われているという。他方で欧州では、バイオメタン生産工場のうち約半数がグリッドに接続しているのが特徴である。原料については、農業残渣が 35%以上を占め、エネルギー作物（30%）、有機廃棄物（24%）と続くという。国別でみると、ドイツが 1bcm⁶以上で欧州トップの生産量となっている。第 2 位はフランスで、その生産量は 2021 年から 60%以上増加して、0.7bcm⁶に到達しており、拡大が著しいと指摘している。また、米国と欧州以外では、ブラジルやインドでも普及促進に向けた政策が進んでおり、今後の成長が見込まれるとまとめている。

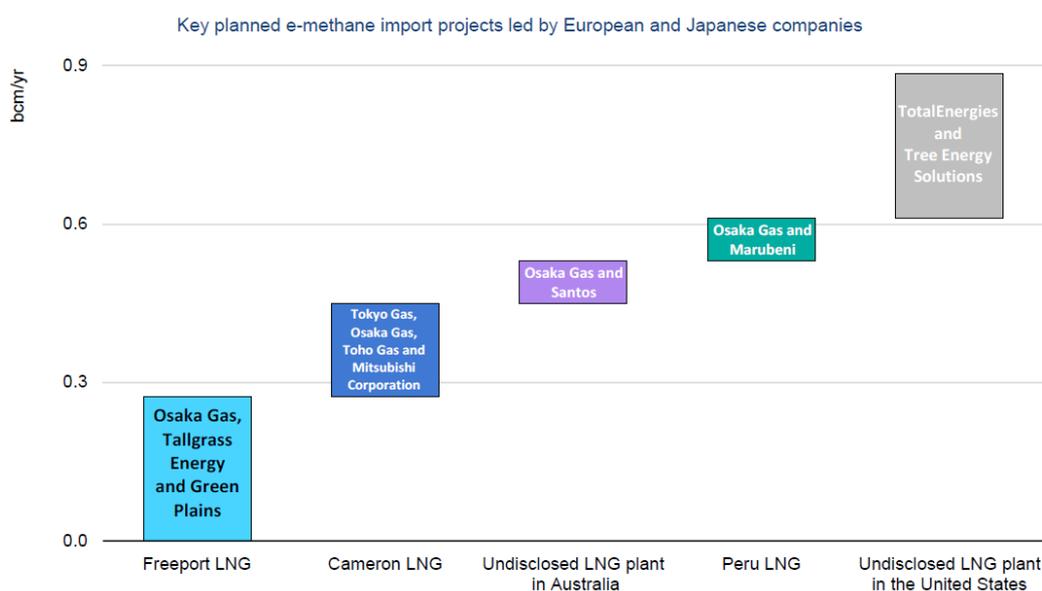
⁵ <https://www.iea.org/reports/medium-term-gas-report-2023>

⁶ bcm : billion cubic meters。1bcm=10 億m³。

中期的に大きく生産量が伸びると指摘された低排出水素については、米国、欧州、中国で急速に成長していくと整理されている。現在の水素生産プロジェクトの多くは、まだ開発の初期段階にとどまっているが、約 20%は既に操業または FID の段階になっているとしており、それらのプロジェクトから 2026 年までに年間約 2Mt⁷の生産に到達することが見込まれるとしている。2022-2026 年の増加量のうち、約半分は CCUS を用いたブルー水素であると予測している。

合成メタンについては、日本で検討が先行していると言及しており、現在検討されている合成メタン輸入プロジェクト⁸を積み上げると、2030 年までに 0.45Mt/年 (0.6bcm⁶/年) の合成メタンが日本に輸入される可能性があるとして指摘している (図 2-5)。また、欧州の ENTSOG (欧州ガス輸送事業者ネットワーク) は、欧州域内の合成メタンの生産量が 2030 年までに 0.2bcm⁶/年、2050 年に 2-4bcm⁶/年に到達すると予測、フランスガス協会はさらに高く見積もり、フランス国内の合成メタンの生産量を 2030 年までに 0.3bcm⁶/年、2050 年までに 5.4bcm⁶/年と予測していることを紹介している。また、欧州で動いているプロジェクトとして、Total Energies と Tree Energy Solutions 社が米国で検討している開発プロジェクトを紹介しており、本プロジェクトはインフレ削減法に基づく税額控除の恩恵を受けることが期待されていると指摘している。

Japanese and European companies are targeting international e-methane supply chains



IEA. CC BY 4.0.

Sources: IEA analysis based on various news reports and company announcements.

図 2-5 日本と欧州で現在検討されている合成メタンプロジェクトの生産量予測⁵

(4) Gas Market Report, Q1-2024

IEA は 2024 年 10 月に、「Gas Market Report, Q1-2024」を公表した⁹。本号では、2023 年の世界のガス関連動向を整理するとともに、低排出ガスについてもトピックとして扱っ

⁷ 水素の単位換算 (11.2Nm³/kg) を用いると、約 224 億 m³

⁸ ここでは、大阪ガスらの Freeport LNG のプロジェクト、東京ガスらの Cameron LNG プロジェクト、大阪ガスらの豪州の LNG プラントでのプロジェクト、大阪ガスらの Peru LNG のプロジェクトの 3 件を想定している。

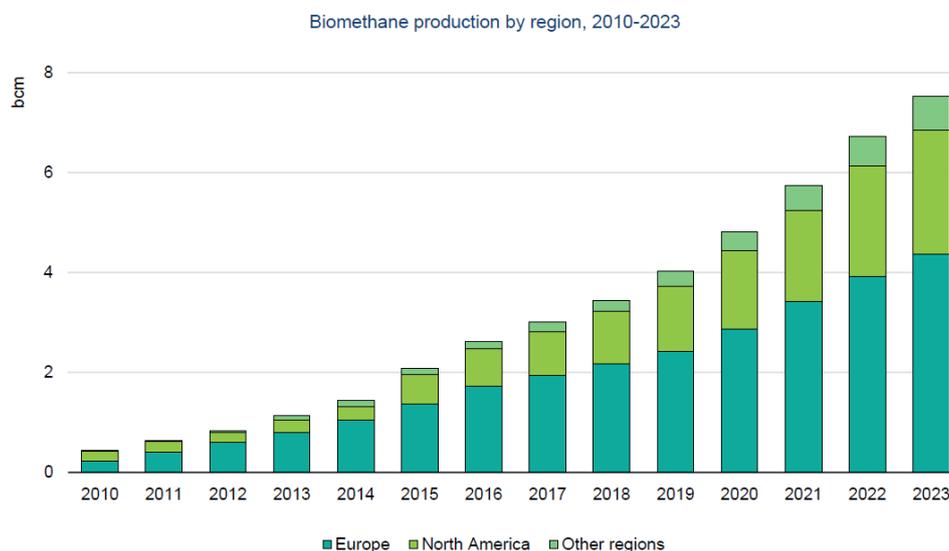
⁹ <https://www.iea.org/reports/gas-market-report-q1-2024>

ている。ここでは、低排出ガスのトピックに焦点を当てて記載内容を整理する。

バイオメタンについては、2022年から12%の増加が見られ、2023年の生産量は約8bcm⁶に達したと整理している（図2-6）。米国や欧州、ブラジル、中国、インドなどでその増加が顕著であり、欧州では特にフランスは、前年比で0.2bcm⁶増加し、2023年の生産量は0.9bcm⁶に到達して、デンマークを抜いて欧州第2位の生産量となったと言及している。

水素については、欧米各国で生産を支援する制度が立ち上がりつつあると整理している。特に欧州では、水素専用パイプラインの開発の検討も本格化しているとしており、各国の計画状況などを積み上げて試算すると、2030年初頭までに欧州で約30,000kmの水素専用パイプラインが建設される可能性があるとしている。また、合成メタンについては、研究開発と実証プロジェクトを促進するために、生産側と需要側で国際協力を進めていく必要があると指摘しており、実際に日本と欧米を中心に企業間または政府間で様々な協力体制が強化されていると整理している。

...primarily supported by Europe and North America



IEA. CC BY 4.0.

Sources: IEA analysis based on Argonne National Laboratory (2024), [Renewable Natural Gas Database](#); Biogas Partner (2024), [Biogaspartner Einspeiseatlas Deutschland](#); Cedigaz (2023), [Global Biomethane Database](#); Energinet (2024), [Energi Data Service](#); ODRE (2024), [Production Quotidienne Consolidée de Biométhane sur le réseau de transport et de distribution par Opérateur](#).

図 2-6 地域別のバイオメタン生産量の推移（2010-2023年）⁹

2.1.2. Global Hydrogen Review

IEAは、世界の水素の生産と需要、またインフラ整備、貿易、政策、規制、投資、技術革新などの重要な分野の進捗状況の取りまとめとして、Global Hydrogen Reviewを年次で発行している。

Global Hydrogen Review 2023は2023年9月に発行されており、2023年のレポートでは、低排出水素¹⁰の需要創出に焦点が当てられている。持続可能なエネルギーシステムへの移行において、水素が確実に役割を果たすために必要と考えられる道筋について、政府、産業界、その他の関係者に情報を提供することを目的としている。

¹⁰ Low-emission hydrogen：植物や再生可能エネルギー・低排出エネルギーを動力源とする工業プロセスを通じて生産される水素（IEA ウェブサイト：<https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels>より）

本レポートでは、低排出水素の製造が今後大きく成長する可能性があるとする一方、水素の需要は依然として既存用途に集中しており、使用されている炭素の大半が化石燃料から製造されていること、気候変動に関する目標達成には、新たな用途への水素利用の拡大が急務であると述べている。

表 2-3 Global Hydrogen Review の構成

Chapter	目次
1	Executive summary
2	Introduction
3	Hydrogen use
4	Hydrogen production
5	Trade and infrastructure
6	Investment, finance and innovation
7	Annex

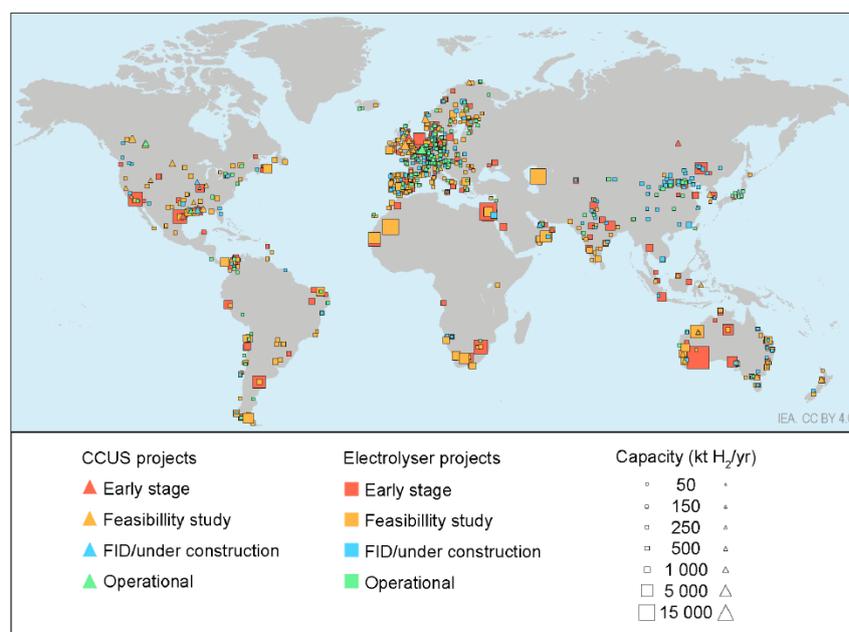
(出典) IEA 「Global Hydrogen Review」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(1) 概要

【低排出炭素の製造と課題】

低排出水素の製造は 2030 年までに大きく成長する可能性があるが、費用面の課題が普及の妨げになっている。図 2-7 のとおり、低排出水素製造のプロジェクトの発表数は急速に増加している一方で、設備コストや資金コストの増大により、プロジェクトはリスクにさらされており、政府による支援効果が減少している。また、各国政府は、初期の大規模プロジェクトを支援する資金を準備し始めたが、支援の実施スピードが遅いため、プロジェクト実施者の投資決定が遅れている。

Figure ES.1 Map of announced low-emission hydrogen production projects



IEA. CC BY 4.0.

図 2-7 公表されている低排出水素製造プロジェクトのマップ

【低炭素水素の需要喚起】

低排出水素の利用拡大は水素取引を始めるきっかけとなる一方、低排出水素の需要を喚起する取り組みは気候変動問題の対応に遅れをとっている。

水素需要は2022年に歴史的な高水準に達したが、依然として従来の用途に集中している。また、低排出水素の利用を促進する政策が近年注目され始めたが、気候変動目標の達成にはまだ不十分である。民間セクターでは、オフテイク契約を通じた低排出水素が導入され始めているが、このような取り組みは小規模にとどまっている。また、国際イニシアチブは、低排出水素の需要創出に役立つと考えられるが、イニシアチブからの需要シグナルは不明確であるとしている。

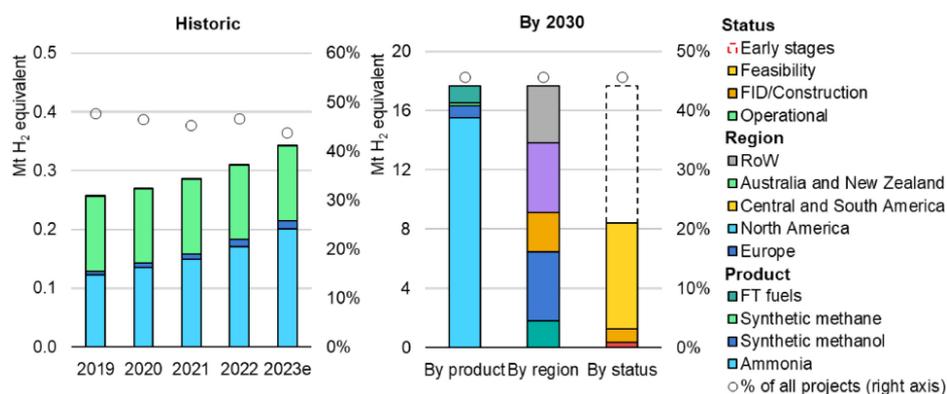
【低炭素水素の普及】

低排出水素を推進する気運は高いが、実際の普及は進んでいない状況である。また、水素の普及には、規制と認証が障壁となっているため、この問題の解決には国際的な協力が不可欠である。また、低炭素水素によって得られる機会を活用するために、各国政府は多方面にわたる政策措置を強化する必要があるとしている。

(2) 水素の製造

本レポートによると、水素ベースの燃料生産は、2030年までに急成長する可能性があり、全プロジェクトによる水素生産のほぼ50%を占めるとされている（図2-8）。特に成長が見込まれているのはアンモニアであり、合成メタンの生産量はアンモニアに続いて二番目とされている。他方で、近年は合成メタンの追加生産が始まっていない。なお、アンモニア、メタノール、合成炭化水素（合成メタン、ディーゼル、ケロシン）は、貯蔵や輸送が水素よりも容易であり、多くの場合、既存のインフラと需要機器を使用できる。一方で、水素から燃料への変更に、追加のコストやエネルギー、原料が必要である点が指摘されている。

Figure 3.16 Global hydrogen-based fuel production by fuel, region and status, historical and based on announced projects



Notes: FID = final investment decision; FT = Fischer-Tropsch; RoW = rest of world.
Source: IEA Hydrogen Projects, (Database, October 2023 release).

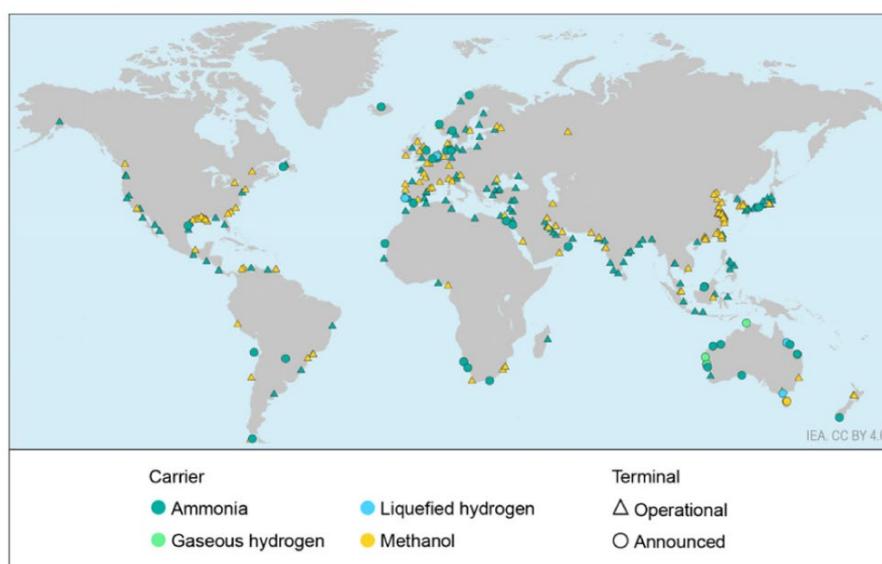
Hydrogen-based fuels production, in particular for ammonia, could grow rapidly by 2030 based on announced projects, accounting for almost 50% of hydrogen production from all projects.

図 2-8 公表済みプロジェクトの燃料別・地域別の水素ベース燃料の生産量の推移

(3) 貿易とインフラストラクチャー

液化プラントなどの天然ガスやアンモニアの輸出インフラは、主に天然ガス資源が豊富な地域に偏在しているが、輸入インフラはより広い地域に普及している。世界には、40以上の港に100以上の天然ガス液化プラントがあり、150近くの港に160以上の天然ガス再ガス化プラントがある（図 2-9）。また、約150の港がアンモニアを取り扱うことができるため、アンモニアが発表されている新規プロジェクトの大半を占める形となっている。さらに、一部のLNG再ガス化ターミナルは、合成メタンの輸入に関心を示している。

Figure 4.8 Existing and announced port infrastructure projects for hydrogen and hydrogen-based fuels trade



IEA. CC BY 4.0.

Notes: LOHC= liquid organic hydrogen carriers.

Almost 150 terminals for ammonia already exist and – while ammonia dominates the new project announcements – port facilities for other carriers are also being planned.

図 2-9 水素・水素ベース燃料に関する既設・公表済みの港湾インフラのプロジェクト

(4) 投資と金融、技術開発

水素関連技術の成熟度合いはサプライチェーン上で大きく異なっており、低排出ガス水素の供給は需要側に比べてかなり発展している。本レポートによると、低排出水素の生産技術は十分に発展しており、技術革新は大きな進歩を続けている（図 2-10）。一方で、需要側の技術については、水素が重要な役割を果たすと予想されているセクターの技術が成熟しておらず商業化されていない。また技術革新のペースも遅いと指摘している（図 2-11）。

Figure 5.7. Technology readiness levels of production of low-emission hydrogen and synthetic fuels, and infrastructure

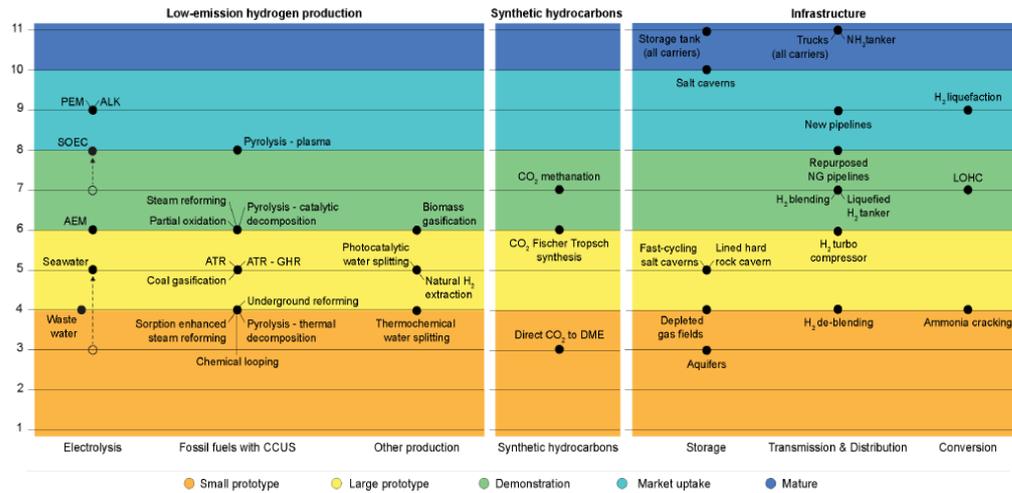


図 2-10 低排出ガス水素および合成燃料の製造とインフラの技術開発レベル

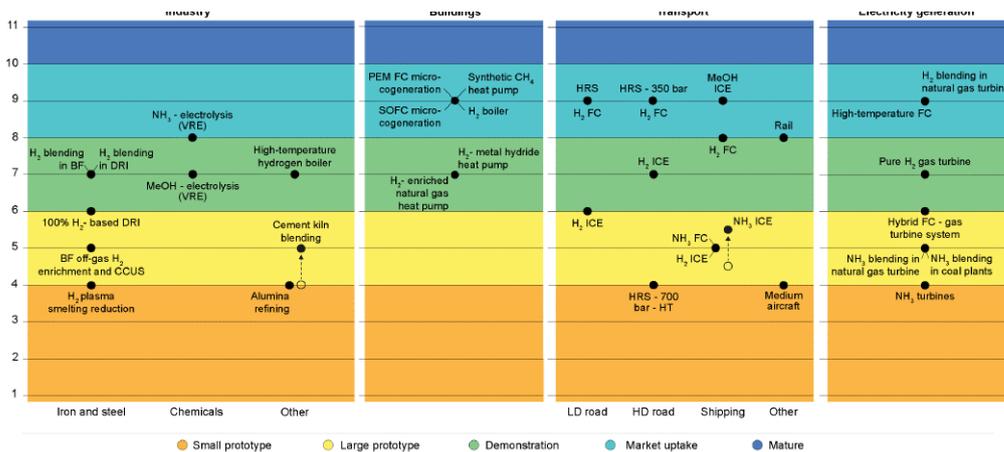


図 2-11 水素最終用途のセクター別技術開発レベル

図 2-12 に示すとおり、世界における水素に関連した特許は急増しており、主な分野は気候変動関連技術で、大部分は欧州と日本である。一方、排出量の削減が困難な分野での水素利用に関連した技術の特許取得活動は、依然として著しく低い状況である。アンモニアとメタノールの製造に関して確立された水素の応用技術は、2000 年代後半以降に増加しており、アンモニア製造関連の特許では欧州と日本がリードしており、メタノール製造関連の特許では欧州がリードしている。なお、過去 10 年で、LOHC¹¹とアンモニア分解技術の特許は緩やかに成長しているが、水素ベース燃料（合成ケロシン、合成ディーゼル、合成メタンなど）の開発における技術革新は勢いを失っており、欧州と米国が主導する取り組みは停滞している。

¹¹ Liquid Organic Hydrogen Carrier。気体の水素をトルエンと触媒反応させ、水素キャリアの一つである MCH（メチルシクロヘキサン）に転換する技術。

Figure 5.11. Patenting trends in technologies that consume hydrogen, 2001-2021

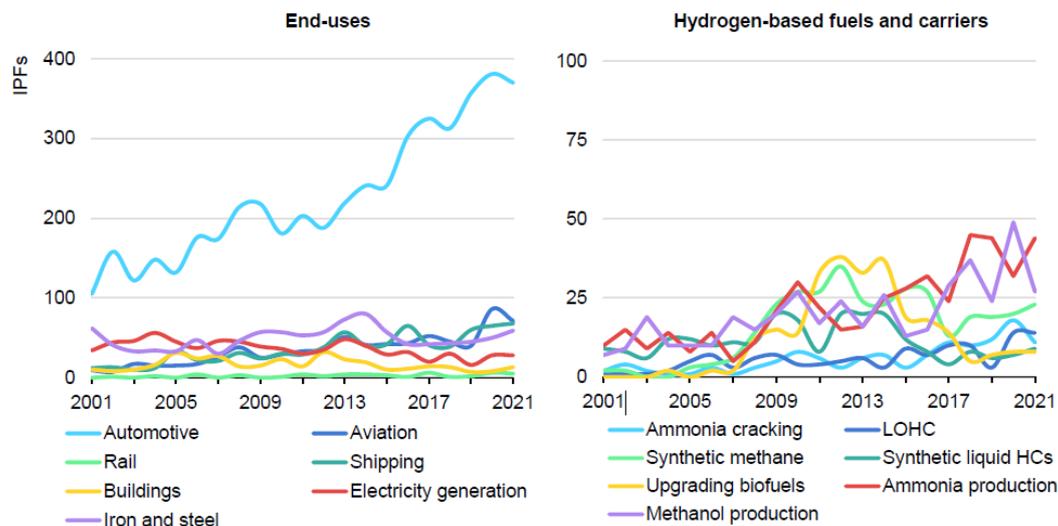


図 2-12 水素消費技術の特許動向 (2001-2021 年)

(5) 政策

本レポートによると、Global Hydrogen Review 2022 (2022 年 9 月) から、15 か国が新たな国家水素戦略を採択し、日本を含む 4 か国が国家水素戦略を更新した (表 2-4)。現在、世界のエネルギー関連 CO2 排出量の 80% 近くを占める 41 か国が水素戦略を採択している。なお、合成メタンについては、日本のみが言及している。

表 2-4 2022 年 9 月以降の各国の水素ロードマップと戦略

政府	内容
アルジェリア	2030 年までにパイロット事業に焦点を当て、セクターを立ち上げ、2040 年までに 30-40TWh の水素および水素燃料を製造・輸出する
ブラジル	「The 2023-2025 Triennial Work Plan of the National Hydrogen Program」において、3 つのタイムテーブルで国家戦略を定めている。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 2025 年まで：低排出水素パイロットプラントをブラジル全土に展開 ・ 2030 年まで：ブラジルを競争力のある低排出水素生産国として統合 ・ 2035 年まで：ブラジルにおける低排出水素ハブを統合
コスタリカ	2030 年までに 0.15-0.50 GW の電解能力を導入し、液化石油ガスの 8-10% をグリーン水素に置き換え、燃料電池電気自動車を 100~250 台、燃料電池大型トラックを 200~600 台導入する
エクアドル	2040 年までに 3 GW の電解槽を設置。国内での水素利用および国際市場への輸出の規制を設定する
インド	2030 年までに 5 Mt のグリーン水素を生産 (それに伴い 125 GW の再生可能エネルギー容量を追加)。輸出を合算すると年間 10 Mt に達する可能性もある。また国内の電気分解槽製造業の発展にも関心を示す
イスラエル	計画では地下貯蔵の検討とともに、水素を国のエネルギー・ミックスに統合する選択肢を探る
ケニア	2032 年までに 150-250 MW の電解槽を設置し、300~400 kt の窒素肥料を生産する。輸入肥料への依存を減らすため、地元の「グリーン」肥

政府	内容
	料産業を発展させる
ナミビア	2030年までに1-2 Mt、2050年までに10-15 Mtのグリーン水素を生産する。3つの水素バレーを開発し、水素の製造・利用を開始する
パナマ	輸送分野では、2030年までに海上燃料給油用の水素と誘導体を5%に増やす。2030年までに0.5 Mtの水素を製造する
シンガポール	シンガポールを太平洋地域における水素と水素燃料のハブにする。発電に力を入れており、2050年には電力需要の最大50%を水素で賅う。航空や海運分野も同様
スリランカ	ロードマップに2030年までに水素派生物を輸出する計画を含む。
トルコ	2030年までに2 GW、2035年までに5 GW、2053年までに70 GWの電解槽を設置。また、ブルー水素製造の実証プロジェクトを支援する
アラブ首長国連邦	戦略では再生可能エネルギーと原子力発電を利用した電気分解とCCUSを利用した天然ガスの組み合わせにより、2030年までに1.40 Mt、2040年までに7.5 Mt、2050年までに15 Mtの水素を製造する
アメリカ	2030年までに10 Mt、2040年までに20 Mt、2050年までに50 Mtのクリーン水素を製造。3年ごとに更新（超党派インフラ法で義務付け）
ウルグアイ	2030年までに1~2 GW、2040年までに10 GWの電解槽を設置。短期的には国内需要に、長期的には輸出に重点を置く。
ベルギー (更新 ¹²⁾)	4つの柱を軸としたビジョンを示す：①欧州における再生可能水素の輸入・輸送ハブになる、②技術面でのリーダーシップを拡大する、③強固な国内市場を確立する、④国際協力を行う
ドイツ (更新 ¹²⁾)	2030年までに10 GWの電解槽を設置し、天然ガスの割合を増やすために産業と運輸における需要を増加。1,800 km以上のパイプライン・インフラを整備する
日本 (更新 ¹²⁾)	2040年までに水素需要12Mtを中間目標に（2030年に3 Mt、2050年に20 Mtという従来目標を補完）。2030年までに既存ネットワークのガス供給の1%を合成メタンで賅い、2050年までに90%まで増加。世界全体で15 GWの水電解装置を導入。輸送（FCEVs）や鉄鋼や石油化学産業での水素利用に重点を移す
韓国 (更新 ¹²⁾)	2030年までに総発電量の2.1%、2036年までに7.1%を水素とアンモニアで賅う目標に更新。2023年末までにクリーン水素認証メカニズムの枠組みを構築する

(出典) IEA「Global Hydrogen Review」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

また、水素および水素ベースの燃料に関する既存および計画中の規制枠組みと認証制度は下表のとおり（表 2-5）。

¹² 2022年9月に公表された「Global Hydrogen Review 2022」から更新

表 2-5 水素・水素ベースの燃料に関する既存・計画中の規制枠組みと認証制度の概要

政府	名前	目的	製品	状況	基準
オーストラリア	Guarantee of Origin certificate scheme	ボランティア	水素・水素キャリア	開発中	基準なし。唯一の要件は、製造された水素に排出量算定方法を導入すること
カナダ	Clean Hydrogen Investment Tax Credit	規制、税額控除	水素・アンモニア	開発中	特定の排出原単位 (<0.75、0.75-2、2-4g CO ₂ -eq/g H ₂) 以下の生産。アンモニアは<4g-CO ₂ -eq/g H ₂ -eq
デンマーク	Guarantee of Origin certificate scheme	ボランティア	水素・水素燃料	実施中	再生可能エネルギー電気による製造
EU	Renewable Energy Directive II	規制、再生可能エネルギー目標に算入	水素・水素燃料	実施中（クレジットは開発中）	時間的・地理的相関性と再生可能エネルギー発電の付加性に関する基準を満たす電力（または 65 g Co ₂ -eq/kWh 未満の系統電源）による製造
フランス	France Ordinance No. 2021-167	規制、公的支援制度へのアクセス	水素	開発中	低炭素水素：3.38g-CO ₂ -eq/g H ₂ 未満の製造。再生可能水素：3.38g-CO ₂ -eq/g H ₂ 未満の、再生可能な資源による製造
日本	Basic Hydrogen Strategy	規制、公的支援の利用	水素・水素燃料	開発中	3.4 g CO ₂ -eq/g H ₂ 未満の製造
韓国	Clean Hydrogen Certification Mechanism	規制、公的支援の利用	水素	開発中	4 g CO ₂ -eq/g H ₂ 未満の製造
インド	Green Hydrogen Standard for India	規制、公的支援の利用	水素	開発中	再生可能エネルギーによる 2 g CO ₂ -eq/g H ₂ 未満の製造
イタリア	Guarantee of Origin certificate scheme	ボランティア	電力・再生可能ガス（水素含む）	実施中	再生可能エネルギーによる製造
オランダ	Guarantee of Origin certificate scheme	ボランティア	水素	実施中	再生可能エネルギー由来の電気による製造

政府	名前	目的	製品	状況	基準
スペイン	Guarantee of Origin certificate scheme	ボランティア	再生可能ガス	実施中	再生可能エネルギー由来の電気による製造
イギリス	Low Carbon Hydrogen Standard; Certification Scheme	規制、公的支援の利用	水素（輸送での利用）	実施中（クレジットは開発中）	2.4 g CO ₂ -eq/g H ₂ 未満の製造
イギリス	Renewable Transport Fuel Obligation	規制、公的支援の利用	水素	開発中	再生可能エネルギーによる 4.0 g CO ₂ -eq/g H ₂ 未満の製造
アメリカ	Clean Hydrogen Production Standard; Tax Credit.	規制、公的支援の利用	水素	開発中	一定の排出原単位レベル（<0.45、1.5、2.5、4g-CO ₂ -eq/g H ₂ ）以下の生産への投資税額控除支援

（出典）IEA「Global Hydrogen Review」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

（6）政策提言

本レポートに挙げられている政策提言は以下のとおりである。

- ✓ 低排出水素の製造と使用に対する支援スキームを早急に導入するべきである。
- ✓ 特に既存の水素利用において、低排出水素の需要創出を刺激するため、より大胆な行動をとるべきである。
- ✓ 国際協力を促進し、水素認証と認証の相互承認に関する解決策を迅速化するべきである。
- ✓ 特にプロジェクトの許認可に関して、規制上の障壁に迅速に対処すべきである。

インフレ期の勢いを維持し、地域的な拡大を図るため、プロジェクト開発者を支援するべきとされている。

2.1.3. Renewable gas – Deployment, markets and sustainable trade

IEA Bioenergy は、バイオエネルギーの研究・開発等において各国間の協力と情報交換を改善することを目的として、IEA によって 1978 年に設立された TCP（技術協力プログラム）の一つである。

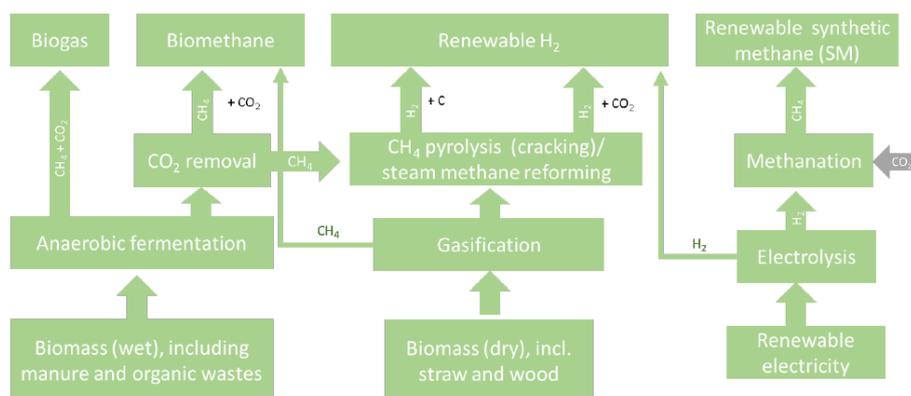
IEA Bioenergy は 2022 年 3 月に、「Renewable gas – Deployment, markets and sustainable trade」と題し、IEA 各国及びそれ以外の国々における、エネルギー市場への再生可能ガスの導入の見通しをまとめたレポートを発行しており、IEA 諸国のエネルギー市場におけるバイオガス、バイオメタン、その他の再生可能ガスの普及を支援する様々なメカニズムの展望、機会、課題について最先端の外観を提供することや再生可能ガスの技術および持続可能性に関する問題を議論し、政策立案者に対する提言を行うことを目的としている。また、2°Cを十分に下回る世界の地球温暖化シナリオにおいて再生可能ガスが果たす役割について考察している。

表 2-6 Renewable gas – Deployment, markets and sustainable trade の構成

Chapter	目次
	Objectives of the IEA Bioenergy Strategic Intertask Project “Renewable gases – deployment, markets and sustainable trade”
	Overall summary of key findings
	Introduction
1	Biomethane
2	Non-biogenic renewable gases
3	Renewable gas trade options and potentials

(出典) IEA Bioenergy 「Renewable gas – Deployment, markets and sustainable trade」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

Figure 2 Simplified overview of renewable gases production pathways



Source: Fritsche (2022); renewable synthetic methane (SM) is also referred to as renewable methane (RM)

図 2-13 再生可能ガス生産経路の概要

(1) バイオガスとバイオメタン

- ✓ 再生可能ガスは、2050年までに温室効果ガス排出量ネットゼロを目指す世界のエネルギーシステム的重要な構成要素となる¹³。
 - 再生可能ガスの中では、バイオメタンと水素が最も重要になる。
 - バイオメタンは、IEAのWorld Energy Outlookのシナリオにおいて、低炭素ガス供給の最大の供給源である。
 - バイオメタンはほぼ純粋なメタンであるため、天然ガスの送配電インフラやエンドユーザーの設備に変更を加えることなく利用できる。
- ✓ バイオメタン原料に関する複数の国での調査から、嫌気性消化を支援するほぼすべての国が、糞尿や廃棄物の使用を奨励している。
 - エネルギー作物の利用はコストが高い。また、持続可能性と土地利用が主な問題点である。

¹³ Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. International Energy Agency. Paris (<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>)

- ✓ 嫌気性消化プロセスに基づくバイオメタン供給は、世界中で数多くの応用例をもつ実績のある技術であり、使用される基質やガス生産、改良、利用に関する技術も多種多様である。
 - 改良に使用される技術では、膜分離技術の市場シェアが増加している。
- ✓ 風力発電や太陽光発電のコスト低下により、バイオガス由来の電気の料金差が拡大しており、固定価格買取制度なければバイオガスは経済的でない。
- ✓ 現在の市場環境では、バイオメタンは、ほとんどの化石エネルギーとコスト競争力がないが、脱炭素経済への長期的移行にはカーボンプライシングが必要である。
 - 移行過程では、電力、ガス燃料、液体燃料など、エネルギー形態とキャリアの需要が変化する。
 - 2050年まで、ガス状エネルギーを生産する技術の競争は、需要、生産コスト（CO₂ 価格を含む）、代替技術の有無によって左右される。
 - ガス状エネルギーに対するどのような支援も、ガス利用に必要なインフラと技術オプションの利用可能性を考慮すべきである。
- ✓ 現在、包括的かつ分野横断的な CO₂ 価格設定がなされていない。再生可能ガス開発への支援は、製品の収益と生産にかかる財政努力の不足分との間でバランスをとる必要がある。
 - バイオメタンの生産や利用にインセンティブを与える制度やアプローチは数多くある。
 - 再生可能エネルギー比率の開発目標を義務化することで開発を強制することも可能だが、長期的にはどのような支援メカニズムも競争市場制度に推移しなければならない。
- ✓ このセクターを発展させるための戦略とインセンティブには、バイオメタン生産に利用可能な原料、原料へのアクセス改善とガス供給にかかる具体的なコストを反映する必要がある。
 - 投資は通常償却期間が長いのでインセンティブの期間保証は非常に重要である。
 - バイオメタンは、再生可能ガスの需要を完全に満たすことはできないため、水素のような他の再生可能ガスとの相互作用や互換性が強く推奨される。
 - 温室効果ガス削減に関して最大の利益を得るためには、Power-to-gas としてバイオメタンプラントと組み合わせることができる技術を戦略に含める必要がある。
- ✓ バイオガスからバイオメタンへの転換は、炭素回収・隔離（BECCS）や炭素回収・利用（BECCU）を伴うバイオエネルギーにとって有効な CO₂ 供給源である。

(2) 非生物起源の再生可能ガス

- ✓ 非生物起源再生可能ガスは、再生可能な電力によって製造される水素と、CO₂ 回収を伴うメタネーションを包含しており、特に、脱炭素化が難しいセクターにおいて重要である。
 - 脱炭素化計画の中に水素を位置づけるために、国家水素戦略を策定する国が増加しており、一部の国は非生物起源の再生可能メタンを含んでいる。
 - グリーン水素に焦点を当てた戦略の多くは、導入としてすでに化石由来の水素を消費している産業を想定している。また、航空、海運、長距離大型トラックなどの運輸セクターにおける、GHG 排出量の削減、大気質の改善、化石燃料への依存度の低減など、水素利用のコベネフィットに焦点を当てている。
- ✓ 北海、テキサス、ブラジルの地域的な事例の検証によると、再生可能な電力資源、電力網の GHG 強度、潜在的な CO₂ 発生源の種類などの地域的要因が、非生物起源再

再生可能ガスの経済的実現可能性、環境的な持続可能性、CO₂ 排出削減コストに影響する。

- 電気分解への余剰電力の使用は費用対効果が低い。一方、高い稼働率を維持するために系統電力を使用することの経済的・環境的実現可能性は、系統電力価格や温室効果ガス強度などの地域要因に強く依存する。
- 地域別に予想される水素の平準化コストの範囲は以下のとおりである。
 - 北海：2030年に4～7ドル/kg、2050年に3～6ドル/kg
 - テキサス：2030年に4～10ドル/kg、2050年に3～8ドル/kg
 - ブラジル：2030年に8～12ドル/kg、2050年に6～12ドル/kg
- ✓ 回収したCO₂を使用してメタネーションを行うことでコストは大幅に増加するが、既存のインフラや機器を使用できるという利点とのバランスを考慮する必要がある。
 - バイオメタンやバイオエタノールは、再生可能なCO₂であり、オフガス中のCO₂濃度が高いため、再生可能メタンの削減コストが最も低い。
- ✓ 水電解装置は、水素需要の近くに設置するよりも、再生可能な電力源の近くに設置する方が、費用対効果が高い

(3) 再生可能ガスの持続的な取引

- ✓ 再生可能ガスは、2050年までに温室効果ガス排出量ネットゼロを目指す世界のエネルギーシステムにおいて重要な構成要素であり、大幅な増加が必要である。また、国際取引は世界のエネルギーシステムの脱炭素化の重要な要素となる可能性がある。
 - 再生可能ガスの国際取引には、ガスパイプラインを通じた物理的なもの（あるいは液化ガスとして船舶によるもの）と、原産地保証のような証明書を通じた仮想的なものがある。
- ✓ 短期・中期的には、バイオメタンガスが国際的に取引される主要な再生可能ガスであり、ヨーロッパだけでなく、現在の取引量がかなり少ない中南米や北米、東南アジアでも成長が見込まれている。
- ✓ 長期的には、「グリーン」水素の国際的な取引に高い潜在力がある。
 - 2050年にグリーン水素を輸出する可能性がある国としては、国際的なパイプラインや港湾にアクセス可能であり、風力や太陽に恵まれた地域が挙げられる。（例：アフリカ（モロッコなど）、ヨーロッパ（ポルトガル、スペイン）、中南米（チリなど）、中東（サウジアラビアなど）、オセアニア（オーストラリア、ニュージーランド））
 - 水素の取引は、既存のガスパイプラインと新たな水素専用のパイプライン、または船舶による輸送によって行われる。2050年までに、グリーン水素の最大3分の1が国際的に取引されることになる。このシェアは、現在世界で取引されている天然ガスのシェアをわずかに上回る。
- ✓ グリーン水素とその派生物の取引には、「グリーン度」の定義と、それぞれの温室効果ガス排出基準値などの、規制上のハードルが残っている。

2.2. その他機関が発行するレポート

2.2.1. IRENA : World Energy Transitions Outlook 2023

IRENA (International Renewable Energy Agency) は、エネルギー変革を主導する国際的な政府間組織であり、国際協力の主要なプラットフォームとして機能し、各国のエネルギー転換を支援し、技術・イノベーション・政策に関する最先端のデータと分析を提供している。

IRENA は、「WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2023: 1.5°C PATHWAY」と題し、パリ協定の目標を反映したエネルギー転換のビジョンを概説したレポートを公表している。1.5°C目標達成に向けて、資金ギャップやエネルギー転換における障壁などの課題を整理し、今後必要とされる行動についてまとめたレポートである。

なお、本レポートでは、1.5°C目標に向けた世界の進捗状況を、下の二つのシナリオに基づいて整理している。

1. **The Planned Energy Scenario (PES) : G20 諸国に焦点を当て、分析時点で実施されている各国政府のエネルギー計画や、その他の計画目標、政策に基づき、エネルギーシステムの発展について視点を提供。**
2. **The 1.5°C Scenario (1.5°Cシナリオ) : 1.5°C目標に沿ったエネルギー転換の道筋を示す。このシナリオでは、1.5°C目標を達成するために、規模の拡大が可能で、容易に利用可能な技術を優先している。**

表 2-7 World Energy Transitions Outlook 2023 の構成

Chapter	目次
1	THE 1.5°C CLIMATE PATHWAY AND PROGRESS IN THE ENERGY TRANSITION
2	SECTORAL TRANSFORMATION PATHWAYS AND SUPPORTING POLICIES
3	INVESTMENT NEEDS, FINANCING AND ENABLING POLICY FRAMEWORKS

(出典) IRENA 「World Energy Transitions Outlook 2023」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(1) 概要

- ✓ エネルギー転換は軌道から外れている。
 - COVID-19 パンデミックの余波とウクライナ危機により、エネルギー転換の課題が複雑化されている。
- ✓ 温暖化を 1.5°Cに抑えるためには、CO2 排出量を 2022 年水準から約 37 Gt 削減し、エネルギー部門でのネットゼロ排出を達成する必要がある。
 - 一定の進展はみられるが、パリ協定の目標達成に必要な水準との間には依然として大きな隔りがある。
- ✓ 現状の合意や計画は、1.5°Cシナリオの道筋を大きく下回っており、2050 年には排出量に 16 Gt の差が生じる。
 - NDC (Nationally Determined Contributions)、LT-LEDS (long-term low greenhouse gas emission strategies)、ネットゼロ目標が全面的に実施された場合、2022 年と比較して CO2 排出量は 2030 年までに 6%、2050 年までに 56%削減される。

- 一方、気候変動に関する合意のほとんどがまだ国家戦略等に反映されておらず、十分な資金支援も行われていない。
- 計画エネルギーシナリオでは、エネルギー関連の排出量ギャップは 2050 年までに 34 Gt に達すると予測される。
- ✓ 1.5°C目標達成のためには、再生可能エネルギーを年間約 1,000 GW 導入する必要がある。
 - 2022 年には世界で約 300GW の再生可能エネルギーが導入された。化石燃料と原子力を合わせたシェアが 17%であるのに対して、新規容量の 83%を占めている。
 - 再生可能エネルギーの量とシェアを大幅に増加させる必要がある。これは技術的にも経済的にも実行可能である。
- ✓ 政策と投資が一貫しておらず、正しい方向に進んでいない。
 - 2022 年は、再生可能エネルギーの発電容量が記録的に増加した一方、エネルギー価格高騰の影響緩和に対する化石燃料への補助金が過去最高水準となった。
 - 2022 年の世界のエネルギー転換技術への投資は過去最高の 1.3 兆ドルに達したが、化石燃料への投資はその約 2 倍であった。
- ✓ 達成すべき事と実際に達成された事とのギャップは、毎年拡大し続けている。
 - 再生可能エネルギーの直接利用、インフラの追加など、エネルギーセクターと技術における大幅な加速が必要である。
- ✓ 世界のエネルギー・ミックスに占める再生可能エネルギーの割合は、1.5°Cシナリオでは 2020 年の 16%から 2050 年に 77%に増加する。
 - 再生可能エネルギーは全てのエンドユースセクターで増加すると考えられるが、運輸、建物セクター等での電化率が高まれば、2050 年までに再生可能エネルギーの電力容量を 2020 年比の 12 倍まで増加させる必要がある。
 - 1.5°Cシナリオの下では、2023 年から 2050 年にかけて再生可能エネルギーの発電容量を世界全体で年平均 1066 GW 追加する必要がある。
- ✓ 1.5°Cシナリオでは、2050 年までに最終エネルギー消費の 50%以上を電気が占めるようになる。
 - 再生可能エネルギーの導入、エネルギー効率の改善、エンドユースセクターの電化が、このエネルギー転換につながる。
 - 2050 年までに、近代的なバイオマス発電と水素が、最終エネルギー消費のそれぞれ 16%と 14%を占める。
- ✓ 1.5°Cシナリオでは、2050 年までに水素の 94%が再生可能エネルギー由来になる。
 - 水素は、エンドユースにおける脱炭素化と電力系統の柔軟化において重要な役割を果たす。
 - 1.5°Cシナリオでは、エネルギー効率の改善、再生可能エネルギーの導入、行動と消費パターンの変化により、最終エネルギー消費の総量が 2020 年から 2050 年の間に 6%減少すると想定されている。

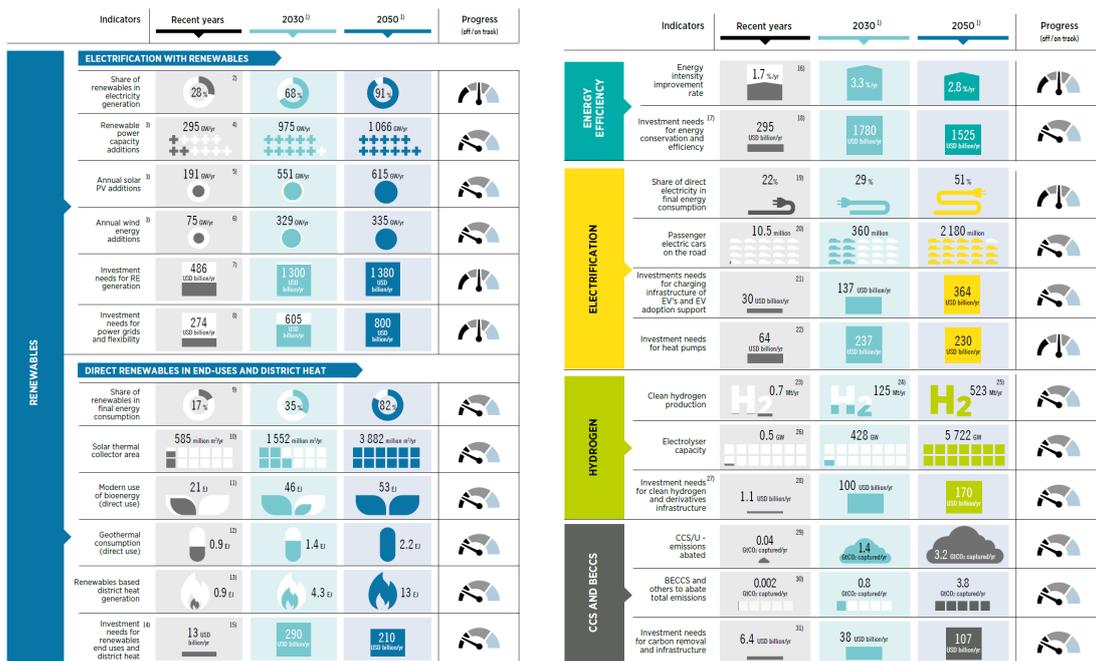


図 2-14 1.5°Cシナリオ達成に向けたエネルギーシステムの主要構成要素の進捗状況

【永続的な資金ギャップ】

- ✓ 2050年に1.5°C目標を達成するためには、合計150兆ドル、年平均5兆ドルが必要である。
 - 2022年にはエネルギー転換技術に対する世界の投資額は過去最高の1.3兆ドルに達したが、年間投資額を4倍以上に増やす必要がある。
 - 計画的エネルギーシナリオと比較すると、1.5°Cシナリオの達成にはさらに47兆円の追加投資が必要である。
- ✓ 再生可能エネルギーへの投資は依然として限られた国に集中し、数種類の技術にのみ焦点が当てられている。
 - 再生可能エネルギーへの投資は2022年に0.5兆ドルに達したが¹⁴、これは1.5°Cシナリオで必要とされる年平均投資額の約3分の1である。
 - 多くの技術がある中で95%の投資が太陽光発電と風力発電に割り当てられており、他のエネルギー転換技術（バイオ燃料、水力など）や、電力以外のセクター（暖房や輸送など）にも資金を使う必要がある。
- ✓ 2013年から2020年における、世界の再生可能エネルギーへの投資の約75%は民間セクターによるものである。
 - 民間資本はリスクが最も小さい技術や国に流れる傾向がある。
 - 投資を公平な方法で国や技術に振り分けるためには、公共セクターのより強力な介入が必要である。
- ✓ 公的資金や政策は民間資本を呼び込むべきだが、投資の地理的・技術的多様性を高めるためには、的を絞って規模を拡大した公的な貢献が必要である。

¹⁴ Global landscape of renewable energy finance 2023, International Renewable Energy Agency and Climate Policy Initiative, Abu Dhabi, www.irena.org/Publications/2023/Feb/Globallandscape-of-renewable-energy-finance-2023

- 発展途上国の基本的なエネルギーインフラへの投資や、成熟度の低い技術（暖房や輸送などのエンドユース、合成燃料生産）、民間投資家が進出しない分野への早急な公的資金の投入が必要である。

【エネルギー転換における障壁への対処】

- ✓ 政策立案者は受動的な対策と積極的なエネルギー転換戦略の間で適切なバランスを取り、より柔軟で包括的かつ気候安全なシステムを促進する必要がある。
 - 現在の危機の根本的原因は、限られた燃料輸出国への過度の依存や非効率なエネルギー生産と消費等に起因している。再生可能エネルギーに基づくエネルギー転換により、これらの多くを低減・解消することができる。
 - 国家でエネルギー安全保障と、経済的・社会的柔軟性のレベルを決定し、世界的に人類の福祉を向上させるためには、変化の速度が重要である。
- ✓ 世界での進歩を加速させるには、化石燃料時代に構築された構造やシステムからの転換が必要である（図 2-15）。
- ✓ 短期間でさらに多くを行うことが可能である。
 - エネルギー転換には時間がかかるが、現状利用可能な技術をさらに導入する余地がある。
- ✓ 2023年のCOP28におけるグローバルストックテイクは、2030年までの数年間で、既存のエネルギー転換オプションを実施するための行動を拡大する触媒として機能しなければならない。
 - 技術革新や追加的な政策行動も必要だが、既存の解決策を大幅に拡大することが最も重要である。
- ✓ COP28以降の期間は、気候変動を抑制し、2030アジェンダに示された持続可能な開発目標を達成するための取り組みのために、極めて重要な期間となる。
 - 政府、金融機関、民間セクターは、エネルギー転換を意図する軌道に乗せるため、目標、戦略、実施計画を早急に再評価する必要がある。

FIGURE S1 Key energy transition barriers and solutions

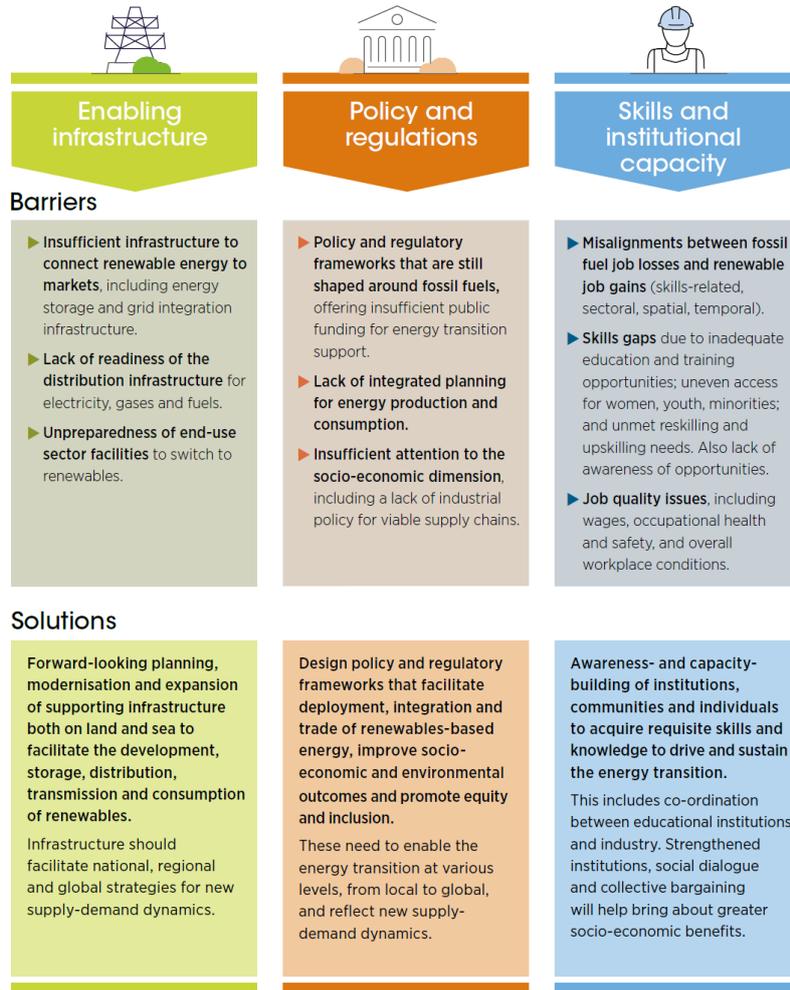


図 2-15 エネルギー転換における障壁と解決策

【持続可能なエネルギーに基づくエネルギーシステムの構造開発】

- ✓ 30年以内に、世界のエネルギーシステムの大規模かつ体系的な変革を達成する必要がある。
 - 世界経済を支える強靱で包括的なエネルギーシステム設計へと戦略的に移行する必要がある。
- ✓ 再生可能エネルギーが主流のシステムを実現する手段に焦点を当てることで、エネルギー転換の進展を妨げる構造的な障壁に対処することができる。
 - 燃料やセクターごとの緩和策を追求するだけでは不十分であり、エネルギーに特化した世界のインフラを変える必要がある。
 - システムデザインに重点を置くことで、新しいエネルギーインフラの開発を加速させ、実施することができる。
- ✓ インフラ設備のアップグレード、近代化、拡張により、多様で連結されたエネルギーシステムの柔軟性が高まる。
- ✓ 政策や規制の制定者は、エネルギー転換の加速と化石燃料の役割の縮小を、組織的に優先させなければならない。
 - 化石燃料がしばらくの間使用されることは避けられないが、今世紀半ばにむけ

て、その割合を劇的に低減しなければならない。

- ✓ 熟練労働者は、エネルギー転換を成功させるための要である。
 - IRENA と ILO の調査によると、世界の再生エネルギー分野の雇用者数は 2012 年の約 730 万人から、2022 年には約 1270 万人に増加し、投資や設備容量の拡大に伴い、今後数十年で数千万人の雇用が創出される可能性が高い。
 - 政府は、職業訓練や大学課程など、教育分野と産業界のニーズを一致させる上で重要な役割を担っている。

【進むべき道：大胆で変革的な行動を優先】

- ✓ エネルギー転換に必要な軌道修正を行うためには、現状の緊急性を反映し、大胆で変革的な対策を行う必要がある。
 - 再生可能エネルギーの拡大は、インフラへの投資と並行して行われる必要がある。
 - 総合的な政策は、エネルギー転換を促進するためだけでなく、幅広い社会経済的利益をもたらすためにも必要である。
- ✓ ネットゼロコミットメントは、法律に組み込まれ、十分な資金が投入された実施計画に反映される必要がある。
 - 現在のエネルギーシステムは現状の社会経済構造に深く織り込まれているため、パリ協定の目標達成には大幅な構造改革が必要である。
- ✓ エネルギーインフラに関するあらゆる投資や計画の決定は、将来の低炭素経済の構造や地理的条件を考慮して行われる必要がある。
 - エネルギーインフラは長寿命であるため、固定インフラへの投資は長期的なスパンで考えるべきである。
- ✓ 包括的なエネルギー転換により、何億もの人々の生活の質に影響を与えている大きな格差を克服することができる。
 - エネルギー転換政策は、福祉を守り、国や地域社会間の公平性を高め、世界経済を気候や環境、資源の制約に沿ったものにするを目的とした、より広範な制度改革と整合性を持つべきである。
- ✓ エネルギー転換を加速させるために途上国を支援することにより、エネルギー安全保障の改善と同時に、世界的な脱炭素化の格差の拡大を防止することができる。
 - 多様なエネルギー市場は、サプライチェーンのリスクを軽減し、エネルギー安全保障を向上させ、生産者の価値創造を可能にする
- ✓ 人間の福祉と安全保障は、エネルギー転換の中核であり続ける必要がある。

【国際協力】

- ✓ エネルギー分野のダイナミズムと地政学的発展により、国際協力の方法、手段、アプローチについて、その妥当性、影響力、起動性を確保するため、より綿密な検討が必要となっている。
 - エネルギー転換の成功には、国際協力の強化、再設計が必要である。
 - 国際協力はエネルギー転換の成果を左右する決定的な役割があり、レジリエンス、包括性、平等性を高めるために重要である。
- ✓ エネルギー転換に関与する主体は多様化している。それぞれの強みを生かし、限られた公的資源を効率的に配分するための役割分担が必要である。
 - エネルギー転換への最適な貢献を確保するために、国や地域、国際機関、国際金融機関、多国間開発銀行の役割と責任を再考することが不可欠である。
- ✓ エネルギー転換の達成には、グローバル・サウスに資金を流す集団的な努力が必要である。
 - 2020 年において、多国間および二国間開発金融機関（DFIs）が提供した資金

- は、再生可能エネルギー投資全体の3%未満であった。
- 今後開発金融機関はより多くの資金をより良い条件で、大規模なエネルギー転換プロジェクトに投入する必要がある。
- DFIからの融資は、主に市場金利によるデットファイナンス（市場価格で金利が課された返済が必要）を通して提供され、補助金と譲許的融資は再生可能エネルギー融資全体のわずか1%に過ぎなかった¹⁵。
- 開発金融機関は、世界のエネルギー転換の推進に顕著な変化をもたらす、大規模で国際的なプロジェクトを支援する上で独自の立場にある。

2.2.2. Global Alliance Powerfuels : Study: Powerfuels in a Renewable Energy World – Global Volumes, Cost and Trading 2030 to 2050

Global Alliance Powerfuels は、ドイツエネルギー庁（dena）によって、16の企業を創設メンバーとして設立された組織である。同組織は、Powerfuels（以下、パワー燃料¹⁶）の世界市場の発展と促進を目指している。

Global Alliance Powerfuels は、2020年12月に、「Study: Powerfuels in a Renewable Energy World – Global Volumes, Cost and Trading 2030 to 2050」と題し、Lappeenranta-Lahti University of Technology (LUT) と Global Alliance Powerfuels による研究の結果に関するレポートを公表している。レポートでは、パリ協定の目標に沿った再生可能エネルギー源を基盤とするカーボンニュートラルなエネルギーシステムにおける、パワー燃料の役割に関する研究の結果と考察が示されている。

表 2-8 Powerfuels in a Renewable Energy World – Global Volumes, Cost and Trading 2030 to 2050 の構成

Chapter	目次
	Executive summary
1	Introduction
2	Methods and Data: Modeling the global energy system transition with powerfuels
3	Results: Powerfuels in the global energy system transition
4	Outlook for Europe
5	Discussion and conclusions
	Annexes

（出典）Global Alliance Powerfuels 「Powerfuels in a Renewable Energy World – Global Volumes, Cost and Trading 2030 to 2050」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(1) 概要

本レポートは、エネルギーシステムモデルを構築し、2030年、2040年、2050年におけ

¹⁵ Global landscape of renewable energy finance 2023, International Renewable Energy Agency and Climate Policy Initiative, Abu Dhabi, www.irena.org/Publications/2023/Feb/Globallandscape-of-renewable-energy-finance-2023

¹⁶ グリーン水素や、合成ケロシン、合成メタン、アンモニアなどの気体・液体エネルギーキャリアや原料が含まれる。また、e-fuels、synthetic fuels、RFNBO（Renewable Fuels of Non-Biological Origin）も同義とされている。

る世界の電源構成におけるパワー燃料の存在を定量化している。また、コストが最適化された世界市場におけるパワー燃料の取引の定量化や、パワー燃料の国際取引によるコスト削減や温室効果ガス排出削減の算出を行っている。

本レポートは、カーボンニュートラルなエネルギーシステムにおいて、パワー燃料は重要な役割を果たすとしている。パワー燃料は、航空、海上輸送、電化が困難なセクターの脱化石化にも不可欠であり、プロセス原料として使用される化石資源を代替する上でも重要な役割を果たすとしている。また、電化率がすでに高いセクターにおいても、気体や液体のエネルギーキャリアに依存する用途は数多く存在し、ここでもパワー燃料が脱化石化に不可欠であるとしている。

(2) 仮定とモデル

本レポートの研究は、以下の仮定とモデル選択に基づいている。

- ✓ 2050年の世界のエネルギーシステムはカーボンニュートラルである。
- ✓ エネルギー需要の予測とその基礎となる仮定は、IEAのWorld Energy Outlook¹⁷に沿っている。
- ✓ 最終エネルギー需要は主にRam et al.¹⁸に基づく高水準の電化によって特徴づけられる。これにより、2050年の電力需要は、運輸セクターで13,000TWh、熱部門で20,400TWh（2030年の運輸セクター6,000TWh、熱部門の10,000TWhから増加）、化学製品の最終エネルギー需要は44700TWh（2030年の50,100TWhから減少）となる。
- ✓ 現在までに知られている全てのPower-to-Xプロセスが技術的に利用可能であり、その結果得られるエネルギーキャリアと原料が利用可能である。
- ✓ バイオ燃料とバイオケミカルは、合成燃料と同様に再生可能エネルギーのキャリアとしての需要を補完する。ただし、廃棄物、残渣、副産物以外のバイオ燃料の使用は、持続可能性の制約により2020年と同じレベルで制限される。
- ✓ パワー燃料や世界貿易のシェアは、世界の145の地理的地域における生産ポテンシャルとコストを分析する。
- ✓ 技術開発に関する今日の視点や最新の予測に基づく、一部の産業プロセスや特定のエネルギー利用は、合成メタンやアンモニアなどの再生可能エネルギーキャリアを使用することによってのみ、カーボンニュートラルを実現することができる。

(3) 主な結果

本レポートの研究における、主な結果は以下のとおり。

- ✓ パワー燃料は、2050年のカーボンニュートラルなエネルギーシステムにおいて重要な役割を果たし、世界のエネルギー需要の約28%を占める。（図 2-16、図 2-18）
 - 運輸セクターにおける電気自動車の普及と熱セクターにおける電化だけでなく、すべてのセクターで大きな需要がある。

¹⁷ [IEA] - International Energy Agency. World Energy Outlook 2019. 2019.

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>. (Accessed 5/5/2020).

¹⁸ Ram M., Bogdanov D, Aghahosseini A., Gulagi A., Oyewo A.S., Child M., Caldera U., Sadovskaia K., Farfan J., Barbosa LSNS., Fasihi M., Khalili S., Dalheimer B., Gruber G., Traber T., De Caluwe F., Fell H.-J. BC. Global Energy System Based on 100 % Renewable Energy - Power, Heat, Transport and Desalination Sectors. Study by Lappeenranta University of Technology and Energy Watch Group. Lappeenranta, Berlin; 2019. doi:<https://bit.ly/2ZnZtPi>.

- ✓ カーボンニュートラルな燃料の需要は、持続可能な二酸化炭素の需要増加につながる。
 - 2050 年には、再生可能な炭化水素エネルギーキャリアと原料の生産のために、6,000 Mt の二酸化炭素が原料として必要とされる。
 - 直接大気回収 (DAC) は、再生可能燃料の生産に使用される炭素を供給するための長期的に持続可能で費用対効果の高いオプションとして重要である (図 2-17)
- ✓ 国際貿易により、パワー燃料のコストは自給シナリオから最大 30%削減される (図 2-32)。
 - 国際貿易を伴うシナリオでは、再生可能な合成アンモニア、メタノール、メタン、フィッシャー・トロプシュ燃料の 2050 年の世界平均平衡コスト水準は、2030 年の約 120~140 €/MWh から、約 45~75 €/MWh に減少する。
- ✓ 世界のパワー燃料市場は、供給国の多様さだけでなく、取引されるエネルギーキャリアや原料の分布も、現在よりも多様になる。
 - 南米、サハラ以南アフリカ、中東、北アフリカが主要な輸出国となり、欧州、ユーラシア、北東アジア、カナダが主要な輸入地域となる。
 - 2050 年の再生可能な合成燃料の市場シェアの内訳は、メタノールが 28%、フィッシャー・トロプシュ燃料が 23%、水素が 21%、メタン (SNG/LNG) が 20%、アンモニアが 8%である。
 - メタノールは、世界の化学産業における中心的な物質となり、世界的に取引されると期待される。
- ✓ パワー燃料の取引量は、現在の化石燃料の取引量を下回る。
 - 再生可能な合成メタン、フィッシャー・トロプシュ燃料、アンモニア、メタノールの世界市場取引量は、それぞれの燃料の世界需要の 23%から 33%に相当する (2019 年に取引された化石燃料のシェアは化石燃料総消費量の 43%)。
 - ほとんどの地域で国内生産能力が向上することにより、世界貿易から生じる多大な経済的な便益に加え、国内の雇用創出や税収の増加などのさらなる便益が生じる。
- ✓ 化石燃料からパワー燃料への移行には、現状見込まれている石油・ガス産業の上流への投資に匹敵する投資が必要である。
 - 世界の石油・ガス産業上流への OPEC と GECF からの年間投資予測は、2020 年から 2045 年で約 17,450 億ユーロ/2050 であるが、パワー燃料生産の上流への投資は 2020 年から 2050 年において約 18,000 b€になると推定されている。
- ✓ パワー燃料は、持続可能でコスト最適化されたシナリオでの気候緩和に不可欠である。
 - パワー燃料の使用により 2050 年には世界全体で二酸化炭素換算 13 Gt の温室効果ガスが回避される。なお、パワー燃料は脆弱な生態系への圧力 (例: バイオマス供給) を高めることなく、温室効果ガス削減を達成することができる。
 - 2020 年代後半にパワー燃料が導入され、その後直線的に増加した場合、2050 年までに二酸化炭素換算で累計 140 Gt の排出が回避され、パリ協定の目標に大きく貢献する。

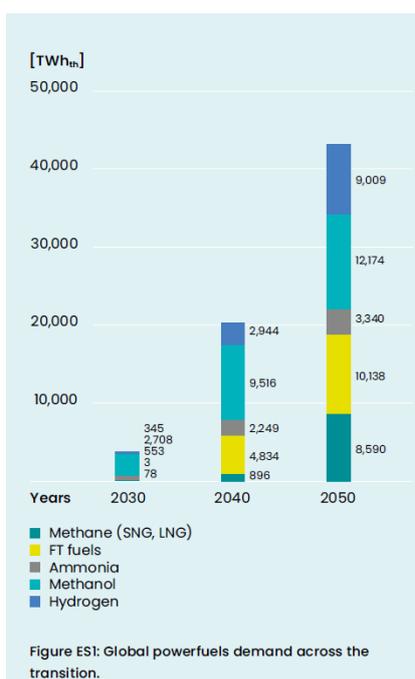


図 2-16 移行期における世界のパワー燃料需要

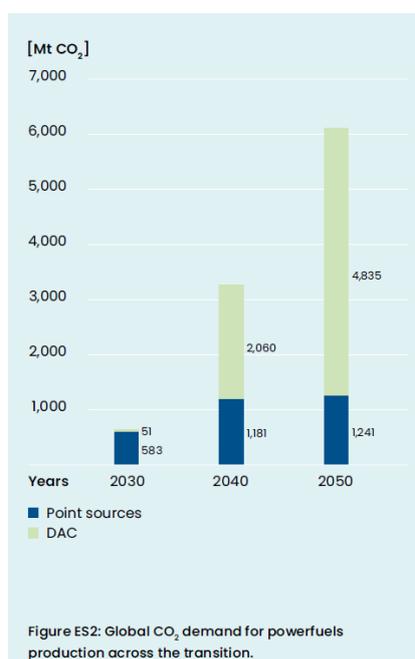


図 2-17 移行期におけるパワー燃料生産のための CO2 需要

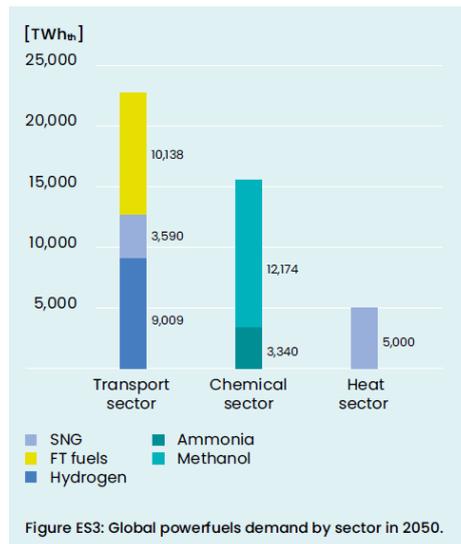


図 2-18 2050 年における世界のセクター別パワー燃料需要

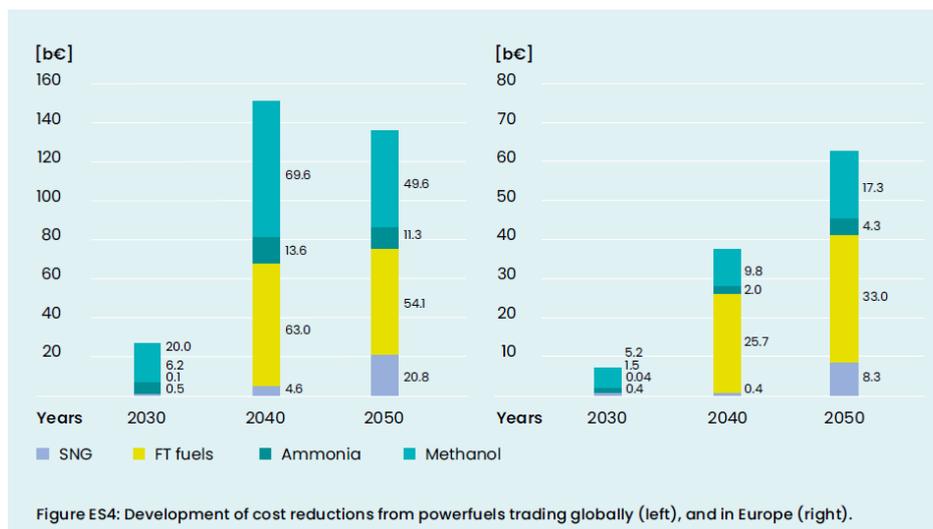


図 2-19 パワー燃料取引のコスト削減の進展 (左：世界、右：欧州)

(4) 合成燃料に関連する結果

【燃料と化学製品のエネルギー需要開発】

本レポートは、再生可能な水素ベースの電力は今後、合成燃料の生産において、最も重要なエネルギーキャリアになるとしている (図 2-20)。レポートによると、運輸・熱部門は、2040 年以降に再生可能な電力ベースの燃料が多く利用されると予測されている。また、2050 年には、電力の大部分がパワー燃料の生産に使用されると予測されている。

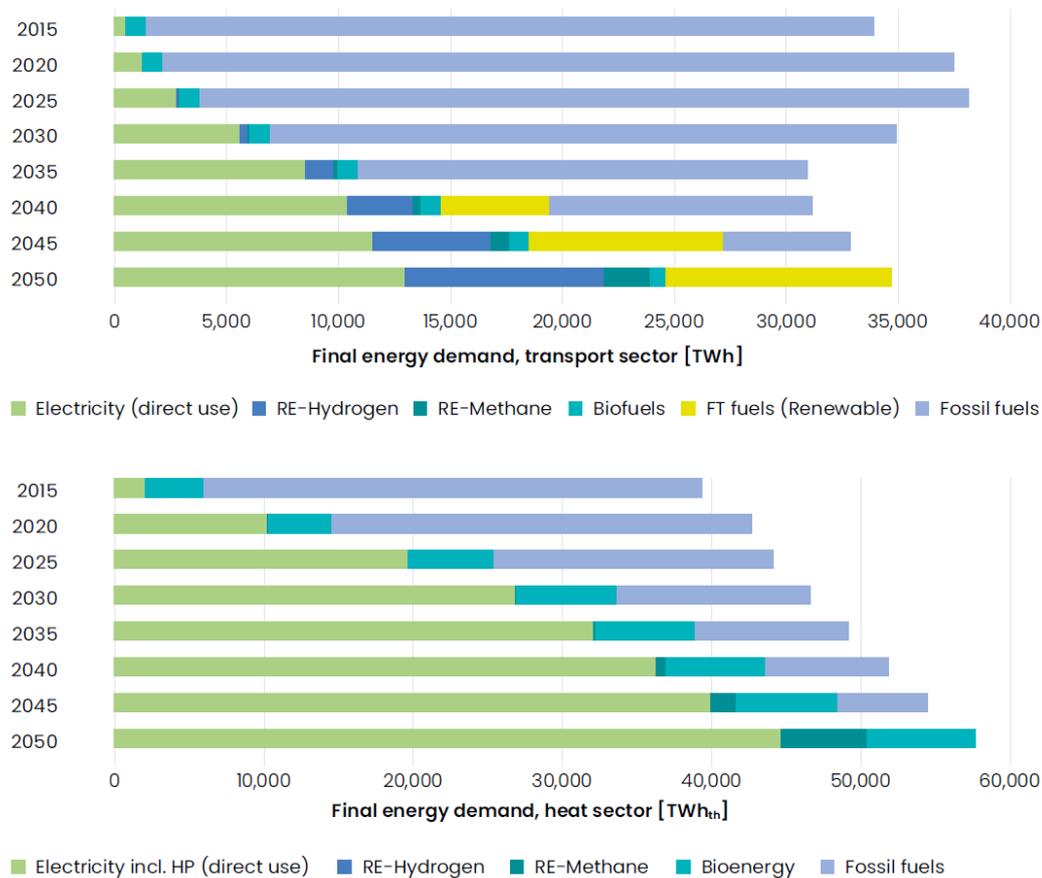


Figure 8: Final energy demand for the transport sector (above) and the heat sector (below) during the energy transition from 2015 to 2050. Results according to Ram et al.⁵⁴.

図 2-20 2015 年から 2050 年までのエネルギー転換期における運輸部門（上）と熱部門（下）における最終エネルギー需要

【燃料と化学品のエネルギー需要開発】

本レポートによると、エネルギーシステムが化石燃料から再生可能エネルギーへと移行するにつれて、燃料と化学物質の最終エネルギー需要は、2030年の約 50,000 TWh 近くから 2050年には約 35,000 TWh まで減少する（図 2-21）。

運輸部門では、主に、化石燃料由来の排出削減の必要性や、再生可能電力のコスト低下により、2030年以降、パワー燃料の需要が増加する（図 2-22）。メタンの需要は、化石燃料のシェア低下により一度減少するが、2050年まで増加する（図 2-22）。一方、メタンはこの期間に再生可能電力をベースとする水素や持続可能なバイオエネルギーで代替される可能性もある。

レポートは、パワー燃料の市場は 2030年までに形成され始め、その後 2050年まで大きく成長するとしている（図 2-22）。FT 燃料は、2040年以降、航空セクターにおける主要な代替パワー燃料として使用され、需要が大きく増加すると予測される。また、合成メタンについても 2050年までに大きな需要があると予測されているが、再生可能エネルギーを利用した水素により代替される可能性もある。レポートは、2050年の世界市場シェアは、SNG

(代替天然ガス)が25%、LNG燃料が30%、アンモニアが10%、メタノールが35%であり、世界市場規模は約35,000TWhであり、これは100%再生可能エネルギーの未来におけるパワー燃料の大きな可能性を示していると述べている。

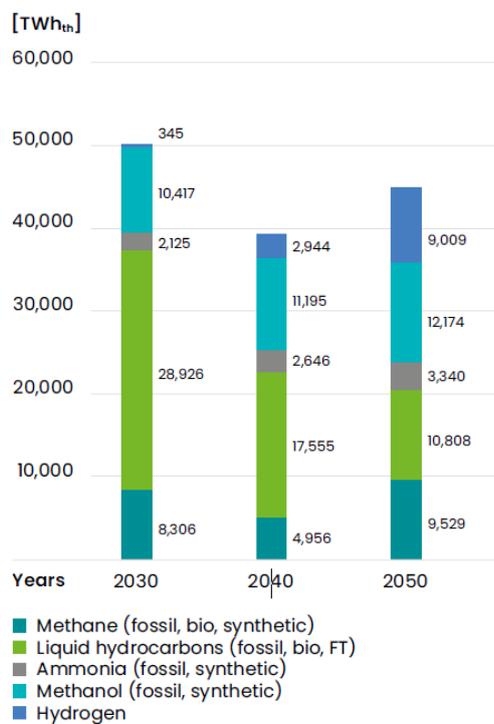


Figure 9: Development of final energy demand of all fuels and chemicals through the transition. The energy content of fuels and chemicals is displayed.

図 2-21 移行期における全ての燃料と化学物質の最終エネルギー需要の推移

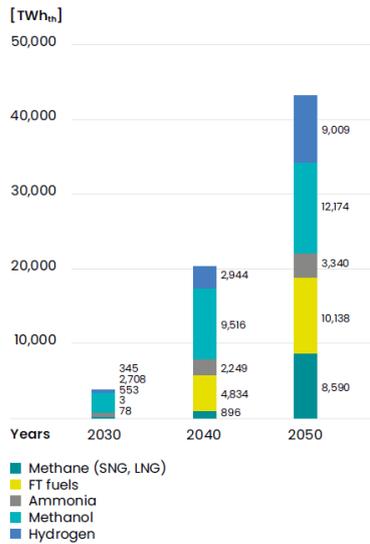


Figure 10: Development of final energy demand of powerfuels through the transition.

図 2-22 エネルギー転換期におけるパワー燃料の最終エネルギー需要の推移

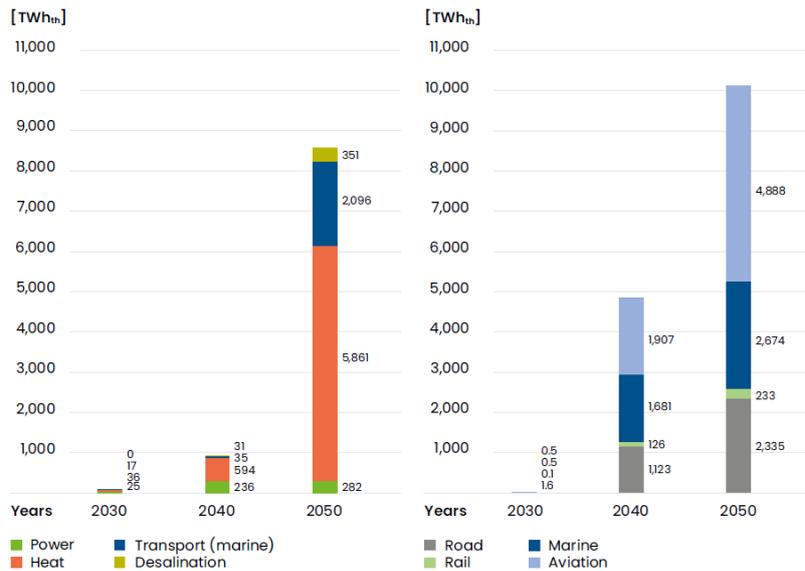


Figure 11: Development of final energy demand of powerfuels on a sectoral basis for SNG (left) and FT fuels (right) through the transition. Results according to Ram et al.⁵⁴.

図 2-23 移行期における SNG と FT 燃料のセクター別パワー燃料の最終エネルギー需要

【メタンの需要】

レポートによると、道路輸送の電化が進むにつれて、化石燃料の需要が減少し、2030年以降、世界各地でパワー燃料の市場が広がる。具体的には、2030年には、世界のメタンの需要 8,306 TWh のうち合成メタンの世界シェアは 0.9%であり、需要は世界中にかなり分散している (図 2-24)。2040年には、世界のメタンの需要 (4,955 TWh) における合成メタンのシェアは 18.1%であり、アフリカの一部の国ではメタンと FT 燃料の需要開発が始まる。2050年には、メタンの需要 (9,529 TWh) のうち合成メタンのシェアは 90.1%であ

る。

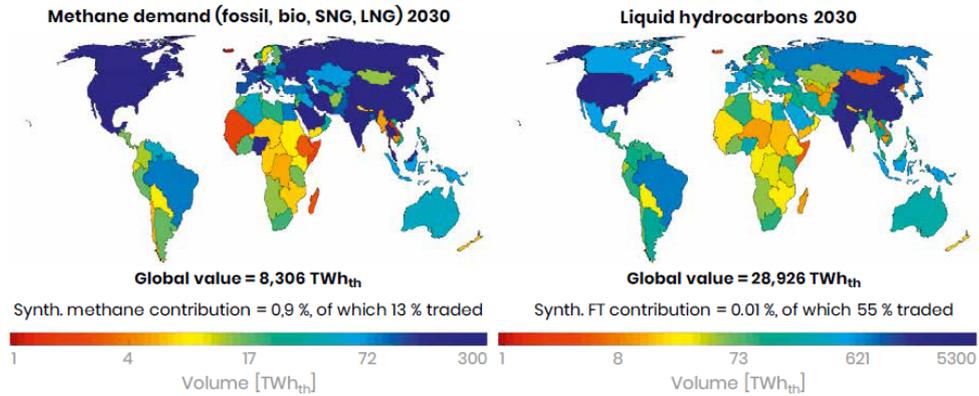


Figure 12: Global distribution of demand for methane (left) and liquid hydrocarbons (right) in 2030.

図 2-24 2030 年における世界の需要分布 (左:メタン、右:液体炭化水素)

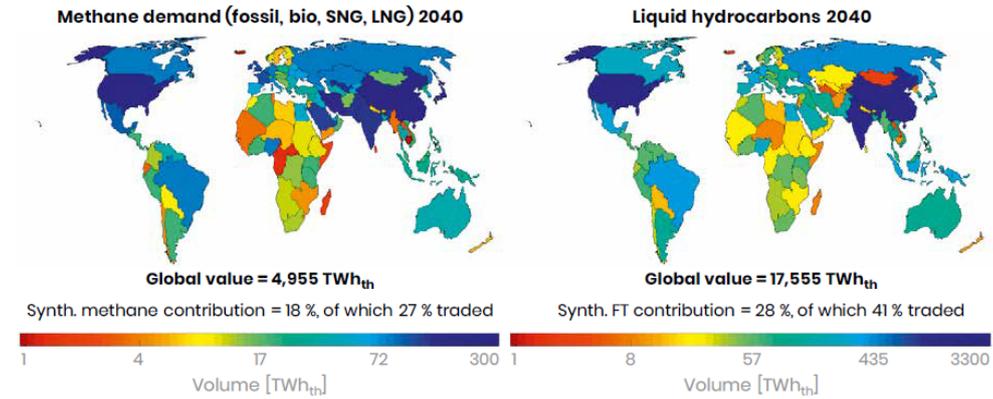


Figure 13: Global distribution of demand for methane (left) and liquid hydrocarbons (right) in 2040.

図 2-25 2040 年における世界の需要分布 (左:メタン、右:液体炭化水素)

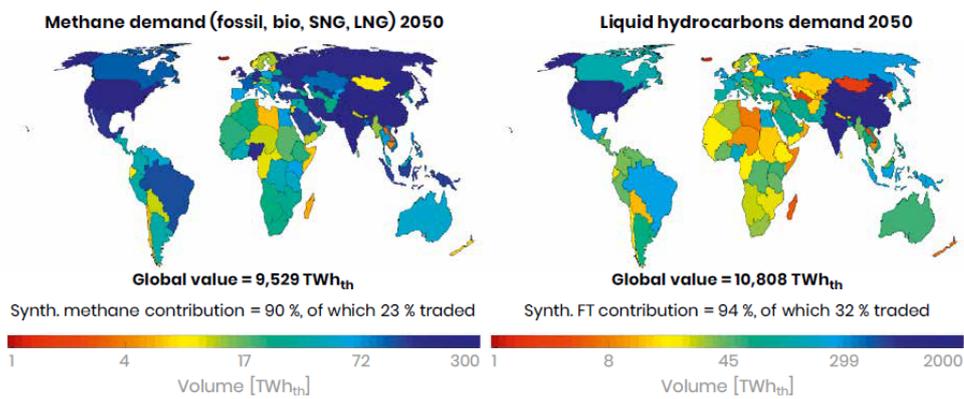


Figure 14: Global distribution of demand for methane (left) and liquid hydrocarbons (right) in 2050.

図 2-26 2050 年における世界の需要分布 (左:メタン、右:液体炭化水素)

(5) 結論と推奨事項

研究によって導かれた、本レポートの結論と推奨事項は以下のとおり。

- ✓ パワー燃料は、2050年に完全に脱炭素化したエネルギーシステムを実現するために不可欠であり、リスクとコストが最適化された解決策である。
 - パワー燃料の発展を促進するためには、地域的、国家的、超国家的機関の再生可能エネルギーの枠組みの中で、パワー燃料が扱われる必要がある。すなわち、「水素戦略」から「パワー燃料戦略」への移行が必要である。
- ✓ 非エネルギー原料として炭化水素、水素、アンモニアが引き続き必要なセクター（特に化学セクター）の脱化石化において、パワー燃料は重要な役割を果たすと予測される。
 - 特に化学セクターにおける化学物質の非エネルギー利用の脱化石化は、地域的、国家的、超国家的機関での政治的議題に含まれる必要がある。
- ✓ 脱化石化されたエネルギーシステムにおいて必要なパワー燃料を生産するためには、DACによるCO₂の大規模な調達が必要である。
 - DACプラントは商業規模に達したばかりのため、政策的枠組みにより技術開発とコスト削減のインセンティブを与え、生産量を増加させDAC経済を発展させる必要がある。
 - 政策的枠組みにおける中心的な方策の一つは、パワー燃料生産の対象となるCO₂源の環境持続可能性を定義することである。
- ✓ パワー燃料の早期導入への投資は、長期的で安定したビジネス機会につながる。
 - 民間セクターは、すでに再生可能な水素ベースの経済に投資している。投資を加速させるために、エネルギーセクターの関係者は、野心的な移行戦略を策定すべきである。
 - エネルギーの業界の非政府組織も、パワー燃料の世界市場の発展を支援するために、標準化と資金調達スキームに関する調整を行うべきである。
- ✓ パワー燃料の国際的な貿易による輸入国および輸出国の利益には、エネルギー転換コストの削減、雇用機会の増加、政治的安定が挙げられる。
 - パワー燃料の国際取引を可能にするためには、プロジェクトに資金を供給し、国際市場での取引を促進する前提条件として、専用の基準と持続可能性認証を開発する必要がある。
 - 同様に、必要な港湾やパイプラインのインフラ整備など、インフラ面での課題にも取り組むべきである。

2.2.3. Hydrogen Council : Hydrogen Insights 2023

Hydrogen Council は、クリーン エネルギーへの移行を加速するべく、水素に対する統一したビジョンと野心を持つ大手企業からなる、CEO 主導の世界的なイニシアチブであり、現在、世界各国の企業（140 社程度）が参加している。

Hydrogen Council は、世界の水素セクターにおける市場の発展や、投資の勢い、コスト競争力について包括的な視点をまとめた Hydrogen Insights を年次で発行している。

Hydrogen Insights 2023: An update on the state of the global hydrogen economy, with deep dive into North America は 2023 年 5 月に発行された。2023 年のレポートは、上記に加えて、北米での水素の普及や課題に関して掘り下げて解説している。

表 2-9 Hydrogen Insights 2023 の構成

Chapter	目次
1	Hydrogen momentum continues to accelerate, but investment decisions are lagging
2	Clean hydrogen deployment steadily continues
3	Hydrogen in North America: Industry tailwinds and what it could take to realize the opportunity

(出典) IEA 「Hydrogen Insights 2023」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(1) 水素の勢いと投資決定

本レポートによると、世界で 1000 以上の水素プロジェクト計画が発表されている（2023 年 1 月末時点）（図 2-27）。うち 795 件が 2030 年までに全面的または部分的に導入することを計画しており、ギガスケール（1 GW 以上の規模または年間 2,000 万 t 以上の低炭素水素を製造する）プロジェクトは 112 件（再生可能水素：91 件、低炭素水素：21 件）である。

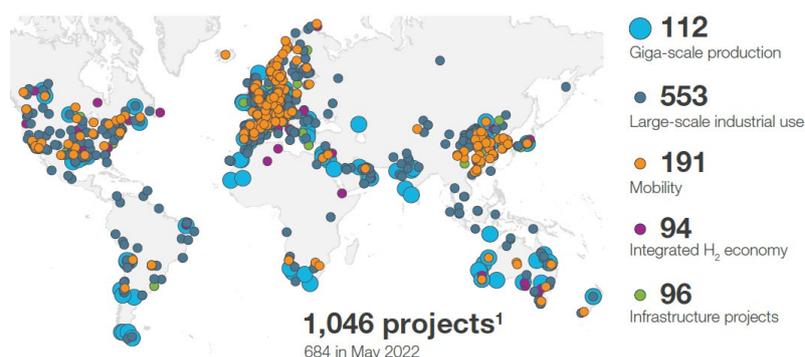


図 2-27 2023 年 1 月末時点で発表されている世界の大規模水素プロジェクト

また、レポートは水素プロジェクトへの 2030 年までの直接投資額は約 3,200 億米ドルであり、そのうち FID を経た投資額は 290 億米ドルであるとしている（図 2-28）。すなわち、投資はプロジェクトステージを問わず拡大しているが、約半数のプロジェクトは発表されただけで、計画段階や FID に至っていないとしている。また、ネットゼロシナリオを達成するためには、実際に投資された出資額を 20 倍以上に増やす必要がある。一方、発表された投資額に対して実際の出資額 10%に満たない原因には、サプライチェーンの緊迫、労働

力不足、インフレ率と金利の上昇、公的支援の欠如などが挙げられると考察している。



図 2-28 水素プロジェクトへの投資額

レポートによると、2030年までに38 Mt/年のクリーン水素の製造計画が発表されており、その約半分が計画段階または資本コミット済みである（図 2-29）。また、38 Mt/年のうち、再生可能水素が約25 Mt/年、低炭素水素が約13 Mt/年である。38 Mt/年はネットゼロ達成に向けて2030年に必要とされる生産量の半分であるが、レポートは、この差を埋めることは困難であるとしている。理由としては、再生可能水素プロジェクトにおける、許認可の遅れ、EPC容量の制約、また低炭素水素プロジェクトにおける、炭素回収、輸送、貯蔵のための大規模なインフラに必要な多額の資本と労働力の不足などがあげられている。

Cumulative production capacity announced, Mt p.a.

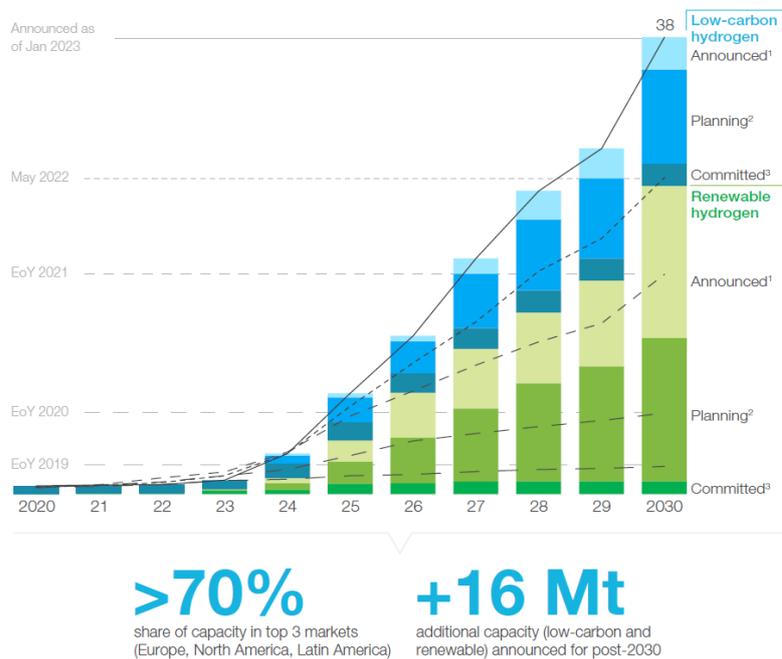


図 2-29 発表されている累積水素生産能力

(2) クリーン水素の普及

レポートによると、現在稼働中のクリーン水素供給能力は年間 800 kt /年（低炭素水素：約 740 kt /年、再生可能水素：約 60 kt /年）であり、グレー水素市場の 1%未満である。クリーン水素供給能力は着実に拡大しているが、ネットゼロの軌道に乗るには加速が必要であるとしている。

また、2022 年末までに世界で 700MW の電解設備が導入され、約 9GW が FID を通過している。一方、2050 年ネットにゼロを達成するためには、2030 年までに 200GW 以上の電解設備が必要である。レポートは、設備の導入が遅れている要因として、政府の支援や引き取りのコミットメント不足、サプライチェーンにおける制約、プロジェクト導入コストの増加、許認可プロセスの長期化などを挙げている。

レポートによると、世界では 1,070 カ所以上の水素ステーションが展開されており、これは前年比 50%以上の伸びである（図 2-30）。ステーションの多くはアジア（中国や日本、韓国、合計 650 カ所以上）であり、続いてヨーロッパ（約 280 カ所）と北米（約 120 カ所）である。現状ほとんどのステーションが比較的小規模であり、将来的には大型化が必要であるとしている。

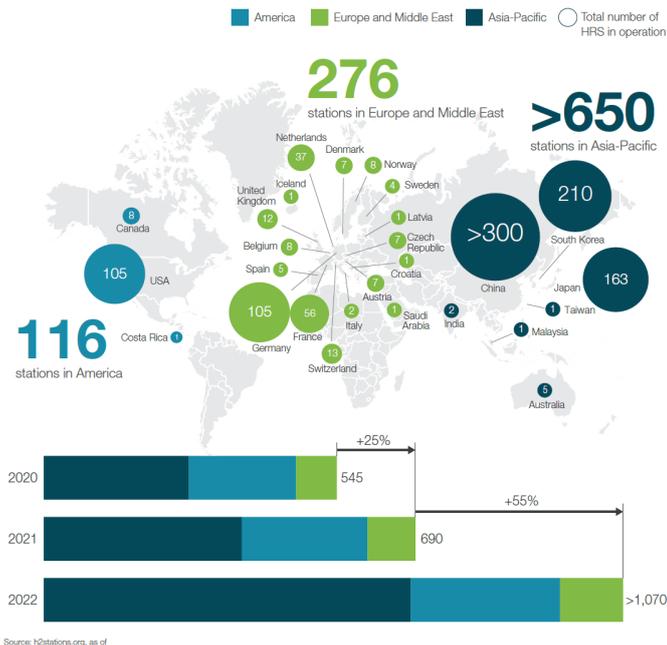


図 2-30 2020-2022 年の世界の水素ステーションの数とその地域

(3) 北米における水素の状況

レポートによると、北米では 2030 年までに 460 億米ドルの水素プロジェクト投資が発表されている (図 2-31)。そのうち、半数以上が初期段階への投資であり、バリューチェーンの観点では、水素の製造と供給への投資が 4 分の 3 以上を占め、次いで最終用途 (約 15%)、インフラ (約 5%) である。



図 2-31 北米における 2030 年までの水素への投資額とその段階

2022年8月に米国で、10年で米国の炭素排出量を削減することを目的に成立したインフラ抑制法（IRA）が成立した。レポートによると、IRAは既存のエネルギーセクターだけでなく、クリーン水素やその他の低炭素燃料など初期段階のセクターにも重大な影響を与えると予測され、再生可能水素の勢いが加速している。IRA水素製造税額控除では、水素の炭素集約度が水素1tあたり0.45t-CO₂以下の場合、1kgあたり3米ドル控除が適用される。再生可能エネルギーによる水素には1kgあたり3米ドル、低炭素水素には、水素1kgあたり4kg-CO₂以下の炭素隔離を行った場合、1kgあたり0.6米ドルの税額控除が適用される。

またレポートは、大幅な生産規模の拡大に伴うコスト削減によってクリーン水素に移行するためには、以下が必要である（図2-32）。

- ✓ 電解槽や低炭素水素製造装置を設置できる製造業者や熟練の労働力、人材育成
- ✓ 電解槽、施設の改修の許認可プロセスの規格化と迅速化
- ✓ 投資家向けの詳細な財務計画

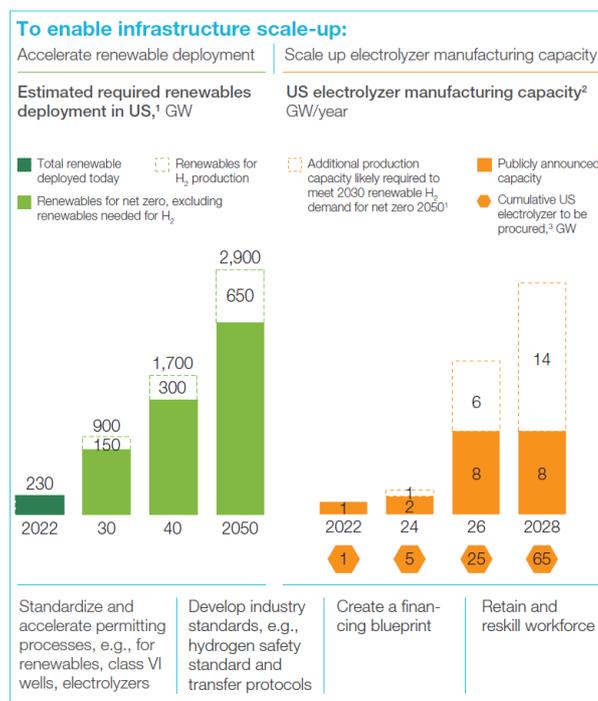


図 2-32 インフラの拡大に必要な要素

さらにレポートは、更なる導入拡大に向けては、水素パイプラインの整備、需要の取り込みが必要としている。現在設置されているパイプラインは1600マイルであり、輸送はトラック輸送に依存しているため、既存の天然ガスのパイプラインに水素を収容するためのインフラのアップグレード、または新しいパイプラインの建設が必要であると指摘している。また、レポートはIRAを超えた持続可能な水素エコシステムには、需要の取り込みが必要であると指摘している。現状、生産への投資がオフテイクを上回っており、オフテーカーがクリーン水素の契約を躊躇している。需要の取り込みを加速するために、長期にわたるクリーン水素の入手可能性と価格について、オフテーカーに確実性を与えるメカニズムが必要であるとしている。

2.2.4. IPHE : International Trade Rules for Hydrogen and its Carriers

IPHE は、水素と燃料電池の研究開発・共通の規範と基準・インフラ開発に関する情報共有に関する国際協力を促進するため、2003年に米国エネルギー省と米国運輸省によって設立された。当初は「The International Partnership for the Hydrogen Economy : 水素経済のための国際パートナーシップ」として組織されたが、2009年12月に正式名称を「The International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy : 水素および燃料電池経済のための国際パートナーシップ」に変更した。

IPHE は、2022年2月に、「International Trade Rules for Hydrogen and its Carriers: Information and Issues for Consideration」と題し、将来の国際的な水素の取引について、検討すべき潜在的な障壁や考慮事項に関するレポートを発表している。市場の透明性と水素の国際貿易を支援するための潜在的な機会についても概説している。

表 2-10 International Trade Rules for Hydrogen and its Carriers の構成

Chapter	目次
1	Introduction
2	The importance of hydrogen and national aspiration
3	Supply chains for hydrogen distribution to enable trade
4	What is needed for international trade?
5	Trade rules for hydrogen
6	Conclusions
7	Abbreviations
8	Appendix

(出典) IPHE 「International Trade Rules for Hydrogen and its Carriers」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(1) 概要

本レポートは、水素の国際的な取引の現状や、見通し、課題について以下のように整理している。

- ✓ 世界の国や地域が打ち出している野心的なネットゼロ戦略や目標の達成に、水素等のエネルギーキャリアは炭素排出量を削減する上で不可欠である。
- ✓ 水素エネルギーの取引は拡大しており、ルールが必要とされている。
 - 水素取引の拡大とともに競争は激化すると予測される。
 - 世界の水素市場が効率的、包括的、かつ明確に発展することが非常に重要である。
 - 技術的、法的、商業的な課題に対しては、炭素集約度、税関手続き、市場枠組みなどを規定する規則ベースのアプローチが必要である。
- ✓ WTO は水素エネルギーについてより具体的な規則を定めるべきである。
 - 水素エネルギーは化石エネルギーと異なり、製造と輸送にさまざまな経路があり、炭素集約度も異なるため、現行の枠組みの貿易規則や規制を適用することが困難である。
- ✓ 水素は、法的枠組みを超えた取引上の課題にも直面する。
 - 将来の貿易パターンを予測することが困難である。
 - インフラが取引の妨げとなっている。
 - 新分野である水素に関する規制、法律が急速かつ複雑に進化しており、政策の不確実性が国際貿易を妨げている。

- 低炭素市場に必要とされる資金調達メカニズムや支援的な政策枠組みが取引ルールと矛盾してはならない。
- 低炭素水素の世界市場の発展には、国境、地域、官民を超えた国際的な対話と協力が必要である。

(2) 水素キャリアのコスト

本レポートでは、サプライチェーンでの水素輸送には、複数のキャリアが検討されている。水素の普及と取引には、信頼性が高く・利用しやすく・コスト効率が高い貯蔵・輸送インフラが必要とされる。水素をガスやLH2として輸送する方法が従来の方法であるが、アンモニアやLOHCなど他のキャリアも検討されている（表 2-11）。

表 2-11 水素キャリアとその特徴・課題・現状

水素キャリア	特徴、課題、現状
水素ガス	<ul style="list-style-type: none"> ネットワークが整備されている場合、最もコスト効率の高い方法であることが多い。 既存のインフラを使用することができない。 現在世界には約 5,000 km の水素パイプラインがある。(50%以上が米国、約 40%が欧州)
液体水素 (LH2)	<ul style="list-style-type: none"> 現在は、トラック、鉄道車両、船舶のタンクで 300~4,000km の距離を輸送されている。 今後大型船舶による長距離輸送も期待される。
アンモニア	<ul style="list-style-type: none"> 現在は、パイプライン、トラック、船舶によって輸送されているが、追加のインフラ建設が必要。 LPG と同様の物理的特性があり、既存の液体燃料インフラを改修利用することができる。 今後取引量の増加が予測され、大規模な水素合成プロジェクトの多くがキャリアとして選択している。
液体有機水素 (LOHC)	<ul style="list-style-type: none"> 多くの場合液体であり、石油製品と同様、トラックや船での輸送や長期間貯蔵が可能である。 LOHC 特有のインフラは一般的に存在せず、ある場合も小規模である。大規模な水素化・脱水素化設備の開発には、かなりの規模拡大が必要。
合成メタン	<ul style="list-style-type: none"> 変換技術の成熟度が高く、世界的にいくつかの実証施設が稼働している。 既存のインフラに直接統合できるため、国際的な輸出バリューチェーンにおいて即座に商業的に利用可能な水素キャリアとなる可能性がある。 使用時に排出される CO2 が懸念され、多くのオフテーカーにとって好ましい水素キャリアとは言えない。 CO2 の適切な調達先と回収コストに制限があり、水素キャリアとしての早期導入には課題もある。

(出典) IPHE「International Trade Rules for Hydrogen and its Carriers」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

また、水素キャリアの選択において考慮すべき観点としては下記が挙げられる。

- ✓ 経済的に最適な流通方法と選択すべき水素キャリアの選択には多くの要因が関わっている。
- ✓ 輸送コストは主に移動距離に依る（図 2-33）。

- 欧州内および同程度の距離（2000km 未満）の輸送では、パイプラインが最も費用対効果が高い。
- 長距離の大陸間輸送では、距離による費用の変化が少ないアンモニア、LOHC、LH2 としての輸送が良い。
- パイプラインは環境的に影響を受けやすい地域や政治的に不安定な地域に建設することが困難であるため、トラック輸送のようなネットワーク化されていない流通オプションも安全で柔軟な供給に有利である。

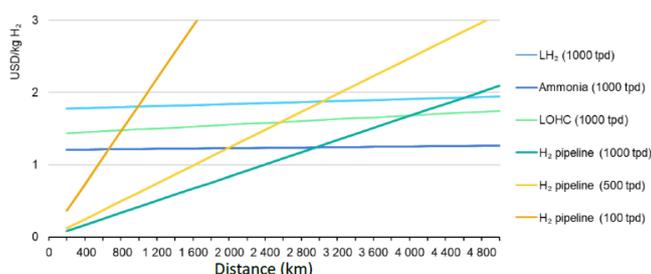


Figure 10: Costs of delivering hydrogen gas by pipeline and LH₂, LOHC and ammonia by ship, 2030⁵⁷

Source: IEA Global Hydrogen Review 2021

図 2-33 2030 年の輸送コスト（水素ガス：パイプライン、LH₂・LOHC・アンモニア：船舶）

- ✓ 水素キャリアと流通インフラの開発は、技術改良のスケジュールが異なり、段階的に行われる可能性が高い。
 - アンモニアの流通技術はすでに大規模に存在しているが、コストが高い低炭素なアンモニアの需要は限られている。
 - ヨーロッパでは、2040 年までに 21 か国にまたがる 40,000km のパイプラインが整備される予定である。
 - LH₂ の輸送は技術開発の初期段階だが、コスト削減の可能性と輸入特性を考えると、長期的な解決策となりうる。
 - LOHC も循環型インフラに必要なコスト等の課題から、長期的な解決策と考えられる。

(3) 水素の取引における関税と税金

本レポートでは、水素キャリア選択による関税と税金の水素貿易への影響について下記のとおり整理している。

- ✓ 水素の国際的な取引は、関税および検査の対象となる可能性がある。考慮事項は以下のとおり。
 - 商品の保管と検査による遅延を最小限に抑える。
 - 通関および納税ポイントを明確化し適切に運用する。
- ✓ 輸入キャリアの選択によって関税および税金の影響をうける可能性がある。
 - 水素の輸入業者に適用される可能性のある関税や税金等は以下のとおり（表 2-12）。
 - HS（商品の名称及び分類についての統一システム）を確立するなど、税関の発展が必要である。

- 関税と税金は、水素の配送時のコスト、さらにサプライチェーンに影響する可能性がある。
- 多くの場合、関税と税金は体積やエネルギー含有量ではなく金銭的価値に基づくため、水素キャリアにより異なる影響が生じ、水素キャリアの選択に影響を与え、エンドユーザーの考慮事項となりうる可能性がある。
- 各国の関税が変更されることで、市場の流動性や各国の水素導入に影響を受ける可能性がある。

表 2-12 水素輸入業者に適用される可能性のある関税や税金

種類	概要
輸入関税	国境を越えて輸入される商品に対する税金の一種。国または関税地域が、WTO および二国間/地域貿易協定に準拠して設定される。
税金	各国政府が国内で商業化された商品に課す。
その他の費用	サプライチェーン上では、運送業者手数料、通関の仲介手数料、標準的な取扱以外の商品に対するサーチャージや付帯費用、保険などが挙げられる。

(出典) IPHE 「International Trade Rules for Hydrogen and its Carriers」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(4) 水素の国際的な取引に必要な政策措置

本レポートでは、水素の国際的な取引において必要とされる政策措置について、下記のとおり整理している。

- ✓ 低炭素水素のコストは、従来のエネルギーに対するコスト競争力がなく、市場の発展には支助的な枠組みや資金調達メカニズムが必要である。
 - 低炭素水素市場を支援する政策は、投資家、エンドユーザー、他の国々の信頼感を高め、水素の普及を促すことができると考えられる。
 - 以下のような具体的な政策措置が必要になると予想される。
 - 民間部門の行動に明確な長期的政策シグナルを提供するための拘束力のある義務付けを含む量的需給目標。
 - 最終用途の脱炭素化に向けた幅広いインセンティブを創出する効果的なカーボンプライシング。(例：アメリカ、カナダなど 45 か国が排出量取引制度、炭素税、取引可能な排出量基準などのカーボンプライシング制度を導入している)
 - セクターの成長を促進し、オフテイク・リスクを軽減し大規模で確実な需要を生み出す、需要サイドの支援と均等化措置。(水素混合、ゼロ・エミッション車、水素対応機器の義務化などを含む。また、再生可能エネルギー割り当て (EU、韓国、インド等)、炭素国境調整税制 (CBAM)なども検討されている)
 - 水素技術とインフラ整備のための供給側支援。目標設定と公的資金を含む。
 - 公的支援と民間セクターの活動を通じた、水素バリューチェーン全体における新技術の研究開発、イノベーション、展開支援。
 - 国際協力: 多国間イニシアチブやプロジェクトによる、知識共有や開発技術、広範なステークホルダーの連携の促進。
 - 地域のステークホルダーの受け入れと参加の支援。
 - 国や地方自治体が支援する民間セクターの協調行動による低炭素水素ハブ

の開発。オフテイクや供給のリスクを軽減し、効率的に規模拡大や技術革新を推進。

- 安全性、ライフサイクルの GHG 排出に関する国際的な規制、規範、基準の調整と調和。特に輸入と国境を越えたインフラに関する調整と統一。

(5) 水素の取引における規制・製品定義リスク

本レポートでは、水素の取引における規制リスクと製品定義リスクについて下記のとおり整理している。

- ✓ 現在、水素の国際的に合意された製品定義は存在しない。
 - 貿易上の論争を防ぐため製品を正確に特徴づける必要がある一方、異なる水素製造方法を分類するための国際的に合意された用語、方法論、規制、炭素集約度の閾値は存在しない。
 - 製品の分類では、水素の物理的特性と GHG 排出量が定義されると予想される。GHG フットプリントの測定・報告・認証方法は、エンドユーザーの信頼を生み出し、市場を創造するのに重要である。
- ✓ 将来的に製品定義・認証が必要とされる。
 - GO (Guarantee of Origin) や認証制度により、購入する水素の GHG フットプリントと関連コストを消費者が積極的に選択できるようになる。
 - CertifHy¹⁹は、消費者が水素の原産地と環境特性を追跡できる信頼できるツールとして水素認証スキーム、CertifHy®原産地保証 (GOs) を開発。EU 全域を対象とした原産地保証制度の構築を促進することを目的としている。
- ✓ 製品定義や認証は水素の貿易にも影響する可能性がある。
 - GO や認証制度は「ボトムアップ」で確立される、あるいは早い段階で統合が行われグローバルな制度が確立される可能性がある。
 - GHG ガス排出量の負担は、水素の生産と利用の組み合わせによって異なり、水素の取引や、再生可能水素を使用した下流の製品の輸出に影響する可能性がある。

¹⁹ CertifHy : グリーン水素の属性を証明するためのフレームワーク (参照 : 2023 年 2 月)

(<https://www.certifhy.eu/>)

2.2.5. Gas for Climate : Manual for National Biomethane Strategies

Gas for Climate は、欧州の主要ガス輸送会社 11 社と 3 つの業界団体からなる組織であり、カーボンニュートラルへの移行を実現するべく、電気とガスの組み合わせを提唱している。

Gas for Climate は、2022 年 9 月に、「Manual for National Biomethane Strategies」と題し、EU 加盟国によるバイオメタン国家戦略の策定と実施を支援することを目的として、ステップ・バイ・ステップのマニュアルを公表。バイオメタンに関する国家ビジョンの策定と初期目標の設定から、国家バイオメタン戦略の実施まで、バイオメタンを普及させるために必要な行動を 10 のステップに分け、好事例と併せて紹介している。バイオメタン国内生産の拡大は、現在非常に不安定なエネルギー市場に対する重要な解決策の一つとなるほか、農村開発への貢献や、家庭や企業の経済的圧迫を軽減することができることを主張している。

また、本レポートは、今後予定されている Biomethane Industrial Partnership (BIP) の一環として発行され、EU 加盟国のバイオメタン目標や 2030 年までの国家エネルギー・気候計画 (NECPs) に向けて活発な対話と提言を行う BIP の Taskforce1 に直接反映させることを目的として作成されている。

表 2-13 「Manual for National Biomethane Strategies」の目次

ステップ	目次
	1 National vision
Prepare	2 Feedstock potential assessment
	3 Production and consumption target setting
	4 Infrastructure for system integration
	5 Regulatory and barriers assessment
Enable	6 Supporting policy
	7 Market development and trading
Mobile	8 Public acceptance
	9 Sustainable feedstock and capacity building
	10 Supply chain

(出典) Gas for Climate 「Manual for National Biomethane Strategies」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(1) バイオメタン国家戦略を策定・実施するための 10 のステップ

① 国家ビジョン

各国は「バイオメタン行動計画」に基づき、2030 年と 2050 年のエネルギーシステムと経済におけるバイオメタンの役割について、ビジョンを策定すべきである。

- i. 国内におけるバイオメタンの現状の把握
 - ✓ 国内の現状のバイオガス、バイオメタンの生産と消費に関するデータを収集し、市場の状況を理解する。
- ii. 経済的、社会的、環境的なメリットとリスクの理解
 - ✓ バイオメタンについて、正の影響、相乗効果、リスクを含むケースを作成する。
 - ✓ バイオメタン生産にインセンティブを与えるための、各国特有の根拠を示す。
- iii. 市場をスタートさせるための、「後悔しない行動」への着手
 - ✓ 「後悔しない行動」とは、すぐに入手可能な原料に基づきバイオメタン生産を短期的に開発すること。

- ✓ 各国の原料ポテンシャルについて、ハイレベルな推定値に基づき、できるだけ早く短期バイオメタン生産目標を設定する必要がある。

(2) 準備

② 原料のポテンシャルを評価する

国レベルでバイオメタン生産に利用可能な原料供給可能性を把握し、どの原料が最も供給可能性があるかを特定し、よりローカルなレベルでのバイオメタン生産の可能性を空間的に推計すべきである。

i. 持続的な原料の供給可能性の評価

- ✓ 既存の原料供給可能性に関する研究がある国は 2030 年と 2050 年に向けて、バイオメタン生産に利用可能な原料をリストアップし、定量化する。既存研究がない国は、Gas for Climate の 2022 年の論文を参照する。
- ✓ 持続可能な原料供給可能性の見積りは、技術的制約と環境的制約の両方を考慮する必要がある。

ii. 未開発原料の可能性の特定

- ✓ 短期 (2025 年)、中期 (2030-2040 年)、長期 (2050 年) で、もっとも容易に利用できる未開拓の原料を特定することで、政策を通じてどのセクターをターゲットにするかを理解する基礎とする。

iii. 原料の供給可能性の特定

- ✓ 短・中・長期的にバイオメタン製造の対象となる原料の可能性をマッピングし、地域レベルでのバイオメタンの製造可能性を推定する。

③ 生産と消費の目標設定

2030 年と 2050 年のバイオメタン生産・消費目標を定めるべきである。2050 年の長期目標では、前述の「後悔しない」目標と比較してより野心的であり、市場の発展と REPowerEU 目標の達成を目指すべきである。

i. バイオメタンの生産・消費目標の設定

- ✓ 原料の生産可能性と生産技術評価に基づき、2030 年と 2050 年のバイオメタン生産目標を定める。
- ✓ バイオメタン利用による便益の見積りに基づき、特定のセクターの消費目標を定めることもできる。

ii. 目標の NECP (the National Energy and Climate Plans) や他の国内政策、規制との統合

- ✓ バイオメタン開発には、他の政策との整合性の確保が必要である。
- ✓ 2030 年の目標を NECPs に統合し、「Recovery and Resilience Plan」「the Common Agriculture Policy National Strategic plans」「Waste policy」や、その他の国家政策や規制と一貫性を持たせる必要がある。

④ システム統合のためのインフラ

現在のガスシステムのインフラと Step2 のバイオメタン生産ポテンシャルのマッピングを比較し、バイオメタンをガスシステムに統合するために必要となる将来的なインフラを評価すべきである。

i. 特定されたバイオメタンの生産ポテンシャルに基づく、ガス事業者と共同したガス系統計画の更新

- ✓ 各国が持続可能な原料供給可能性の評価とバイオメタン生産マッピングをガス系統事業者を提供することで、ガス系統事業者は将来のニーズに沿ったガス系統を計画することができる。

ii. インフラ・グリッドに応じたゾーニング・アプローチの開発による、将来のニーズ

の評価

- ✓ 各国はガス供給事業者に要請し、現在のガス系統インフラとバイオメタン供給可能性を比較し、豊富に原料を入手することが可能で、ガス系統インフラが整備されている地域を特定することができる。この地域を「優先地域」としてラベル付けし、バイオメタン開発を優先させる。
- ✓ 原料の供給可能性は高いがグリッドインフラが脆弱な地域も重要であり、系統の開発が必要となる可能性がある。
- iii. バイオメタンの高度化を促進する、既存または新規の小規模バイオガスプラントを集積する必要性の評価
 - ✓ 系統の運営者は、国内のバイオガスの状況の評価し、改良のために集積が可能な場所をマッピングするべきである。
 - ✓ 複数の小規模バイオガスの供給を、より大規模なユニットに集約することにより、費用対効果が高くなる。

⑤ 規制と障壁

バイオメタン生産者と消費者が現在直面している、経済的、技術的、規制上の主な障壁を特定するべきである。

- i. 長期的な規制や法的枠組みの欠如
 - ✓ 投資家に、バイオメタン市場に関する確実性、安全性、方向性を与えるためには、バイオメタンのバリューチェーン全体をカバーする長期的に安定した規制枠組みが必要である。
- ii. バイオガスの改良に対するインセンティブの欠如とバイオガス注入の困難さ
 - ✓ すべてのバイオメタンプラント開発事業者にバイオガス注入の権利を認める規制的枠組みがないことが、プロジェクト開発者への大きな障壁となっている。
 - ✓ EU加盟国の一部は、バイオガス生産と直接利用にインセンティブを与える固定価格買取制度のような規制を設けている。
- iii. 許認可プロセスの長さ
 - ✓ 投資を増やし、REPowerEUの目標達成に十分なバイオメタンを生産するためには、許認可手続きの機関の短縮が極めて重要である。
- iv. バイオメタン登録制度及び原産地保証制度の未整備
 - ✓ 再生可能エネルギーだけでなく、バイオメタンの登録制度及び原産地保証はREPowerEU目標に向けた進捗状況の追跡に必要である。送電網へのバイオメタン注入とガス送電網からの消費を追跡するための強固なシステムが必要である。
- v. 欧州ガス品質基準の不整合性
 - ✓ ガス品質に関する既存の規格（欧州のCEN規格）の適用に一貫性がないことにより、加盟国間のバイオメタンの取引が妨げられている。
 - ✓ 欧州委員会は、CENガス品質基準の更新を行っている。
 - ✓ 一方で加盟国は、既存のガス品質基準を評価し、短期的には近隣諸国と協力して、異なるガス品質基準がバイオメタン系統への注入の障壁にならないようにするべきである。
- vi. 廃棄物・残差原料の入手可能性
 - ✓ 原料によって入手可能性が異なるという課題がある。各国はバイオメタン製造のための原料供給源にアクセスするための障壁を特定する必要がある。
- vii. 連作へのサポート不足
 - ✓ 連作には未開拓の大きな可能性があるがバイオメタン用に栽培する経験や知識、インセンティブの不足が障壁となっている。
 - ✓ 連作は農家にとっても土壌の質や生物多様性、侵食の減少といったメリットがある。

viii. 農家の意識

- ✓ 2030年までのバイオメタン生産量の大部分は、農業廃棄物や残渣の嫌気性消化と連作によってもたらされると推定されている。農業セクターの認識不足は、バイオメタン開発の制限要因となりうる。

(3) 実現

⑥ 政策支援

Step5で特定された障壁に対処し、バイオメタンの生産と普及を円滑に、かつ強固に発展させる政策と規制措置を導入するべきである。

- バイオメタンに対する財政支援策の策定・導入
 - ✓ バイオメタン市場の開発を促進し、長期的な投資保障を実現するために、長期的な支援スキームを導入する。
 - ✓ 初期の数年は、開発されたプロジェクトの固定化価格買取制度から開始し、その後異なる種類の支援枠組みを導入することで、プロジェクト実施者に安定した支援を提供する。
 - ✓ その他の支援策としては、補助金、融資、免税、融資保証などが考えられる。
- 「バイオガスを注入する権利」に関する政策の導入
 - ✓ 全てのバイオメタンプラント事業者に、ガスインフラに接続し、生産されたバイオメタンを直接ガスシステムに注入する権利を認める規制枠組みを導入する。
- 新規建設および既存プラントのアップグレードの認可プロセスを迅速化させる方法の定義
 - ✓ 許認可プロセスを最小化するため、プロジェクト実施者が連絡する行政窓口を1つにし、プロセスをデジタル化すべきである。
 - ✓ バイオメタンプロジェクトは技術的な側面を持つため、許認可に携わるスタッフには訓練が提供されるべきである。
- ガスグリッドに統合するための費用分担プロセスの決定
 - ✓ 各加盟国はDSO、TSO、規制当局と協力し、プロジェクト開発者とガスシステム運用者の間の系統接続に関する明確で透明性のある費用分担の枠組みを定めるべきである。
- 原料を確保するための措置がより広範なエネルギー、農業、廃棄物、環境政策と一貫していることの確認
 - ✓ 新たに設定されたバイオメタン目標に向けて原料を確保するため、関連する国家政策（例えば、廃棄物管理政策、農業政策、土地開発政策など）と整合させる必要がある。
 - ✓ バイオメタン用作物の利用について、明確で持続可能な方法を定めるべきである。

⑦ 市場の拡大と取引

バイオメタン取引の流動性を確保するために、バイオメタン排出量とそれに伴う温室効果ガスや持続可能性の利益を透明かつ確実に主張できるようにすることで、バイオメタンの競争力を高める必要がある。

- バイオメタン生産を監視する強固なシステムの構築
 - ✓ プラント事業者の報告システムを構築する。報告内容には生産、販売量、系統連携量、自家消費量、再生可能エネルギー指令基準に従った持続可能性と温室効果ガス排出量を含む。このようなシステムは、微青メタン生産目標の進捗状況や遵守状況を監視するために不可欠である。
- 原産地保証（GOs）を備えた国のバイオメタン登録制度を設置
 - ✓ バイオメタン登録制度により、バイオメタンの生産と消費に関する透明性のある

- トレーサビリティと会計処理が可能となる。
- ✓ 欧州委員会は、再生可能燃料のトレーサビリティを確保するため、データベースの開発を進めている。
- iii. 国際的なバイオメタンの取引の実現化
 - ✓ バイオメタン市場の規模を拡大するため、欧州バイオメタン取引市場の構築に向けた協力を行う。
 - ✓ 各国は欧州連合のデータベースの開発に関して欧州委員会と協力し、各国の登録機関の間でバイオメタン証書の国境を越えた取引を促進することを目的とする ERGaR²⁰と協力するよう促すべきである。
- iv. 再生可能ガス購入契約（GPA）の促進
 - ✓ 電力市場における電力購入契約（PPA）と同様に、生産者と燃料供給者との GPA を推進する。
 - ✓ GPA は、バイオメタン生産者に確実な収益性をもたらし、最終的に政府支出の削減につながる。

(4) 取組

⑧ 社会的な受容

バイオメタン市場の発展の受容のため、早い段階から幅広い利害関係者を関与させるべきである。また反対を最小限に抑えるために、コミュニケーションキャンペーン、ディスカッションなどを開催するべきである。

- i. 新たなバイオメタン政策の策定における専門家や組合の関与
 - ✓ バイオメタン市場開発に関する建設的な対話を促進するために、早い段階から関係する利害関係者に働き掛け、協議を行う。
- ii. バイオメタン産業を取り巻く地域社会への関与
 - ✓ 自治体をバイオメタン事業の開発初期段階から関与させ、バイオメタンの製造が地域にどのような便益をもたらすか、また計画や許認可の手続きについての情報を提供する。
- iii. バイオメタンの悪影響の低減
 - ✓ バイオメタン製造業界の品質向上のための一連のガイドラインを定めることにより、負の影響を削減し、投資家の信頼や社会的受容を高めることで、業界のより良い発展を確保する。

⑨ 持続的な原料とキャパシティ開発

2030年以降のバイオメタン生産ポテンシャルを達成するため、主要な潜在的原料供給セクターにイニシアチブを与え、バイオメタン生産者のための持続可能な原料へのアクセスを促進する必要がある。

- i. 農業関係者の意識を高め、農業廃棄物や残差の生産の可能性を引き出すための研修や情報の提供
 - ✓ 農業コミュニティ向けのバイオメタンに関する情報キャンペーンを行い、バイオメタンが農家や社会全般にもたらす経済的、環境的、エネルギー安全保障上のメリットを強調する。
 - ✓ 関連する職業訓練センターでのプログラムにバイオメタン生産を導入する。
- ii. 新たな原料供給源の栽培を可能にする持続可能な連作手法の研究
 - ✓ Biomethane Action Plan (82) に基づき、農業研究のための資金を確保し、地域

²⁰ ERGaR (European Renewable Gas Registry) は、バイオメタンとその他の再生可能ガスの国境を越えた移転に関する、独立性・透明性・信頼性のある文書化スキームの確立を目的に、関連企業・団体が集まって 2016 年 9 月に設立された組織。

- ごとに持続可能な連作アプローチのガイドラインを提供する。
- iii. バイオ廃棄物や排水など、産業廃棄物の有機原料の活用
 - ✓ 産業団体や地方自治体とともに産業省が、バイオ廃棄物や排水の割合が高い分野の産業関係者を対象とした情報キャンペーンを実施し、産業廃棄物をバイオメタン製造にどのように有効活用できるかを説明する。
 - ✓ 産業界の関係者間の連携や協力を促したり、原料供給減とプロジェクト開発者をマッチングさせたりすることで、未開発の原料の可能性を引き出すことの可能である。
 - iv. 廃棄物由来の原料の活用
 - ✓ 2023年12月31日までにバイオ廃棄物の分別収集または発生源でのリサイクルを義務付ける Revised Waste Framework Directive により、追加供給原料を確保する。
 - ✓ 自治体は、有機性廃棄物の新たな発生源を予測し、バイオメタンプロジェクトの開発を促すべきである。

⑩ サプライチェーン

信頼できるサプライチェーンを開発することで、バイオメタンプロジェクト開発を迅速に拡大する。サプライチェーン上では、熟練した有資格労働者の要請が必要である。

- i. 信頼性と競争力がある機器サプライチェーンを活性化
 - ✓ 産業団体と協力し、加盟国の現状における機器サプライチェーンの障害を評価し、市場の急速な発展を支えることができる、競争力があり品質が高く、信頼できる機器サプライヤーの育成を推進する。
- ii. バイオメタンプラントの開発、設置、運営、メンテナンスの品質を確保する訓練の提供
 - ✓ 熟練労働者を創出し、現在および将来の労働者がバイオメタンプラントの設置、運営、維持管理の能力を向上するための研修プログラムを開発することで、事故件数の減少、リスクと悪影響の軽減が見込まれ、社会的受容と投資家の信頼が高まる。
- iii. 消化物評価の法的枠組みを定める
 - ✓ 嫌気性消化プラントからの消化液を肥料として販売できるようにする。消化液の使用に関する法的枠組みを定めることで、農家の追加収入が可能となり、循環経済の発展が促進される。
- iv. バイオジェネティック CO₂ の販売をどのようにビジネスに統合するかというガイドダンスを提供する
 - ✓ バイオガスからバイオメタンへのアップグレードの過程で発生する貴重な副産物である生物起源 CO₂ を有価値化する方法を定める。
- v. 追加生産能力を引き出し、コストを下げるための研究開発の優先順位を示す
 - ✓ Biomethane Action Plan Action に基づき、研究開発プログラムを選択し、開始する。これには、新たなバイオガス生産及びバイオメタン改良方法、技術効率向上などが含まれる。

2.2.6. JRC : Renewable Fuels of Non-biological Origin in the European Union - 2023 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets

2023年、欧州委員会のJoint Research Centerは昨年度に引き続き、「Renewable Fuels of Non-Biological Origin in the European Union-2023 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets」と題し、水素以外のRFNBOに関する現状と動向を整理したレポートを発表した。RFNBOは、既存インフラで使用できることから、電化への移行期において極めて重要であり、EUは特許、企業、実証活動の面でこの分野をリードしているとしている。

(1) 概要とRFNBOのSWOT分析

RFNBOは、主に炭化水素化合物であり、既存の燃料インフラや自動車に使用できるドロップイン燃料である。フィッシャー・トロプシュ合成、ハーバー・ボッシュ・プロセスなどの転換技術は、すでにTRL（技術成熟度レベル）が高く、再生可能な原料を処理するために比較的容易に改造して使用することができる。これらの技術を市場に導入する準備は整っているため、今後は上流工程の大規模な開発が必要である。

EUにおいて、燃料がRFNBOとして分類される基準は、再生可能エネルギー指令で規定されたGHG70%削減という閾値に適合していることである。EUで現在利用可能なRFNBOの生産能力はまだ低く、実証的な取組のみが行われている。なお、EUは論文数と国際共同研究ネットワークの両方において先導的な役割を果たしている。

本レポートでは、昨年に引き続きRFNBOのSWOT分析を行っており、強み(Strength)、弱み(Weakness)、機会(Opportunities)、脅威(Threats)を整理した(表2-14)。昨年度のレポートから大きな変更はなく、全体として、RFNBOは電化が困難な産業での脱炭素化への貢献だけでなく、既存インフラの活用や再エネの貯蔵での利用などの役割を担えることを特徴と捉えていることが分かる。一方で、技術成熟度、エネルギー転換ロス、コストなどの課題があり、十分に政策やインセンティブも整備されていないことを問題視している。

表 2-14 RFNBOの拡大に必要な政策

強み	<ul style="list-style-type: none"> 既に利用可能で、<u>再生可能水素で作動するように容易に改造できる</u> エネルギー多様化、エネルギー安全保障に貢献 既存の輸送インフラを、追加投資なく利用可能 電化が困難なセクター（航空海運、大型道路輸送など）における利用可能な唯一のソリューションになる 化石燃料との混合が可能で、エンジンの技術的な改造をせずにドロップイン燃料として利用できる
弱み	<ul style="list-style-type: none"> 追加的な再エネ電力の発電容量および発電量、電力の接続・グリッドインフラも必要 いくつかの技術はまだ実証されていない 再エネ電力の直接利用に比べて、エネルギーの転換ロスが大きい プラント建設の初期投資コストが高い 化石燃料と比べて、燃料製造コストが高い 再エネ供給が変動的で断続的であるため、<u>他の電源が必要となる</u> 原料となる水素の生産、炭素の回収に関する技術の開発・普及状況に制限される
機会	<ul style="list-style-type: none"> 再エネ水素の需要拡大により、太陽光と風力の発電の促進につながる 電力需要が少ない時に再エネ電力を利用することで、需給バランスの調整に寄与する エネルギーの多様化と<u>エネルギー安全保障</u>に貢献する 電化が困難なセクターの脱炭素化と輸入化石燃料への依存度の低下につながる 脱炭素化が困難なセクター（航空・海運・大型道路輸送など）における脱炭素化に貢献する 同じ技術を使う場合もあるため、Advanced Biofuelの生産などにつながる可能性がある CCUの新技術やソリューションの推進につながる

	<ul style="list-style-type: none"> 再エネの貯蔵に寄与する 水素エネルギーキャリアとして使用することができ、その流通・貯蔵・利用などを容易にする。
脅威	<ul style="list-style-type: none"> 安定した政策枠組みや長期的な政策展望が欠如しており、<u>政策の方向性が変化する</u> インセンティブ不足による市場の立ち上がりの遅れている 技術改良を通じたコスト競争力が不足している 再エネ電力の容量の増加が遅く、安い再エネ電力の利用可能性が欠如している 安い水素の利用可能性が低い 再エネ電力で生産していなくても、再生可能であると認定してしまうリスクがある

※下線部は昨年度から追加された内容

(出典) Joint Research Center 「Renewable Fuels of Non-Biological Origin in the European Union: 2023 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

3. 欧州の政策等動向調査

2023年度は、これまで数年にわたり議論されてきた再生可能エネルギー指令の改正案が2023年10月に正式採択、水素ガス市場パッケージが2023年12月に暫定合意に達するなど、2050年カーボンニュートラルに向けた欧州の施策の具体化が進んだ一年となった（表3-1）。これらの制度について、特に合成メタンやバイオメタン・バイオガス、水素に関連する部分を中心に整理した。

表 3-1 2023年度における欧州の主な政策等の動向

制度名	概要
再生可能エネルギー指令（RED）	<ul style="list-style-type: none"> EU加盟国に対して、輸送や産業などの各部門における再エネ比率目標の設定等を求める法的枠組み。 2021年7月に欧州委員会がREDⅢ案を公表した後、議論を経て、2023年10月に正式採択。
再生可能エネルギー指令のRFNBOに関する委任規則	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー指令におけるRFNBOのライフサイクルGHG排出削減基準などを定める規則。 2022年5月に欧州委員会が本規則案を公表した後、議論を経て、2023年6月に正式採択。
水素ガス市場パッケージ	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能ガス及び低炭素ガスの導入促進に向けた施策を含む、域内のガス市場のルールを定める政策パッケージ。 2021年11月に欧州委員会が本パッケージを公表された後、議論を経て、2023年11-12月にEU理事会と欧州議会が暫定合意。
ネットゼロ産業法	<ul style="list-style-type: none"> ネットゼロに資する技術を「ネットゼロ技術」と指定し、その達成に向けて許認可などの行政手続き簡略化を求めた制度。 2023年3月に欧州委員会が法案を公表した後、2024年2月にEU理事会と欧州議会が暫定合意。
水素銀行法	<ul style="list-style-type: none"> EU域内外の水素バリューチェーンへの民間投資を促進する仕組み。 2023年3月に欧州委員会が欧州水素銀行構想を公表した後、2023年11月～2024年2月に構想の一つである水素域内生産のオークション第1回を実施。
産業炭素管理戦略	<ul style="list-style-type: none"> CCUSや炭素除去の強化するための政策アプローチ。 2024年2月に欧州委員会が本戦略を公表。

（出典）欧州委員会資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

3.1. 再生可能エネルギー指令（RED）

再生可能エネルギー指令（RED: Renewable Energy Directive）とは、EU加盟国に対して、輸送や産業などの各部門における再エネ比率目標の設定を求める法的枠組みである。2009年にREDが発効し、その後代わって2018年にREDⅡが発効した。

欧州委員会は2021年7月にFit for 55の一つとして、REDⅡの改正案となるREDⅢ案を発表した。その後議論が行われ、2023年9月12日に欧州議会で²¹、10月9日にEU理事会で正式に採択が決まり²²、同年11月20日にREDⅢとして正式に発効した。

²¹ <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230911IPR04926/meps-back-plans-to-boost-use-of-renewable-energy#:~:text=Parliament%20on%20Tuesday%20voted%20to,consumption%20to%2042.5%25%20by%202030.>

²² <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/10/09/renewable-energy-council-adopts-new-rules/>

3.1.1. REDⅢが各国に求める目標の概要

2023年11月に正式発効されたREDⅢが各国に対して設定する目標は、表3-2のとおりである。REDⅡではEU域内の最終エネルギー消費量における再エネ比率を、2030年までに32%以上にすることを求めていたが、REDⅢでは目標比率を10.5ポイント引き上げて、42.5%以上にすることを求めるとともに、努力目標として45%を掲げている。

また、REDⅢでは、輸送部門、冷暖房部門、地域冷暖房部門の各部門における再エネ比率の数値目標を、REDⅡから強化している。加えて、建築物部門に再エネ比率目標、輸送部門と産業部門にRFNBO導入に関する目標を新設した。

表 3-2 REDⅡとREDⅢが設定している再エネ比率目標の概要

部門	REDⅡ	REDⅢ
EU全体	<ul style="list-style-type: none"> EU域内の最終エネルギー消費量における再エネ比率を2030年までに32%以上にする。 	<ul style="list-style-type: none"> EU域内の最終エネルギー消費量における再エネ比率を2030年までに42.5%以上にする。 さらに、REPowerEU計画に沿って、45%にする（努力目標）。
輸送部門	<ul style="list-style-type: none"> 再エネ割合を2030年までに14%以上にする。 先進的なバイオ燃料・バイオガスの割合を、2022年までに0.2%以上、2025年までに1%以上、2030年に3.5%以上にする。 	<ul style="list-style-type: none"> 以下のいずれかを確保する <ul style="list-style-type: none"> 輸送部門のGHG排出強度を2030年までに14.5%削減する 輸送部門の最終エネルギー消費の再エネ比率を2030年までに29%にする 輸送部門の供給エネルギーの先進的なバイオ燃料およびRFNBOの割合を、2025年までに1%以上、2030年までに5.5%以上（うち1%はRFNBO）にする。
産業部門	—	<ul style="list-style-type: none"> 産業部門での最終エネルギー消費の再エネ比率を2021-2025年、および2026-2030年に年平均で1.6%/年以上増加させる（努力目標）。 産業部門で使用される水素におけるRFNBO比率を2030年までに42%、2035年までに60%にする。
建築物部門	—	<ul style="list-style-type: none"> 建築物部門の最終エネルギー消費のうち再エネ比率を2030年に49%にする（努力目標）
冷暖房部門	<ul style="list-style-type: none"> 冷暖房部門における再エネ比率を2021-2025年および2026-2030年に年平均で1.3%/年増加させる（努力目標）。 	<ul style="list-style-type: none"> 冷暖房部門における再エネ比率を、2021-2025年に年平均で0.8%/年、2026-2030年に年平均で1.1%/年増加させる。
地域冷暖房部門	<ul style="list-style-type: none"> 地域冷暖房における再エネ+廃熱の比率2021-2025年および2026-2030年に年平均で1%/年増加させる（努力目標）。 	<ul style="list-style-type: none"> 地域冷暖房における再エネ+廃熱の比率2021-2030年に年平均で2.2%/年増加させる（努力目標）。

（出典）欧州委員会「Directive (EU) 2018/2001」²³および「Directive (EU) 2023/2413」²⁴より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

²³ <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>

²⁴ <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj>

3.1.2. REDⅢにおける合成メタン、水素、バイオメタンの位置づけ

REDⅢでは、合成メタン、水素、バイオメタンなどの気体燃料についても定義し、再エネ比率目標などに含めることで導入促進を図っている。

(1) 合成メタン、水素、バイオメタンの定義

REDⅢは、「再生可能燃料」と「リサイクル炭素燃料」の2種類の燃料を定義しておりさらに「再生可能燃料」は「バイオ燃料」「バイオ液体燃料」「バイオマス燃料」「RFNBO」に分類されている。その定義を表 3-3 に整理した。定義を踏まえると、再生可能水素や再生可能水素由来の合成メタンは「RFNBO」に、バイオメタンは「バイオマス燃料」に該当すると考えられる。

表 3-3 REDⅢにおける燃料の定義

名称	定義（原文と和訳を併記）
renewable fuels 再生可能燃料	biofuels, bioliquids, biomass fuels and renewable fuels of non-biological origin. バイオ燃料、バイオリキッド、バイオマス燃料、非バイオ由来再生可能燃料 (RFNBO)
biofuels バイオ燃料	liquid fuel for transport produced from biomass. バイオマス由来の輸送用液体燃料
bioliquids バイオリキッド	liquid fuel for energy purposes other than for transport, including electricity and heating and cooling, produced from biomass. バイオマス由来の輸送以外の用途（電力、冷暖房など）で用いられる液体燃料
biomass fuels バイオマス燃料	gaseous and solid fuels produced from biomass. バイオマス由来の気体燃料、固体燃料（そのうち、気体燃料を biogas バイオガスと定義）
Renewable fuels of non-biological origin (RFNBO) 非バイオ由来再生可能燃料	liquid and gaseous fuels the energy content of which is derived from renewable sources other than biomass. そのエネルギー部分がバイオマス以外の再生可能資源由来のエネルギーである液体燃料、気体燃料
recycled carbon fuels リサイクル炭素燃料	liquid and gaseous fuels that are produced from liquid or solid waste streams of non-renewable origin which are not suitable for material recovery in accordance with Article 4 of Directive 2008/98/EC, or from waste processing gas and exhaust gas of non-renewable origin which are produced as an unavoidable and unintentional consequence of the production process in industrial installations. 指令 2008/98/EC の第 4 条に基づく、原材料の回収に適さない再生不可能由来の液体又は固形廃棄物の流れ、又は生産プロセスの避けられず意図しない結果として生成される再生不可能な廃棄物の処理ガス及び排ガス、から生成される液体燃料、気体燃料

（出典）欧州委員会「Directive (EU) 2023/2413」²⁴ より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(2) 各部門の目標における合成メタン、水素、バイオメタンの扱い

REDⅢにおける各部門の再エネ比率目標では、条件付きであるが、再生可能燃料を再エネ比率に含めることができる。その際には、RFNBO については GHG 排出削減基準を、バイオ燃料・バイオリキッド・バイオマス燃料については GHG 排出削減基準と原料の持続可

能性基準を満たす必要がある。

また、産業部門と輸送部門では、表 3-2 のとおり、RFNBO やバイオ燃料に特化した目標が設定されている。さらに輸送部門における再エネ比率目標には、再生可能燃料だけでなくリサイクル炭素燃料も含めることができる。その際には、再生可能燃料と同様に、GHG 排出削減基準を満たす必要がある。また、輸送部門の再エネ比率目標と RFNBO・先進的なバイオ燃料目標では、図 3-1 のようにバイオ燃料・バイオガスや RFNBO に重み付けすることが認められており、その導入促進に向けたインセンティブが与えられている。これらの部門は再エネ電力だけでは排出削減が難しいため、再生可能燃料の導入促進を進めるべきセクターとみなされていると考えられる。

- バイオ燃料・バイオガスとRFNBOの供給量は2倍で計上
- 道路輸送の再エネ電力供給量は4倍で計上
- 鉄道輸送の再エネ電力供給量は1.5倍で計上
- 航空輸送と海上輸送に供給される、先進的なバイオ燃料・バイオガスは1.2倍で、RFNBOは1.5倍で計上

図 3-1 輸送部門の目標における重み付け

(出典) 欧州委員会「Directive (EU) 2023/2413」²⁴より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(3) RFNBO の排出削減基準

上記で言及したとおり、各部門の再エネ比率目標に RFNBO を組み込む際には、排出削減基準を満たす必要がある。この基準の詳細内容は、2023 年 6 月に欧州委員会が RED II の委任法として採択した²⁵。この委任法では、ライフサイクル GHG 排出量をベースライン（輸送用化石燃料: 94gCO₂eq/MJ）と比較して 70%以上削減することが基準として定められており、そのライフサイクル GHG 排出量の算定方法は図 3-2 のように定めている（RFNBO だけでなく RCF の排出削減基準・算定方法も同様）。

E : RCF・RFNBO使用時の総GHG排出量
 e_i : 投入物の供給によるGHG排出量
 $e_i = e_i \text{ elastic} + e_i \text{ rigid} - e \text{ ex use}$
 $e_i \text{ elastic}$: 弾性投入物によるGHG排出量
 $e_i \text{ rigid}$: 剛性投入物によるGHG排出量
 $e \text{ ex use}$: 投入物の既存のGHG排出量
 e_p : 製造プロセス由来のGHG排出量
 e_{td} : 輸送時のGHG排出量
 e_u : 使用時のGHG排出量
 e_{ccs} : 地下貯留分のGHG排出量

図 3-2 RFNBO・RCF のライフサイクル GHG 排出量の算定方法

(出典) 欧州委員会「Regulation (EU) 2023/1185」²⁶より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

上図の式では RFNBO および RCF のライフサイクル GHG 排出量から、その原料となる

²⁵ https://energy.ec.europa.eu/news/renewable-hydrogen-production-new-rules-formally-adopted-2023-06-20_en

²⁶ http://data.europa.eu/eli/reg_del/2023/1185/oj

CO₂ (e ex use) を控除できるようになっているが、控除が認められるかはその原料 CO₂ の起源によって異なる。本委任法において、控除が認められている原料 CO₂ は表 3-4 に整理した 5 種類のみである。大気から回収した CO₂ だけでなく、対象産業活動における化石燃料燃焼から回収した CO₂ も、対象産業・対象期間の条件付きで認められている点が特徴である。

表 3-4 原料 CO₂ (e ex use) のうち控除が認められる CO₂

原料 CO ₂ の種類	基準の概要
産業活動由来 CO ₂	EU-ETS で対象となる産業活動（効果的なカーボンプライシングの対象として考慮）に由来する CO ₂ は控除可能。そのうち、発電に由来する CO ₂ が控除可能なのは 2035 年まで、発電以外の産業活動に由来する CO ₂ が控除可能なのは 2040 年まで。
輸送部門	持続可能性基準・GHG 排出削減基準に適合する、バイオ燃料、バイオ液体燃料、バイオマス燃料の燃焼・生産に由来する CO ₂ は控除可能。
大気由来 CO ₂	大気中から回収 (DAC) された CO ₂ は控除可能。
RFNBO・RCF 燃焼由来 CO ₂	GHG 排出削減基準に適合する RFNBO、RCF の燃焼に由来する CO ₂
自然発生由来 CO ₂	自然的に発生する CO ₂

(出典) 欧州委員会「Regulation (EU) 2023/1185」²⁶ より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(4) RFNBO の再エネ電力基準

RFNBO の生産に用いる電力は再エネ由来である必要があり、目標に適用できる RFNBO の生産量を算出する際には、燃料の生産から 2 年前に測定された、生産国の再エネ電力割合を用いることが決められている。生産した RFNBO の全てを再生可能とみなすには、再エネ設備から直接再エネ電力を調達する、または再エネ設備と再エネ電力契約を結んで系統から電力を調達するなどの手法をとる必要があるが、各ケースにおいて、追加性・地理的相関性・時間的相関性の観点で厳しい基準が設定されている。その基準の詳細内容については、排出削減基準と同様に、2023 年 6 月に欧州委員会が RED II の委任法として採択しており²⁷、表 3-5 のとおり 5 つのケースごとに整理されている。

表 3-5 RFNBO 製造に用いる再エネ電力の基準

ケース①：再エネ設備から直接再エネ電力を調達して、RFNBO 製造に用いる場合	
基準	その再エネ設備から調達した電力を製造に確実に用いていることを示すために、以下の基準をともに満たす必要がある。 <ul style="list-style-type: none"> 再エネ発電設備と燃料生産設備が直接接続されている、または、再エネ発電と燃料生産が同一施設内で行われている。 再エネ発電設備が系統につながっていない、または、系統とつながっているがスマートメーターなどを用いて系統から電力を取り出して RFNBO 生産に用いていないことを示すことができる。 また、以下の追加性を満たした再エネ設備である必要がある。
追加性	再エネ発電設備が、RFNBO 生産開始の 3 年より前に稼働を開始していない
ケース②：再エネ普及率が高い地域において、系統から電力を調達して、RFNBO 製造に用いる場合	
基準	昨年の再エネ率が 90%以上で、RFNBO 生産時間が昨年の総時間数×該地域の再エネ割合を超えない地域に RFNBO 生産設備が設置されている必要がある。

²⁷ https://energy.ec.europa.eu/news/renewable-hydrogen-production-new-rules-formally-adopted-2023-06-20_en

ケース③：電力排出係数が低い地域で、再エネ購入契約を結び、系統から電力を調達して、RFNBO 製造に用いる場合	
基準	電力の排出係数が 18gCO ₂ eq/MJ 未満の入札区域に、RFNBO 生産設備を設置し、RFNBO 製造に用いる電力量と同等量以上の再エネ購入契約を締結し、系統から電力を調達する必要がある。さらに、以下の地理的相関性と時間的相関性を満たす必要がある。
地理的相関性	再エネ発電設備が、以下のいずれかに設置されている。 <ul style="list-style-type: none"> 電解槽と同じ入札区域 電解槽のある入札区域より電力価格が高いまたは等しく、隣接している入札区域。 電解槽のある入札区域に隣接する洋上入札区域
時間的相関性	以下のいずれかの基準を満たす。 <ul style="list-style-type: none"> 再エネ発電設備で発電されたのと同じ 1 時間以内に RFNBO を生産。または、電解槽と同じネットワーク接続点に設置された蓄電池に、再エネ発電設備で発電されたのと同じ 1 時間以内に蓄電された電力で生産。(2029 年末までに稼働する生産設備は、「1 時間」→「1 か月」に緩和) 入札区域内における 1 時間の電力価格が、20€/MWh 未満 or CO₂t の排出枠価格×0.36 未満である再エネ電力で生産

ケース④：需給調整のために消費される電力を系統から調達し、RFNBO 製造に用いる場合	
基準	再エネ発電設備が再給電 (re dispatch) を行っている際に系統から電力を調達し、その電力を RFNBO 生産に使用することで、再給電の必要量を減少させたことを示す必要がある。

ケース⑤：再エネ購入契約を結び、系統から電力を調達して、RFNBO 製造に用いる場合	
基準	以下の追加性と地理的相関性と時間的相関性の基準を満たす必要がある。
追加性基準	以下の基準をともに満たす。(2027 年末までに稼働する生産設備は 2037 年まで免除) <ul style="list-style-type: none"> 再エネ発電設備が、RFNBO 生産開始の 3 年より前に稼働を開始していない。 再エネ発電設備が運営・設備において補助金を受けていない。
地理的相関性	再エネ発電設備が、以下のいずれかに設置されている。 <ul style="list-style-type: none"> 電解槽と同じ入札区域 電解槽のある入札区域より電力価格が高いまたは等しく、隣接している入札区域。 電解槽のある入札区域に隣接する洋上入札区域
時間的相関性	以下のいずれかの基準を満たす。 <ul style="list-style-type: none"> 再エネ発電設備で発電されたのと同じ 1 時間以内に RFNBO を生産。または、電解槽と同じネットワーク接続点に設置された蓄電池に、再エネ発電設備で発電されたのと同じ 1 時間以内に蓄電された電力で生産。(2029 年末までに稼働する生産設備は、「1 時間」→「1 か月」に緩和) 入札区域内における 1 時間の電力価格が、20€/MWh 未満 or CO₂t の排出枠価格×0.36 未満である再エネ電力で生産

(出典) 欧州委員会「Regulation (EU) 2023/1184」²⁸をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

3.2. 水素ガス市場パッケージ：ガス指令・規則

欧州委員会は 2021 年 12 月に「Hydrogen and decarbonized gas markets packages」(以下、水素ガス市場パッケージ)を発表した。本パッケージには、域内のガス市場のルールを定めているガス指令 (Gas Directive)・ガス規則 (Gas Regulation) の改正案が含まれている。

その後議論が続けられた後、2023 年 11 月 28 日に、ガス指令改正案が EU 理事会と欧州議会の暫定的な政治合意に達した²⁹。続いて同年 12 月 8 日に、ガス規則改正案も暫定的な

²⁸ http://data.europa.eu/eli/reg_del/2023/1184/oj

²⁹ <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/11/28/internal->

政治合意に達した³⁰。今後は両者の正式な採択がなされ、官報に掲載されて発効する見通し（2024年3月末現在で正式な採択はまだ確認できていない）。以降では、暫定的な合意に達した法案文書をもとに情報を整理する。

3.2.1. 再生可能ガス・低炭素ガスの定義

水素ガス市場パッケージでは、再生可能ガス（Renewable Gas）および低炭素ガス（Low-Carbon Gas）の導入促進に向けた施策が含まれている。両者は表 3-6 のように定義されている。この定義を踏まえると、再生可能水素や再生可能水素由来の合成メタン、バイオガスは再生可能ガスに該当し、RED で定められた排出削減基準を満たす低炭素水素や低炭素水素由来の合成メタンは低炭素ガスに該当すると考えられる。

表 3-6 ガス指令改正案における再生可能ガスと低炭素ガスの定義

名称	定義
renewable gas 再生可能ガス	biogas as defined in Article 2, point (28) of Directive (EU) 2018/2001, including biomethane, and renewable gaseous fuels part of fuels of non-biological origins ('RFNBOs') as defined in Article 2, point (36) of that Directive. RED II で定義されるバイオガス（バイオメタンを含む）と、RED II で定義される非バイオ由来再生可能燃料（RFNBO）
low-carbon gas 低炭素ガス	the part of gaseous fuels in recycled carbon fuels as defined in Article 2, point (35) of Directive (EU) 2018/2001, low-carbon hydrogen and synthetic gaseous fuels the energy content of which is derived from low-carbon hydrogen, which meet the greenhouse gas emission reduction threshold of 70% compared to the fossil fuel comparator EF(t) set out in Annex V of Directive (EU) 2018/2001; RED II で定義されるリサイクル炭素燃料と、RED II で定められたベースラインから GHG 排出量が 70%以上削減された、低炭素水素および低炭素水素から生産された合成気体燃料 ※低炭素水素（low-carbon hydrogen）の定義は、hydrogen the energy content of which is derived from non-renewable sources, which meets a the greenhouse gas emission reduction threshold of 70% compared to the fossil fuel comparator EF(t) set out in Annex V of Directive (EU) 2018/2001（RED II で定められたベースラインから GHG 排出量が 70%以上削減された、非再生可能な資源由来のエネルギーで構成された水素）

（出典）欧州委員会「General approach on the directive on common rules for the internal markets in renewable and natural gases and in hydrogen」²⁹より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

3.2.2. ガス規則改正案、ガス指令改正案の概要

ガス規則・ガス指令はともに、域内のガス市場に関するルールを定めている。規則で定められた内容は、国内法よりも優先して EU 加盟国や EU 域内の企業に直接適用される。一方で指令で定められた内容は、EU 加盟国の国内法へは直接適用されず、国内法へ置き換えたうえで各国に運用される。

今回の改正案には様々な内容が含まれているが、水素専用のインフラと市場を整備していくとともに、再生可能ガス・低炭素ガスの既存ネットワークへの導入を進め、さらに消費

[markets-in-renewable-and-natural-gases-and-in-hydrogen-council-and-parliament-reach-deal/](https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/12/08/gas-package-council-and-parliament-reach-deal/)

³⁰ <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/12/08/gas-package-council-and-parliament-reach-deal-on-future-hydrogen-and-gas-market/>

者がガス供給事業者を自由に選択できる状況を確認することを目的としたルールが定められている。主な内容は以下のとおりである。

① 水素専用インフラと市場の整備

<ガス規制>

- ENNOH の設立
 - 水素の輸送ネットワーク整備に向けて、認定された水素ネットワーク事業で構成される ENNNOH (The European Network for Network Operator of Hydrogen : 欧州水素ネットワーク事業者間ネットワーク) を新設する。
 - ENNOH は水素輸送ネットワークのコードの策定、EU 全体の水素の 10 年ネットワーク開発計画 (TYNDPs: Ten-Year Network Development Plans) の策定などを実施する。
- 水素専用インフラ・市場のルール策定
 - 水素ネットワーク事業者は、すべてのネットワーク利用者に無差別にサービスを提供しなければならない。
 - 2036 年以降に、水素ネットワーク事業者は Entry-Exit システムを採用しなければならない。
 - 2036 年以降に、水素ネットワーク事業者は、TSO (送ガス事業者) の要件を遵守する必要があり、ENNOH が運営するオンラインプラットフォームにてネットワークポイントでの料金を公表する必要がある。

<ガス指令>

- 水素、電力、天然ガスのネットワーク開発計画の調整
 - TSO は、LNG 事業者、貯蔵事業者、DSO、水素事業者、地域冷暖房インフラ、電力事業者などから提供された情報をもとに、電気・ガス・水素の統合システムを想定した 10 年ネットワーク開発計画を作成する。

② 再生可能ガス・低炭素ガスの既存ネットワークへのアクセス促進

<ガス規制>

- ネットワークアクセス料金の削減
 - 再生可能ガスの生産設備からの Entry point では、ネットワークへのアクセス料金を 100%削減する。低炭素ガスの生産設備からの Entry point では、同料金を 75%削減する。
 - 加盟国間の Interconnection point において請求するネットワーク利用料金を、再生可能ガスの場合は 100%、低炭素ガスの場合は 75%削減する。

<ガス指令>

- 再生可能ガス・低炭素ガスの認証制度の導入
 - 欧州委員会が承認した認証制度において、低炭素ガスの基準への適合を証明する必要がある。
- 化石由来ガスの長期契約の禁止
 - 排出削減策を講じていない天然ガスの長期供給契約を、2049 年を超えて延長することを禁止する。

③ 消費者のエンパワーメント

<ガス指令>

- 消費者がガス供給事業者を選択できる環境の整備
 - 加盟国は、すべての顧客が自ら選択した供給事業者から自由にガスを購入できる状況を確認しなければならない。
 - 顧客は、ガス供給者又は市場参加者を切り替える権利を有するものとし、2026年1月1日までに、切り替えのプロセスに要する時間を24時間以内にしなければならない。
 - ガス供給事業者を比較するツールに、消費者が無料でアクセスできる必要がある。

3.3. ネットゼロ産業法

欧州委員会は2023年3月、ネットゼロ産業法（Net-Zero Industry Act）案を公表した。この法案は、ネットゼロに資する技術を「ネットゼロ技術」と指定し、その域内生産目標を設定したうえで、その達成に向けて許認可プロセスなどの行政手続きの簡略化などを定めるものである。その後議論され、2024年2月6日に、EU理事会と欧州議会が暫定的な政治合意に達した³¹。今後は両者の正式な採択がなされ、官報に掲載されて発効する見通し（2024年3月末現在で正式な採択はまだ確認できていない）。以降では、暫定的な合意に達した法案文書をもとに情報を整理する。

3.3.1. 対象となるネットゼロ技術

ネットゼロ産業法案が定めるネットゼロ技術（net-zero technologies）には、表3-7の19の技術が選定されている。これらの技術の最終製品だけでなく、その製品の生産に使用される構成部品や機械も、ネットゼロ技術に含められる。加盟国間で激しい議論になったものの、最終的に原子力関連の技術もネットゼロ技術に選定されている。

合成メタンなどの扱いとしては、水素に関しては「水素技術」、バイオガスに関連する技術に関しては「持続可能なバイオガス・バイオメタン技術」としてネットゼロ技術に選定されている。合成メタンに関しては、ネットゼロ技術に認定された「RFNBO技術」に含まれていると考えられる。

表 3-7 指定されたネットゼロ技術の一覧

ネットゼロ技術の名称	原文
太陽光・太陽熱技術	Solar technologies, including: solar photovoltaic, solar thermal electric and solar thermal technologies
陸上風力・洋上再生可能技術	onshore wind and offshore renewable technologies
バッテリー・エネルギー貯蔵技術	battery and energy storage technologies;
ヒートポンプ・地熱エネルギー技術	heat pumps and geothermal energy technologies;
水素技術	hydrogen technologies, including electrolysers and fuel cells
持続可能なバイオガス・バイオメタン技術	sustainable biogas and biomethane technologies
炭素回収・貯留技術	carbon capture and storage technologies
充電・グリッド技術	electricity grid technologies, including electric charging technologies for transportation and technologies to digitalise the grid

³¹ <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/06/net-zero-industry-act-council-and-parliament-strike-a-deal-to-boost-eu-s-green-industry/>

核エネルギー技術	nuclear fission energy technologies, including nuclear fuel cycle technologies;
持続可能な代替燃料技術	sustainable alternative fuels technologies
水力発電技術	hydropower technologies
それ以外の再エネ技術	renewable energy technologies, not covered under the previous categories;
エネルギー効率化技術	energy system-related energy efficiency technologies, including heat grid technologies
RFNBO 技術	renewable fuels of non-biological origin technologies
バイオテクノロジー	biotech climate and energy solutions
それ以外の革新的脱炭素技術	transformative industrial technologies for decarbonisation not covered under the previous categories
CO2 輸送・利用技術	CO2 transport and utilization technologies
輸送における風力推進・電力推進技術	wind propulsion and electric propulsion technologies for transportation
それ以外の原子力技術	nuclear technologies not covered under previous categories.

(出典) EU 理事会「General approach on the regulation on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology products manufacturing ecosystem」³¹ より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

3.3.2. 域内生産能力の強化に向けた施策の概要

本法案では、EU が 2030 年の気候目標を達成するうえで必要となるネットゼロ技術の年間導入量のうち、40%を域内生産することを努力目標に掲げている。さらに、2040 年までには、ネットゼロ技術の世界の生産量の 15%を占めることを目指すとしている。

上記の域内生産の目標を達成するために、ネットゼロ技術を生産する「ネットゼロ技術生産プロジェクト (net-zero technology manufacturing project)」については、許認可プロセスの簡略化を進める方針を示している。具体的には、以下のような政策が提案されている。

- 加盟国は、本規則の発効から 6 か月以内に、ネットゼロ技術生産プロジェクトの許認可プロセスを促進するための窓口を設置
- ネットゼロ技術生産プロジェクトの建設または拡張の許認可プロセスは、1GW 未満のプロジェクトについては 12 か月以内、1GW 以上のプロジェクトについては 18 か月以内に実施
- 環境影響評価が必要な場合、プロジェクト実施者は申請書を提出する前に、環境影響評価の報告書に含めるべき情報の範囲や粒度について窓口に意見を求めることが可能
- 加盟国の関係当局は、環境影響評価の結論を、報告書などの情報の受領から 90 日以内に提出

さらに、ネットゼロ技術生産プロジェクトの中でも、特に EU の気候目標や生産能力向上などに寄与するプロジェクトについては、加盟国が「戦略的ネットゼロプロジェクト (net-zero strategic project)」と指定することができ、指定されたプロジェクトは更なる許認可プロセスの簡略化の恩恵を受けることができる。また、加盟国は「ネットゼロ加速バレー (net-zero acceleration valleys)」を設定することができ、設定された地域ではネットゼロ技術生産プロジェクトの許認可をさらに簡略化することができる。

3.4. 水素銀行法

欧州委員会は 2023 年 3 月に「欧州水素銀行 (European Hydrogen Bank)」を設立する構想を発表した³²。その後、同年 11 月に、欧州水素銀行のもとで、再生可能水素の域内生産を支援する最初のオークションの実施が発表された³³。

3.4.1. 欧州水素銀行の構想内容

欧州水素銀行は、EU 域内外の水素バリューチェーンへの民間投資を促進し、再生可能水素の市場を本格的に形成することを目的としている。欧州水素銀行の活動は「国内市場の創出」「域内への輸入」「透明性と協力」「既存の基金や投資手段の活用」の 4 つの柱からなる (図 3-3)。



図 3-3 欧州水素銀行の活動の 4 つの柱

(出典) 欧州委員会「Factsheet – European Hydrogen Bank」³²

3.4.2. 欧州域内を対象にしたオークション制度

欧州域内を対象にしたオークション制度では、支援対象となる生産事業者は競争入札によって決まる。パイロット事業として実施される第 1 回の入札は、2023 年 11 月 23 日～2024 年 2 月 8 日に募集された。この第 1 回入札の予算規模は 8 億€であり、イノベーション基金から拠出された。その後の欧州委員会の発表によれば、欧州 17 か国から 132 件の入札が集まったとのことで、入札総額は予算規模 8 億€をはるかに超えた³⁴。

競争入札では、再生可能水素 (再生可能水素の定義は RED の委任規則に準拠) の生産者が入札することができる。入札の上限は 4.5€/kg と設定されており、オークションの予算がなくなるまで入札価格が低いものから順に落札する方式が採用されている。落札して支援を受けることが決まったプロジェクトは、水素販売から得られる市場収益に加えて、最長 10 年間にわたり水素 1kg あたりの固定プレミアムを補助金として受け取ることができる。な

³² https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_1665

³³ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_5982

³⁴ https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/european-hydrogen-bank-pilot-auction-132-bids-received-17-european-countries-2024-02-19_en

お、支援を受けるプロジェクトは、支援合意の署名から 5 年以内に生産を開始する必要がある。

欧州委員会は、2024 年 4-5 月に第 1 回の入札の結果を事業者に通知し、遅くとも同年 11 月までに支援合意の署名を実施する予定としている。また、第 1 回の入札で得られた教訓を踏まえて、2024 年に第 2 回の入札を実施することを計画している。

3.4.3. サービスとしてのオークション

上記のオークション制度は EU 域内全体を対象とした制度であるが、欧州委員会は同じ制度の下で、加盟国向けに「サービスとしてのオークション (AaaS : The Auction as a Service)」を提供している。AaaS では、加盟国自ら拠出した予算分だけ、EU 域内全体を対象としたオークション制度で落札することができなかった自国のプロジェクトに対して資金を提供することができる仕組みである (図 3-4)。この仕組みによって、加盟国は、別途入札制度を構築することなく、自国の競争力あるプロジェクトに対して支援をすることができる。

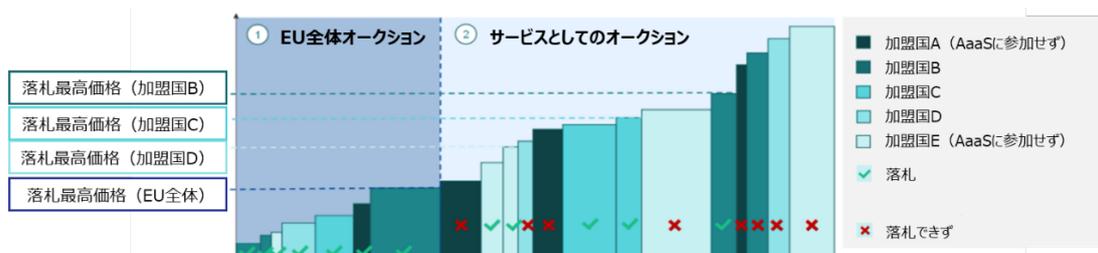


図 3-4 欧州水素銀行のオークションのスキーム (イメージ図)

(出典) 欧州委員会「Communication on European Hydrogen Bank」³⁵をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

加盟国の AaaS への参加は任意である。第 1 回のオークションでは、ドイツが 3.5 億€を拠出して、初めて AaaS に参加した加盟国となった³⁴。

3.5. 産業炭素管理戦略

欧州委員会は 2024 年 2 月 6 日に、2040 年までに GHG 排出量を 1990 年比で 90%削減することを勧告する政策文書 (Communication on a recommended 2040 emissions reduction target) を公表した³⁶。2021 年 7 月に発効した欧州気候法では、パリ協定第 14 条に基づく第 1 回グローバルストックテイクから 6 か月以内に、2040 年目標の提案を行うことが定められていた。2023 年 12 月に COP28 において、グローバルストックテイクの決定が採択されたことを踏まえて、今回の 2040 年 90%削減目標の提案に至った。

欧州委員会は、この目標を達成するには、再エネ拡大だけでなく、エネルギーの貯留やエネルギー効率の向上、小型モジュール炉などの原子力、CCUS、炭素除去などあらゆるソリューションを強化することが必要であると整理している。そこで欧州委員会は同日に、

³⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52023DC0156>

³⁶ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_24_588

Industrial Carbon Management Strategy（産業炭素管理戦略）もあわせて発表した³⁷。本戦略では、CO₂ の回収、輸送、貯留・利用を拡大していくための包括的な政策アプローチを整理している。

3.5.1. 産業炭素管理の定義

Industrial Carbon Management（産業炭素管理）とは、化石燃料の燃焼、工業プロセス、生物起源排出、大気から、CO₂ を回収することと定義されており、本戦略では、産業炭素管理を、特に削減が困難な産業プロセスなどにおいて排出量削減を補完するものと位置付けている。

産業炭素管理における主要な技術的経路は「CCS（CO₂ を回収して永久的に安全な地層に貯留）」、「CCU（CO₂ を回収して化石由来の炭素に代わって合成製品や化学物質、燃料などに利用）」、「大気からの CO₂ 除去（生物起源排出の CO₂ または大気中の CO₂ を回収して永久に貯留）」の3つであると整理されている（図 3-5）。以上を踏まえると、化石由来の CO₂ を用いた燃料の CCU も、産業炭素管理に含まれていると考えられる。

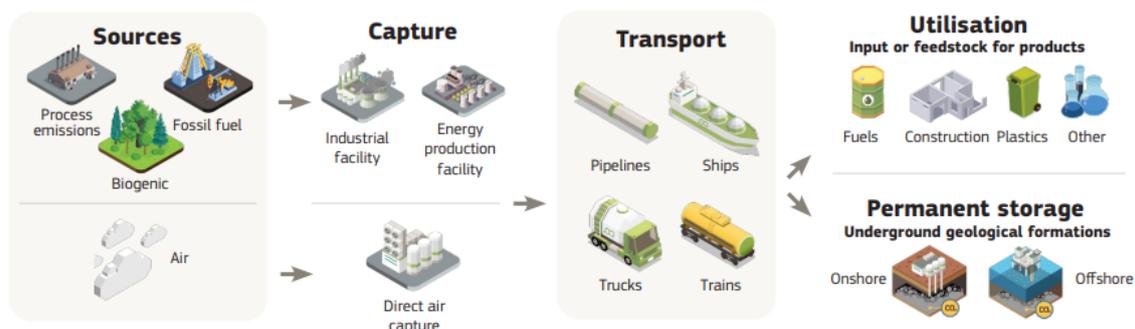


図 3-5 産業炭素管理における CO₂ の主要経路とそのバリューチェーン
 （出典）欧州委員会「Fact sheet – Industrial Carbon Management」³⁷

3.5.2. 戦略で提示された政策アクション

本戦略では、CO₂ バリューチェーンを拡大していくうえで今後必要となる政策アクションを以下の4つに整理している。CCS だけでなく CCU の普及も促進しようとしている欧州委員会の姿勢が窺える。

① CO₂ 輸送インフラの展開

- CO₂ 輸送規制パッケージの提案に向けた準備作業を 2024 年から開始。新規インフラへの技術調査と投資インセンティブ、第三者アクセス、感覚規制当局、料金規制、所有モデルなどを検討予定。
- 国境を越えた CO₂ 輸送インフラの早期開発におけるコーディネーターを指名。
- EU-ETS における排出量算定ルールを開発し、あらゆる CO₂ 輸送手段を認めるとともに、CO₂ 漏洩の責任を確保。
- 標準化団体と協力して、輸送する CO₂ の基準や関連ガイドラインを確立。
- IMO を通じて、海上での CO₂ 輸送に関するガイドラインの開発を促進。

② CCS の普及

³⁷ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_24_585

- CO₂ プロバイダーと CO₂ の貯留・輸送事業者のマッチングを目的とし、CO₂ 輸送または CO₂ 貯留サービスの需要を評価・集約するためのプラットフォームを加盟国と協働で 2026 年までに開発。
- 潜在的な貯留サイトの投資アトラスを 2026 年までに作成。
- CCUS プロジェクトの知識共有プラットフォームを用いて、セクター別の CO₂ 削減ロードマップを作成。
- 2025 年までに、CO₂ 貯留のためのネットゼロ戦略プロジェクトの許認可プロセスのガイダンスを作成。

③ 大気中 CO₂ の除去の普及

- 欧州委員会の 2040 年、2050 年の排出削減目標に沿った炭素除去ニーズの目標を評価。
- 炭素除去を支援する政策やメカニズムの検討（EU-ETS で炭素除去を考慮する方法など）。
- 炭素除去の関連技術の研究、イノベーション、実証を Horizon Europe や Innovation Fund で加速。

④ CO₂ 利用の推進

- 産業における持続可能な炭素の資源利用を増やすための選択肢を評価。
- CCUS プロジェクトの知識共有プラットフォームを用いて、セクター別の CCU 活動のロードマップを作成。
- バリューチェーン全体における気候変動の観点でのメリットを反映した、革新的で持続可能な永久的/半永久的な CCU の普及にインセンティブを与えるための、産業炭素管理活動を説明する枠組みを作成。

また、産業炭素管理の発展に向けた環境を構築するために、投資・資金提供や市民理解、研究・イノベーション、国際協力の観点でも取組が必要であるとし、以下のように整理している。なかでも、EU-ETS などの域内法や UNFCCC などの国際条約での CCUS の算定方法の整理を、CCUS の普及に必要な環境整備として挙げて、今後対応を進めていくとしている点がポイントであり、今後の動きに注目が集まる。

■ 投資・資金提供

- 2024 年時点で、Joint European Forum for IPCEI を通じて、欧州共通の利益になる可能性のある重要な CO₂ 輸送・貯留インフラのプロジェクトの、透明性ある調整されたデザインに向けた作業を実施。
- セメントや石灰製造施設などにおける CO₂ 回収設備が十分に成熟し、プロジェクトベースの補助金支援から競争入札オークションなどの市場ベースの資金調達メカニズムへの移行が見込まれるほど十分な競争が生まれるかどうかを、2025 年までに評価。
- 2024 年時点で、CCS と CCU のプロジェクトへの融資に関して欧州投資銀行と協力。
- 2040 年および 2050 年までの Industrial Carbon Management における投資ニーズを促進。

■ 市民理解

- 加盟国と協力し、CO₂ の輸送・貯留プロジェクトの運営条件を規定し、プロジェクトを主催する地域コミュニティに報酬を与えることを検討。
- 加盟国及び産業界と協力して、産業炭素管理に関する知識、意識、公共の議論を高め

る。

■ 研究・イノベーション

- 産業 CCUS プロジェクト向けのコラボレーションや知識共有プラットフォームをサポート。
- 産業炭素管理技術への R&I（プロセスのエネルギー効率、コスト効率の最適化や、基準化に向けた前標準化の研究）への投資を継続

■ 国際協力

- UNFCCC の透明性枠組みの下で産業炭素管理を正確に報告・計上されることを促進するための国際協力を加速。
- インターナショナルカーボンプライシングで排出削減に重点を置きつつ、第三国における Hard to Abate 産業における炭素除去の普及にも務める。

4. 各国のガスのカーボンニュートラル化に向けた制度調査

フランス、ドイツ、イタリア、アメリカ、イギリスの5か国を対象に、合成メタン、バイオガス・バイオメタン、水素などに関連する各種戦略や制度について整理した。各国では、ガスの脱炭素化に向けて、水素・バイオメタンの導入促進のための様々な制度を既に導入、または現在検討している。その制度は、主に「a) 供給量確保の義務・目標」「b) 価格差等の低減支援」「c) 拠出金・賦課金」「d) 託送料金」「e) 環境価値の証明・分離/証書化」の5類型に整理することができ（表 4-1）、様々なアプローチ方法があることが分かる各制度の詳細は以降で説明する。

表 4-1 各国のガスの脱炭素化に関する導入促進制度の一覧

	制度タイプの説明	各国で導入・検討されている制度例
供給量確保の義務・目標	小売事業者などに対して、一定量の供給目標を設定して、非化石エネルギーの導入を促す制度。	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオガス生産証明書制度（フランス） ・バイオメタン調達目標（米国）
価格差等の低減支援	政府財源を活用して、非化石エネルギーの価格差等を支援する制度。	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオメタン入札制度（フランス） ・H2 Global（ドイツ） ・新バイオメタン法（イタリア） ・インフレ抑制法（米国）
拠出金・賦課金	需要家から賦課金、または事業者から拠出金を改修して、それを財源として非化石エネルギーの価格差等を支援する制度。	<ul style="list-style-type: none"> ・Green Gas Support Scheme（イギリス） ・ガス版 FIT 制度（フランス）
託送料金	非化石エネルギーの価格差を託送料金制度の活用などによって回収することで導入を支援する制度。	<ul style="list-style-type: none"> ・Biogas Neutrality Charge（ドイツ）
環境価値の証明・分離/証書化	製造事業者が非化石エネルギーの環境価値を証書化して販売することで、価格差の負担を低減して製造を支援する制度。	<ul style="list-style-type: none"> ・各国で導入されているバイオメタンや水素の GO 制度（フランス、ドイツ、イタリア、イギリスなど）

（出典）各国政府資料などより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

4.1. フランスの各種戦略・制度等

フランスは、2011年からガス版 FIT 制度を開始する等、欧州のなかでもガスの脱炭素化に向けた政策を先導してきた国の一つである。直近では、2023年に CCUS 戦略やエネルギー気候戦略などのカーボンニュートラルに向けた政策の方向性を整理しており、バイオガスや水素に関して具体的な目標等を設定している。また、ガス版 FIT 制度に加えて、バイオメタン入札制度、バイオガス生産証明書制度を新たに導入する計画を進めており、ガスの脱炭素化に向けた具体的な制度構築も活発化している。

4.1.1. 複数年エネルギー計画（PPE）

フランス政府は 2020 年 4 月、2019-2028 年の複数年エネルギー計画（PPE：Programmation Pluriannuelle de l'énergie：複数年エネルギー計画）を発表した。本計画では、最終エネルギー消費における再エネ割合を 2030 年に 33%にすることを掲げている。

本計画のなかでガスの脱炭素化に関しては、「天然ガスは徐々にバイオガスや合成ガス（特にメタン）に置き換える必要がある」と言及している。また、水素については輸送部門における脱炭素施策として有効と整理し、水素関連の目標の一つとして自動車の導入目標なども掲げている（表 4-2）。バイオガスについては、「貯蔵が容易」「農家に追加的な収益機会を提供」「廃棄物の回収・利用可能」「既存のエネルギーネットワークを使用可能」などの利点があると整理しており、生産量の目標に合わせてガス管注入量の目標も掲げている（表 4-3）。

表 4-2 複数年エネルギー計画で示された水素関連の導入目標

	PtoG の実証件数	産業用水素のうち脱炭素電源由来の水素の割合	水素自動車台数	
			小型	大型
2023 年	1-10 件	10 %	5,000 台	200 台
2028 年	10-100 件	20-40 %	20,000-50,000 台	800-2,000 台

（出典）フランス政府「Synthèse de la PPE」³⁸より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

表 4-3 複数年エネルギー計画で示されたバイオガス関連の導入目標

	バイオガス生産量
2023 年	14 TWh（うち 6TWh をガス管に注入）
2028 年	24-32 TWh（うち 14-22 TWh をガス管に注入）

（出典）フランス政府「Synthèse de la PPE」³⁸より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

4.1.2. 水素戦略

(1) 水素戦略（2020 年公表版）

フランス政府は 2020 年 9 月に、「脱炭素水素のための国家戦略」を発表した³⁹。本戦略

³⁸ <https://www.ecologie.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe>

³⁹ <https://www.economie.gouv.fr/presentation-strategie-nationale-developpement-hydrogene-decarbone-france>

では、①国内の水素産業の創出、②大型輸送部門の水素導入、③研究開発・能力開発の3つを重点分野として整理して、取り組みを推進していく旨を記載している。

① 国内の水素産業の創出

- 2030年に6.5GWの水電解設備を設置する目標を設定し、国内の水素製造事業市場を発展させる。
- 燃料精製、化学品精製、電子機器・食品産業などで利用する化石由来水素について、脱炭素水素へ代替を進める（※フランス政府の言及する「脱炭素水素」には、再エネ由来だけでなく原子力由来の電力で生産された水素も含まれる）。
- 脱炭素水素のGO制度、追加報酬型の支援策の開発を進める。

② 大型輸送部門での水素導入

- 小型商用車、大型トラック、バス、ゴミ処理車、鉄道などの高出力・長距離輸送における水素の導入を進める。
- 水素の供給側と利用側でパートナーシップを組んで、大型輸送における水素の導入に向けたプロジェクトを大規模に進める。

③ 研究開発と能力開発

- 脱炭素水素の導入によるエネルギーネットワークの安定化、鉄鋼業や化学工業・航空・航空・船舶の脱炭素化、ガス部門の脱炭素化などを目指し、研究開発を支援し、能力開発を進める。

長期エネルギー計画における記載と同様に、輸送部門での水素利用に力を入れている状況が窺える。他方で、ガス部門の脱炭素化に向けた研究開発・能力開発にも言及している。なお、

(2) 新水素戦略

現在フランス政府は、2020年に発表した水素戦略の改訂の作業を進めており、2023年12月に新水素戦略案を公表している⁴⁰。戦略案へのパブリックコメントを踏まえて、2024年初頭に合意に向けた会合を設ける予定にしている。

新水素戦略案では、以下の7点を優先事項と定めて、取り組みを推進する旨を記載している。

① 生産設備の導入促進

- 2030年に6.5GW、2035年に10GWの低炭素水素の生産設備を導入する目標を設定する。

② 水素ネットワークの開発

- 水素ハブ（図4-1）内における水素ネットワークインフラの開発、貯蔵インフラへの接続を加速させる（500km程度のパイプラインを想定）。
- 水素ハブ以外にも、集中的なモビリティの利用などを含めたローカルな水素の普及も付続き重要であり、地域供給ネットワークの整備にも取り組む。
- 2026年までに最初の水素ネットワークのルート案と関連する規制を作成する。

⁴⁰ <https://www.ecologie.gouv.fr/consultation-sur-nouvelle-strategie-francaise-deploiement-lhydrogene-decarbhone>

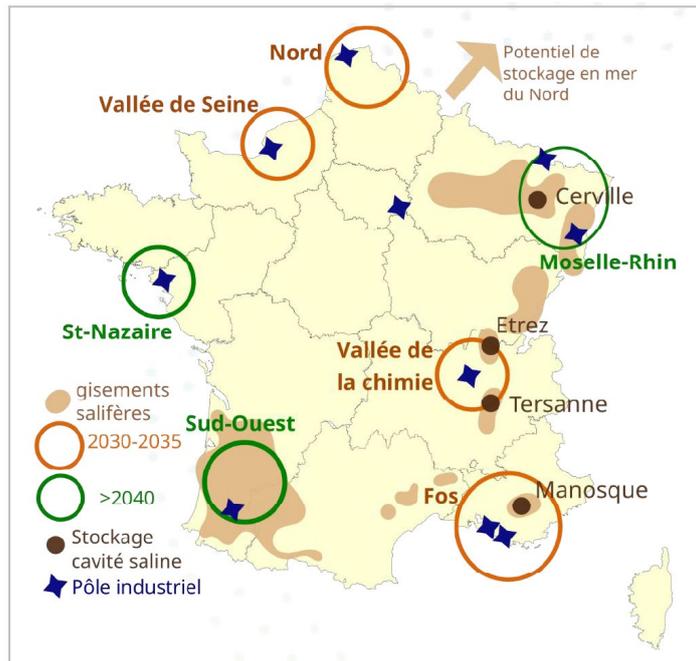


図 4-1 主要なフランス国内の水素ハブ

(出典) フランス政府「stratégiques pour le développement de l'hydrogène décarboné en France (December 2023)」⁴⁰

- ③ 競争力ある水素生産の促進
 - 競争力ある水素生産を促進するために、競争入札に基づく差額決済契約制度による水素生産の支援を開始する。
- ④ 国際的な水素市場への展開
 - 2030年時点では国際的な水素輸入は限定的であると考えられるが、2040年までには大陸間の輸送が存在すると考えられる。公的支援としては引き続き国内生産に重点を置くが、水素の輸入に関する妥当性や輸送方法、必要なインフラなどの情報も整理し、2024年第1四半期までに報告書を作成する。
 - 国際的な水素市場を獲得するには、水素の輸出の促進が不可欠と認識しており、国内の水素関連技術・製品の輸出をサポートする。
 - 水素の導入促進に向けた基準作りなどに関して、国際協力を進める。
- ⑤ 水素関連技術・製品の開発強化
 - 以前に支援した水素関連技術・製品の商用化を確実に進める。
 - 水素関連技術・製品の原材料などの確保・開発も進める。
- ⑥ 水素導入によるエネルギーシステムの柔軟性の向上
 - 電解槽による電力効率の向上を進めるとともに、電力の貯蔵能力を高めることで、水素普及をエネルギーシステムの柔軟性を高める機会にする。
- ⑦ 水素普及に向けた環境整備
 - 水素普及に関連する許認可プロセスの簡易化、規制枠組みの整備、労働者の能力開発などを進める。

4.1.3. CCUS 戦略

フランス政府は 2023 年 6 月に、「CCUS 戦略」を発表した⁴¹。本戦略は、CCUS は排出削減施策を補完するものであり、特に脱炭素化施策が取れないケースや移行期において重要になると整理している。2030 年までに 4-8.5MtCO₂/年の CO₂ を回収するポテンシャルがあると試算している。

主要工業地帯を中心に CCUS を普及させていくことを計画しており、2026-2030 年のフェーズ 1 で Dunkerque、Le Havre、Fos-sur-Mer、2028-2033 年のフェーズ 2 で Piémont pyrénéen、Estuaire de la Loire、Bassins aquitain、2033 年以後のフェーズ 3 で Grand Est に CCUS を導入していく普及経路を描いている（図 4-2）。また、そのためには 110-180 億€が必要と試算している。

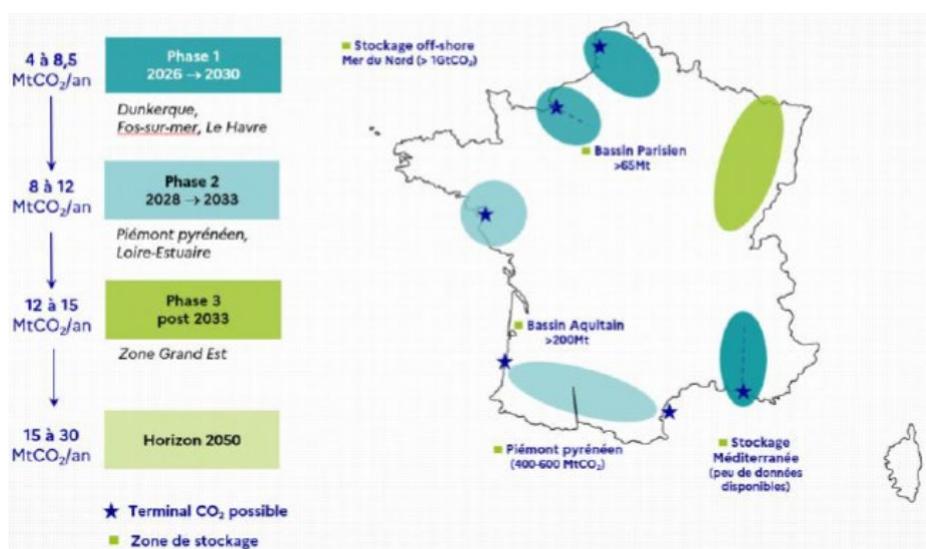


図 4-2 想定している CCUS 普及経路

(出典) フランス政府「stratégie de Capture, stockage et utilisation du carbone」⁴¹

今後の施策として、CCUS を支援する CfD (差金決済契約) 制度を開始する予定であり、2024 年前半に最初の入札を開始する予定で準備を進めていくとしている。また、2023-2024 年主要な CO₂ 貯留候補地における貯留ポテンシャルの評価を実施し、2024-2025 年に最初の注入テストを実施する予定であるとしている。

なお、本戦略において、合成燃料に関しては航空・海運の脱炭素化において重要となる可能性がある」と記載しているが、合成メタンへの言及はない。

4.1.4. エネルギー気候戦略

フランス政府は 2023 年 11 月 22 日、2050 年カーボンニュートラルに向けた「エネルギー・気候戦略 (Strategie française pour l'énergie et le climat)」を発表した⁴²。本戦略では、2027 年までの石炭火力発電の廃止などを掲げて、化石燃料依存からの脱却を目指すとしている。また、2035 年の再エネ設備容量として、太陽光を 75-100GWh、陸上風力を 40-

⁴¹ <https://www.conseil-national-industrie.gouv.fr/actualites/consultation-sur-la-strategie-nationale-ccus>

⁴² <https://www.ecologie.gouv.fr/consultation-publique-sur-strategie-francaise-energie-climat>

45GWh、洋上風力を 18GWh を掲げている。

バイオガスの導入拡大に関しても言及している。本戦略によれば、2023年8月時点でガスグリッドにバイオメタンを注入する生産設備が 592 施設あり、その生産容量は 10.5TWh/年に到達している。2030年の生産量目標としては、現状の約 5 倍となる 50TWh（うち 44TWh をガスグリッドに注入）に設定している。

水素については、脱炭素水素の生産容量を 2035年までに 10GW にする目標を設定した。主要な工業地帯や重輸送部門を中心に導入を進めていく方針を示しており、そのための水素の輸送インフラ・貯蔵インフラの整備にも力を入れることを明記している。

4.1.5. ガス版 FIT 制度

フランス政府は 2011年より、ガスネットワークに注入するバイオメタンを対象とした固定価格買取制度を導入している⁴³。本制度では、ガス供給事業者が生産事業者から 15年間にわたり固定価格でバイオメタンを買い取ることを保証する制度である。本制度の対象は、非有害物質・廃棄物の消化、都市排水・産業排水の処理、家庭用および類似の非有害廃棄物の埋立処分設備からバイオメタンを生産して天然ガスネットワークに注入する、年間生産能力が 25GWh 未満の国内の新規設備である。財源は天然ガスの最終消費者から徴収する賦課金から拠出されている。

固定買取価格は、原材料やその設備の年間推定生産量などに伴って決まるが、おおよそ 10c€/kWh 前後である。買取価格の算定方法は頻繁に改訂されている。直近では 2023年6月10日に改訂され⁴⁴、買取価格の算定式にメタン化設備のエネルギーコストの変動が組み込まれ、また買取価格が年 2 回更新されるなどの修正がなされている。ガス導管事業者の GRDF によれば、今回の改訂は、国際的な電力価格の高まりなどの影響を受けてバイオガスの生産コストが高まっていることを踏まえた措置であると整理されている⁴⁵。フランスの送ガス事業者の GRTgaz によれば、この改訂により、以前の算定方法と比べて買取価格の相場が約 15%増加すると考えられる⁴⁶。また、

4.1.6. バイオメタン入札制度

フランス政府は、2022年に新設のバイオメタン生産設備を対象とした入札制度を発表した⁴⁷。本制度は、競争入札制度の結果選ばれた生産設備に、15年間にわたって固定価格での購入契約を与える制度である。本制度の対象は、非有害物質・廃棄物の消化、または家庭用および類似の非有害廃棄物の埋立処分設備からバイオメタンを生産して、天然ガスネットワークに注入する、年間生産能力が 25GWh 以上の国内の新規生産設備である。これまで導入されてきたガス版 FIT 制度では 25GWh 未満の設備が対象となっていたため、本制度の導入により 25GWh 以上の新設設備に対しても 15年の固定価格買取型の支援がされることとなる。

第 1 期の入札が 2024年2月、第 2 期の入札が 2024年6月、第 3 期の入札が 12月に予定されており、3 回の入札の合計で、年間 1.6TWh 分の生産能力をカバーすることになる（表 4-4）。

⁴³ <https://www.ecologie.gouv.fr/biogaz>

⁴⁴ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000047670236>

⁴⁵ <https://projet-methanisation.grdf.fr/actualites/producteurs-de-biomethane-des-bonnes-nouvelles-reglementaires-parues-le-13-juin-2023>

⁴⁶ <https://www.grtgaz.com/medias/actualites/hausse-tarifs-dachat-du-biomethane>

⁴⁷ <https://www.cre.fr/documents/Appels-d-offres/appel-d-offres-portant-sur-la-realisation-et-l-exploitation-d-installations-de-production-de-biomethane-injecte-dans-un-reseau-de-gaz-naturel>

表 4-4 バイオメタン入札制度の入札スケジュール

	入札期間	入札の生産容量
第1期	2024年2月1日～2月15日	500 GWh/年
第2期	2024年6月9日～6月23日	550 GWh/年
第3期	2024年12月2日～12月16日	550 GWh/年

(出典) フランス政府ウェブサイト⁴⁷より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

4.1.7. バイオガス生産証明書制度

フランス政府は 2022 年 4 月、「バイオガス生産証明書制度 (CPB: Certificats de production de Biogaz)」の構築に向け、基本設計を発表した (表 4-5)。本制度は、ガス供給事業者に対してバイオガスを生産してネットワークに注入する義務を課す制度であり、供給事業者は、自らバイオガスを生産してネットワークに注入すること、またはバイオガスを生産・注入する他の事業者から「バイオガス生産証明書」を購入することにより、供給義務量を満たす必要がある。現在は制度の詳細を議論中であり、2026 年から開始予定である。

表 4-5 バイオガス生産証明書制度の概要

対象設備	<ul style="list-style-type: none"> 非有害物質・廃棄物の消化槽、または家庭用および類似の非有害廃棄物の埋立処分設備からバイオガスを生産し、天然ガスネットワークに注入する国内設備が対象。
対象事業者	<ul style="list-style-type: none"> 供給・消費量が 400GWh を超えるガス供給事業者が対象。 毎年 100GWh ずつ閾値が引き下げられ、5 年目にはすべてのガス供給事業者が対象になる予定。
バイオガス生産証明書	<ul style="list-style-type: none"> バイオガスをガスネットワークに注入する際に、注入量 1MWh あたり 1 部発行。 証明書には、以下の情報が記載される。 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 生産設備の名前と場所、設備の種類と推定年間生産量、設備の運転開始日、国から受けた支援、注入契約の書類、設備が接続しているガスネットワークの管理者の名前と連絡先、バイオガスの注入量、証書の発行対象となるバイオガスのバッチ、注入期間の開始日・終了日、証明書の発行日
証明書の取引	<ul style="list-style-type: none"> 生産証明書は登録簿に口座を持つ事業者間で取引可能。
供給義務量	<ul style="list-style-type: none"> 現在検討中であるが、2023 年 11 月に行われたパブコメでは、対象事業者合計の供給義務量は以下のとおり。2026 年: 1.2TWh 2027 年: 5TWh 2028 年: 10.4TWh

(出典) フランス政府「Décret n° 2022-640 du 25 avril 2022 relatif au dispositif de certificats de production de biogaz」⁴⁸、GRDF ウェブサイト⁴⁹より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

本制度の導入により、バイオガス生産事業者は、市場でのバイオガス販売収益に加えて、バイオガス生産証明書の収益を得られる可能性がある。本制度は、新設設備を対象としているガス版 FIT 制度やバイオメタン入札制度とは異なり、既設設備にもインセンティブを与えることができる点が特徴である。2011 年に導入されたガス版 FIT 制度の固定価格の買取期間は 15 年間であり、徐々に支援対象期間を終える設備が出てくるのが想定されるため、本制度がそれらの設備の収益性に見通しを与えることが期待されている。

⁴⁸ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000045653118>

⁴⁹ <https://projet-methanisation.grdf.fr/la-methanisation/la-vente-du-biomethane/les-certificats-de-production-de-biogaz-cpb>

4.1.8. バイオガス GO 制度

フランスではバイオガスの GO 制度が導入されている。フランスエネルギー移行省に委託され、EEX 社が登録簿を運営している⁵⁰。この GO 制度では、グリッドに注入されたバイオガスを対象とし、バイオガス 1MWh に対して 1 単位の GO が発行される。GO 発行は、生産期間の収量後の 5 か月以内に申請する必要がある。GO の有効期限は、生産期間の収量から 1 年であり、それを超えると償却や譲渡が出来なくなる。発行された GO はバイオガスの供給事業者が、ガスと合わせて取引することなどで償却される。レジストリに口座を持つ事業者間では、GO の譲渡が可能である。

なお、本制度では 2019 年に制度改正があり、2020 年 11 月 9 日より前にガス供給事業者と生産事業者が買取契約をしている場合は、その供給事業者が GO 発行することができるが、2020 年 11 月 9 日以降に買取契約をしている場合は、GO 発行の権利は政府に無料で譲渡され、政府が GO 発行を行って入札制度で取引される形になっている。

⁵⁰ <https://www.eex.com/en/services/registry-services/french-biogas-guarantees-of-origin-registry>

4.2. ドイツの各種戦略・制度

ドイツでは、2021年に改正連邦気候保護法を採択し、GHG排出量の削減ならびにカーボンニュートラルの達成の目標基準年を早めた。これを踏まえ、達成の一つの手段として水素などのグリーンガスへの施策も高まっている。カーボンニュートラルに向けた世界的な気運や、エネルギーの安全保障問題を踏まえ、2020年に発表していた国家水素戦略を2023年にアップデートし、国内における水素の製造・利用促進に関する目標を引き上げるとともに、2030年までの具体的行動計画も発表している。水素の重要なキャリアとして、アンモニア、メタノール、合成メタンなども位置付けられ、ドイツ政府も資金提供しているH2Globalプロジェクトでは、アンモニア、メタノール、SAFについて支援がなされている。また、業界団体では水素のガス管への注入割合と安全性の検討や、ガス消費に占める将来的な水素やバイオメタン等の割合の試算などが、水素ならびにバイオメタン、合成メタンを段階的に消費者が利用していくための検討がなされている。

4.2.1. 改正連邦気候保護法

ドイツは、2016年に中長期の脱炭素政策における計画として2050年に向けた「気候保護計画2050」を採択した。本計画では、2050年までのカーボンニュートラルを実現し、2030年までに温室効果ガス排出量を1990年比で55%削減する目標を掲げていた。2019年12月には「連邦気候保護法」を施行し、同法を具体化するための「気候保護プログラム2030」も公表された。2021年には連邦気候保護法を改正し、温室効果ガス削減目標を引き上げた（表4-6）。また、(1) エネルギー、(2) 製造業、(3) 建造物、(4) 交通、(5) 農林業、(6) 廃棄物その他、の6分野においても、GHGの年間許容排出量を規定しており、本改正によってその許容排出量も引き下げられた。さらに、森林など炭素吸収源の保全・再生を推進することで、特定の産業プロセスでどうしても削減できない温室効果ガスの排出量を相殺する目標も導入した。

これら目標の達成にあたっては、再生可能エネルギーへの転換を推進するほか、合成燃料や水素の重要性も指摘し、特に水素についてはドイツが世界の水素市場を牽引すべく、国家水素戦略を定めた（4.2.2参照）。

表 4-6 改正連邦保護法における目標値

年	改正連邦気候保護法（2021）	連邦気候保護法（2019） ※気候保護計画2050（2016）に基づく
2030	GHG 排出量 65%削減（1990年比）	GHG 排出量 55%削減（1990年比）
2040	GHG 排出量 88%削減（1990年比）	—
2045	カーボンニュートラル達成	—
2050	GHG ネガティブ	カーボンニュートラル達成

（出典）ドイツ政府ホームページ「Climate Change Act 2021 Intergenerational contract for the climate」⁵¹を基に、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

4.2.2. 国家水素戦略（2023年）

水素に関してドイツ政府は、カーボンニュートラルの達成、パリ協定の目標の達成、水素社会への転換によるドイツ経済成長のため、水素が重要な役割を担うと位置付け、今後の戦略を示したものとして、2020年6月に第一次の水素国家戦略（The National Hydrogen Strategy）を採択した。これに対し、2023年7月、ドイツ政府は国家水素戦略をアップデート

⁵¹ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/climate-change-act-2021-1936846>（最終アクセス 2024/03）

ートした。原則として 2020 年の水素戦略が引き続き適用されるとしつつも、気候変動対策の要求の高まりと、エネルギー市場の安全保障という新たな課題に戦略を適合させ、野心的な目標を設定するために改定したものとしている。

(1) 国家水素戦略における重点分野

国家水素戦略の中では、4つの領域（水素の製造、水素の利用、研究・教育・イノベーション、EU への働きかけ）から 8 の重点分野を示している。水素だけでなく、水素誘導体（合成メタンなどが該当）や PtX (PtL や PtG) についても合わせて記載されているのが特徴で、燃料輸送や産業・輸送セクターでの利用において誘導体に変換することも意識されている。

表 4-7 国家水素戦略で示されている重点分野

重点分野	方針
水素生産	国内市場を拡大。 水素生産のために再エネ電力の発電容量を拡大（特に風力・太陽光）。
農業	削減困難なセクターの気体燃料・液体燃料を、水素とその誘導体に転換。 一部産業の既存水素インフラを活用し、鉄鋼などに用いるためにアップグレード。
交通	バス・電車・トラックや商用車について燃料電池車を導入。 長期的には、航空・船舶において PtX による水素ベースのエネルギーを利用。
熱利用	長期的には、水素とその誘導体が熱部門の脱炭素化に貢献。
欧州共同プロジェクト	北海風力発電や南欧太陽光発電などからグリーン水素を生産。 既存ガスインフラを活用して水素輸送に利用。国境を越えて EU のエネルギー移行に貢献。
国際貿易	排出削減目標達成には再エネ輸入が必要、水素等の国際貿易は重要。
国内外の輸送インフラ	既存のガスインフラを一部水素にも利用し、水素専用インフラの構築も推進。 国際貿易においては、PtX 製品や LOHC などによる輸送も重要。
研究開発	水素のバリューチェーンに沿った重要な技術の研究を支援。

（出典）ドイツ政府「The National Hydrogen Strategy」（2020）⁵²を基に、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(2) 国家水素戦略（2023）の変更点

ドイツ政府は、2023 年 7 月にこれまでの国家水素戦略をアップデートし閣議決定した。改定後においても、基本的な考え方は引き続き適用されるとしつつも、野心的な目標が設定されている。主な変更点を表 4-8 に示す。

目標においては、国内の水素の製造能力を改定前は 2030 年までに 5GW だったのを 10GW 以上とし目標を 5GW 以上増加させた。水素需要については、2022 年時点で 55TWh から、2030 年に 95～130TWh まで拡大すると予想している。本予想は、改定前と比較し 5～20TWh ほど増加させたことになる。なお、水素にはアンモニアなどの水素は生物も含まれている。

⁵² https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/bmwi_nationale_wasserstoffstrategie_eng_s01.pdf?_blob=publicationFile&v=1（最終アクセス 2024/03）

表 4-8 国家水素戦略 2023 の概要

重点分野	国家戦略 (2023) 概要	国家戦略 (2020) 概要
採択日	2023 年 7 月 26 日	2020 年 6 月 10 日
概要	<ul style="list-style-type: none"> 原則として 2020 年の水素戦略が引き続き適用 気候変動対策の要求の高まりと、エネルギー市場の安全保障の新たな課題に戦略を適合させ、野心的な目標を設定するために改定 	<ul style="list-style-type: none"> カーボンニュートラルの達成、パリ協定の目標の達成、水素社会への転換によるドイツ経済成長のため、水素が重要な役割を担うと位置付け、今後の戦略を示したもの
目標	グリーン水素の製造能力 (電解設備容量) <ul style="list-style-type: none"> 2030 年までに 10GW 以上 	グリーン水素の製造能力 (電解設備容量) <ul style="list-style-type: none"> 2030 年までに 5GW (グリーン水素生産の 14TWh に相当) 2040 年までに 10GW
水素需要	2030 年まで : 95~130TWh	2022 年時点 : 55TWh (化石燃料由来の水素から生産) 2030 年まで : 約 90~110TWh
投資	—	1,300 億€の景気刺激策「未来へのパッケージ (Package for the future)」の一つとして、水素技術市場の立ち上げのため、総額 90 億€の予算を確保 国内の水素関連技術への投資 : 70 億€ 国際連携促進への投資 : 20 億€
政策	本改訂では、2023 年までの短期対策、2024/2025 年までの中期対策、そして 2030 年までに実施され得る長期対策に分けて、作業プログラムを設定。特に 2030 年目標のビジョンを提示 「国内・国際的な水素市場の立ち上げ強化」と位置付けているフェーズ 2 (2024~2030 年) について、政府として焦点をあてる 4 つの主要分野と 2030 年目標達成に必要な行動分野とそれに関する目標を定義	行動計画として、2 段階を設定。主に水素製造と使用に関して計画を策定 フェーズ 1 (2020~2023 年) : 「水素市場の立ち上げ開始と機会の活用」と位置づけ フェーズ 2 (2024~2030 年) : 「国内・国際的な水素市場の立ち上げ強化」と位置づけ フェーズ 1 では、4 つの領域で 38 の具体的な施策を打ち出し

(出典) ドイツ政府「National Hydrogen Strategy Update」(2023)⁵³よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

アップデートした国家戦略の中では、新たに 2030 年目標ビジョン (target vision 2030) を設定した。目標ビジョンは「水素市場の立ち上げの加速 (Accelerated market ramp-up of hydrogen)」「水素及びその誘導体の十分な利用可能性の確保 (Ensuring sufficient availability of hydrogen and its derivatives)」「効率的な水素インフラの開発 (Development of an efficient hydrogen infrastructure)」「各分野における水素応用の実

⁵³https://www.energypartnership.jp/fileadmin/user_upload/japan/media_elements/national-hydrogen-strategy-update.pdf (最終アクセス 2024/03)

施 (Implementation of hydrogen applications in the sectors)」「ドイツが 2030 年までに水素技術の主要プロバイダーとなる (Germany will become the lead provider of hydrogen technologies by 2030)」「適切な枠組み条件の創出 (Creation of appropriate framework conditions)」の 6 つ項目からなる。各項目の目標ビジョン概要を表 4-9 に示す。これらの目標ビジョンは、より長期的な目線で水素製造だけでなくインフラ整備や活用にも焦点をあてて設定したものであり、2030 年にあるべき状態として記載されている。

表 4-9 国家水素戦略 (2023) における 2030 年目標ビジョン

項目	目標ビジョン概要
水素市場の立ち上げの加速	・ 水素、その誘導体、ならびに水素応用技術の市場の立ち上げの大幅な加速と、バリューチェーン全体に沿った野心レベルの大幅な上昇
水素及びその誘導体の十分な利用可能性の確保	・ 2030 年の国内の電解槽容量を 5GW から少なくとも 10GW 以上に増加する。残りの需要は輸入で賄われることになり、別途輸入戦略が策定される予定
効率的な水素インフラの開発	・ 2027 年/2028 年までに IPCEI の資金を活用し、1,800km 以上の再利用及び新設の水素パイプラインを備えた水素スタートアップグリッドをドイツに設置予定。欧州全土では 4,500km が追加予定。さらに拡大し、2030 年までにすべての主要な生産、輸入、保管センターが関連する消費者に接続され水素が提供されるようになる
各分野における水素応用の実施	・ 2030 年まで水素とその誘導体は、産業や大型商用車、航空などでの利用の増加を想定。電力分野では、水素のエネルギー供給の安全性に貢献。将来的に集中型および分散型熱供給システムにおける水素の使用のために、関連する枠組み条件を策定 (規制緩和含む)
ドイツが 2030 年までに水素技術の主要プロバイダーとなる	・ ドイツのサプライヤーは技術面でのリーダーシップを強化。現在は、製造(例: 電解槽)からさまざまな用途(例: 燃料電池技術)まで、水素技術の付加価値チェーン全体を提供
適切な枠組み条件の創出	・ 国内、欧州、可能であれば国際レベルでの一貫した枠組み条件の創出を支援。これらには、調整された管理に加えて、効率的な計画と承認手続き、適切に装備された統一基準と認証システムが含まれる

(出典) ドイツ政府「National Hydrogen Strategy Update」(2023) 53 より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

また、国家戦略の中で、2024 年～2030 年までに政府として政府として焦点をあてる 4 つの主要分野と 2030 年目標達成に必要な行動分野とそれに関する目標を定義した。国家水素戦略では、水素戦略における行動計画の段階を、フェーズ 1 (2020～2023 年) を「水素市場の立ち上げ開始と機会の活用」、フェーズ 2 (2024～2030 年) を「国内・国際的な水素市場の立ち上げ強化」の 2 段階で位置づけ、2020 年においてはフェーズ 1 について、4 つの領域で 38 の具体的な施策を打ち出していた。2023 年の改訂国家水素戦略では、2020 年では言及されてこなかったフェーズ 2 (2024～2030 年) について、政府として焦点をあてる 4 つの主要分野と 2030 年目標達成に必要な行動分野とそれに関する目標を定義している。

4つの主要分野とは、「利用可能な十分な水素の確保」「効率的な水素インフラの整備」「水素アプリケーションの実装」「効果的なフレームワーク条件の作成」である（図 4-3）。それぞれの概要を表 4-10 に示す。それぞれの分野において、2023 年までの短期的に実施するもの、2024 年から 2026 年の中期的に実施するもの、2026 年以降長期的に実施するものを定めている。

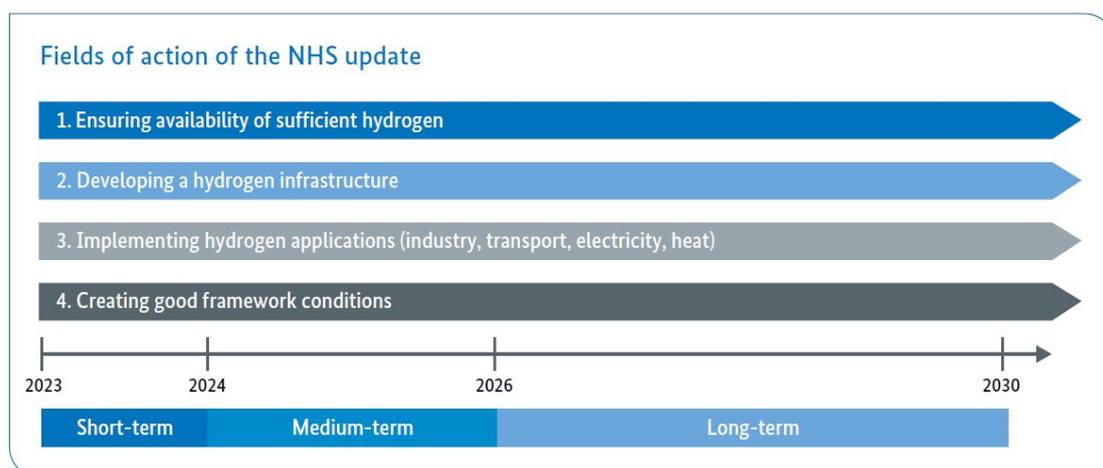


図 4-3 国家水素戦略（2023）で示された行動計画の 4 つの主要分野
 （出典）ドイツ政府「National Hydrogen Strategy Update」（2023）⁵³

表 4-10 国家水素戦略（2023）で示された行動計画の 4 つの主要分野の概要

項目	概要
利用可能な十分な水素の確保	<ul style="list-style-type: none"> 世界的ならびにドイツでの需要拡大を見込み、水素の製造能力を拡大するとともに、水素やその誘導体の輸入も拡大
効率的な水素インフラの整備	<ul style="list-style-type: none"> 市場拡大のためにパイプラインを建設し、国内の水素インフラネットワークを整備、EU 加盟国とも接続し、欧州内で精算された水素の流通確保を目指す
水素アプリケーションの実装	<ul style="list-style-type: none"> 産業部門、輸送部門、電力部門など様々なセクターで水素ならびに派生物が利用され必要になってくることを踏まえ、個々の用途分野における水素の使用を制限しない形で、水素のアプリケーションを実装
効果的なフレームワーク条件の作成	<ul style="list-style-type: none"> 水素市場の拡大のために、水素生産、輸送、燃料補給、輸入インフラの構築については、簡素化と加速化のための法的要件が検討、規制障壁を解体 サステナビリティ基準と認証について調和を目指すとともに、研究・イノベーション・専門人材育成の強化にも取り組む

（出典）ドイツ政府「National Hydrogen Strategy Update」（2023）⁵³ より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(3) 国家水素戦略（2023）におけるメタネーションの位置づけ

国家水素戦略において、合成メタンやメタネーションに関する言及はほとんどないが、分野別の行動や目標を示した章にて「3. Implementing hydrogen applications（水素アプリケーションの実装）」の「c)power」に関する項目で、メタネーションについて言及されている。再エネの長期的な貯蔵と輸送を可能にする水素の重要なエネルギーキャリアとして、合成メタンを位置づけている。なお、2020年の国家水素戦略では、「synthetic fuels」としてのみ言及されており、アップデートによって「synthetic methane」として具体的に記載された。

【国家水素戦略 2023 における記載】

*In an increasingly climate-neutral power system, grid-connected hydrogen will become an important energy carrier, as it makes the long-term storage and transport of energy from renewable sources possible. This also includes hydrogen derivatives such as **synthetic methane**, ammonia, methanol, paraffin and other synthetic fuels.*

（出典）ドイツ連邦政府「National Hydrogen Strategy Update」（2023）⁵³p.23 より引用

4.2.3. H2 Global プロジェクト

H2 グローバル財団は、水素産業の世界市場の発展を促進することを目的に 2021 年 6 月に設立され、ドイツ国内および開発途上国を含む国際レベルで、グリーン水素やその他のカーボンニュートラルなエネルギーキャリアの生産と使用の促進に向けた活動を支援する。H2 グローバルの活動には、65 の企業が参画し寄付の形で協力している（2024 年 3 月現在）。参画組織には、エネルギー会社だけでなく鉄鋼セクターや運輸セクター、金融機関なども名を連ねている。

ドイツ・連邦経済・気候保護省（BMWK）は 2022 年 12 月に、欧州域外でのグリーン水素とその派生品（アンモニア、メタノール、ジェット燃料など）の生産・輸入を進める「H2 グローバル」プロジェクトを開始し、H2 グローバル財団によるグリーン水素の供給を支援するため、9 億ユーロ（約 1,400 億円）を超える資金配分を発表した⁵⁴。ドイツ政府はさらなる増額を発表しており、今後さらに資金配分が増額される可能性がある。

H2 グローバルのスキームとしては、調達に長期契約の入札と販売の短期契約の入札で構成される。H2 グローバル財団の子会社で、H2 グローバルスキームにおいて仲介機関を務める HINT.CO（Hydrogen Intermediate Company）が、10 年間の長期契約で水素派生製品を購入し、短期契約で需要側事業者へ競売の形で販売する（図 4-4）。なお、HINT.CO による購入価格と需要家への販売価格の差額は政府が資金援助する形となる。

水素派生製品の対象は、水素に由来するグリーンアンモニア、グリーンメタノール、e-SAF であり BMWK より配分された資金は 10 年間にわたってこれら 3 製品の購入に使用される。2022 年 12 月に、HINT.CO は、ヨーロッパへの輸入用のグリーンアンモニアの調達に関する最初の H2Global 入札手続きを開始したことを発表し、その中ではグリーンメタノールと e-SAF の入札は間もなく行われる予定とされた⁵⁵。現在は入札を評価している段階であり、2024 年末までに落札者からの納入が予定されている。

⁵⁴ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/12/20221208-bundesministerium-fur-wirtschaft-und-klimaschutz-startet-erstes-vergabeverfahren-fur-h2global.html>（最終アクセス 2024/03）

⁵⁵ <https://www.h2-global.de/post/900-million-eur-market-ramp-up-green-hydrogen>（最終アクセス 2024/03）

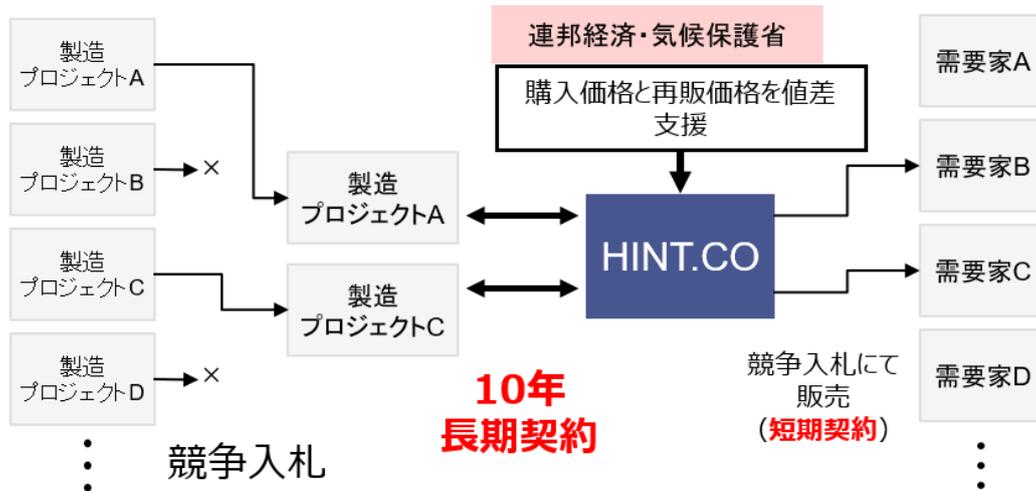


図 4-4 H2 グローバルのスキーム

(出典) H2Global Foundation ウェブサイト⁵⁶を基に、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

4.2.4. Biogas Neutrality Charge

ドイツでは、ガスのネットワーク管理者が、バイオガスをネットワークに注入する事業者に対して一定金額を支払う制度 (Biogas neutrality charge) が導入されている。その支払金額とその他のバイオガスの輸送に関連するコストは、ネットワークの Exit-Point で、ネットワーク料金に加えて「Biogas Neutrality Charge」を徴収することで、ネットワーク利用者に転嫁することが定められている。2014 年 1 月より、GasNEV (Gasnetzentgeltverordnung: ガスネットワーク料金に関する規定) の第 20 条 b 項が改正され、ドイツ全土でバイオガスニュートラル料金が導入された。

GasNEV の第 20 条の a 項では、バイオガスを輸送する事業者は、バイオガスを注入するネットワークの管理者から、バイオガス 1kWh あたり 0.007€ の定額料金を受け取り、ネットワーク接続の試運転時から 10 年間、ネットワークコストの支払いを回避できることが規定されている⁵⁷。また、続く第 20 条の b 項では a 項で規定しているネットワーク管理者がバイオガスを輸送する事業者に払う料金、およびその他のバイオガスの輸送に関連するコスト (ネットワークへの接続やバランシングに伴うコスト) は、ネットワークの Exit Point で徴収する料金に含めることで、国全体に転嫁される旨が記されている⁵⁸。

なお、2024 年の全土における Biogas Neutrality Charge は、0.8381 EUR/kWh/h/a である。

4.2.5. その他の関連政策：炭素管理戦略における炭素貯留法 (KSpG)

ドイツ連邦経済・気候保護省は、2024 年 2 月 26 日に、炭素管理戦略の主要原則ならびに同戦略に基づく「炭素貯蔵法 (KSpG)」改正の草案を発表した⁵⁹。同戦略と炭素貯蔵法改正草案は、今後各州や関係団体との協議を経て閣議に提出される予定となっている。

ドイツでは 2012 年に炭素貯蔵法 (KSpG) が施行され、ドイツ国内での CCS の実施は研究・試験目的の貯蔵に限り認められていた。新たな改正草案との違いを表 4-11 に示

⁵⁶ <https://www.h2-global.de/project/foundation> (最終アクセス 2024/03)

⁵⁷ https://www.gesetze-im-internet.de/gasnev/_20a.html (最終アクセス 2024/03)

⁵⁸ https://www.gesetze-im-internet.de/gasnev/_20b.html (最終アクセス 2024/03)

⁵⁹ <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2024/02/20240226-minister-habeck-intends-to-make-it-possible-to-use-ccs.html> (最終アクセス 2024/03)

す。今回の炭素貯蔵法改正草案では、研究・試験目的以外の例えば産業規模・商業規模で、ドイツの排他的経済水域におけるCO₂の海洋での貯蔵（海洋保護区を除く）が認可されることになる。また、貯蔵だけでなくCO₂輸送のためのパイプラインの敷設を可能とした。2045年までのカーボンニュートラルを達成する目標に向けて、CCSを制限する政策を転換した形となる。ただし、引き続き陸上での貯蔵は対象外とされている。陸上での貯蔵の可能性はあるとしつつも、2030年初頭に欧州経済地域内で利用可能な貯蔵能力全体に貢献するまでに開発が間に合うとは期待されていないとの見解が示されている。

表 4-11 改正炭素貯蔵法（草案）の概要

年	改正炭素貯蔵法（2024年草案）	炭素貯留法（2012年）
規模	産業規模・商業規模に拡大 ※一部の産業のみ	研究・試験・実証目的のみ
対象	海底貯留ならびに輸送パイプライン	海底貯留

（出典）ドイツ政府「Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des KohlendioxidSpeicherungsgesetzes（炭素貯蔵法改正の一次草案）」⁶⁰を基に、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

4.2.6. 業界団体の動向：FNB Gas

FNB Gas は、ドイツベルリンに本社を置く地域ガス輸送会社による業界団体であり、主に長距離のガス供給網を運営する事業者の12社が参画している（2024年3月現在）。

FNB Gas はホームページにて、Green Gases を位置付けている⁶¹。水素やバイオメタンなどのグリーンでカーボンニュートラルなガスが、将来的にカーボンニュートラルなエネルギー世界に変革をもたらすものと位置付けている。化石燃料由来天然ガスを、まずはブルー/ターコイズ水素や合成メタン（ブルーガスと定義）に、そして徐々にグリーン水素やバイオメタン（グリーンガスと定義）に置き換えるとしている。

FNB Gas は、産業や個人の家庭、および輸送部門など（ただし発電は含まない）におけるガスの最終エネルギー消費量に基づき、満たすべきグリーンガスの量を分析し、その相当量のガス種類の割当量を試算した結果を示している（表 4-12）。そこでは、2030年ではエネルギー消費ガスのうち10%がグリーンならびにブルーガスで割り当てられ、「必要なグリーンとブルーガス量」の約44%がバイオメタンで、約36%がグリーン水素であり、全体の約80%はグリーンガスで賄われる計算となっている。なお、「必要なグリーンとブルーガス量」のうち、合成メタンは2%未滿と試算されている。

なお、試算では2021年でバイオメタンは6.7 TWh 供給することになっているが、2021年時点ではドイツのガスグリッドに約10TWh、ドイツガス販売の約1%に相当する量を供給しているとしている。また、現時点で合成メタンは供給されておらず、試算においても2025年時点でも供給されるガス種として考慮されていない。

表 4-12 最終エネルギー消費ガスを満たすために検討中のガスの割合と量

項目	2021年	2022年	2025年	2030年
最終エネルギー消費ガス	671 TWh	669 TWh	666 TWh	661 TWh
全体に占めるグリーン	1%	2%	5%	10%

⁶⁰ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/20240226-referentenentwurf-cms.pdf?blob=publicationFile&v=10>（最終アクセス 2024/03）

⁶¹ <https://fnb-gas.de/en/energy-future/green-gases/>（最終アクセス 2024/03）

とブルーガスの割合					
必要なグリーンとブルーガス量（下記合計）		6.7 TWh	13.4 TWh	33.3 TWh	66.1 TWh
内訳	バイオメタン	6.7 TWh	11.8 TWh	20.0 TWh	29.1 TWh
	グリーン水素	—	0.7 TWh	5.0TWh	23.8 TWh
	合成メタン	—	—	—	1.3 TWh
	ブルー水素	—	0.9 TWh	8.3 TWh	11.9 TWh

（出典）FNB Gas HP「Green Gases」⁶¹を基に、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

4.2.7. 業界団体の動向：DVGW

DVGW（ドイツ水道ガス協会：Deutsche Vereinigung des Gas und Wasserfaches）は、ドイツのガス水道の業界団体であり、規格の策定や技術的な支援、品質管理などを実施する技術科学協会として活動しており、水やガス産業における認証機関でもある。

DVGWは、技術的側面ならびに安全性の側面から、既存ガスグリッドへの水素の混合注入割合についてホームページ⁶²にて言及している。DVGWは、水素の最も有効な貯蔵方法のひとつとして、既存のガスグリッドに混合水素を注入することとしており、既存のガス供給網は10%の水素に対応可能であるとしている。また、次のステップでは20%まで拡大する必要性をうたっているが、具体的な年数については言及されていない。また、長期的に技術的な変更を経て100%の純粋な水素を輸送することが可能とした。DVGWは、技術的課題としては、グリッドコンポーネントに加え、デバイスおよびシステムが、より高レベルの水素混合物に対応できるように修正する必要があること、ならびにガス品質のわずかな変動でも、特に業界レベルでは生産プロセスや技術に悪影響を与える可能性があることを指摘しており、既存の高い安全基準を損なうことなく、高濃度水素混合物の段階的な導入に向けたガスインフラの準備を進めている。

DVGWは、既存のガスグリッドに水素を注入することの安全性について検討する中で、すでにガス管に水素を20%混合注入するパイロットプロジェクト「Hydrogen in the gas infrastructure: The DVGW/Avacon pilot project— injecting up to 20% hydrogen by volume into the natural gas grid⁶³」を実施し2023年7月に完了している。このプロジェクトでは、これまで家庭用ガス機器は体積比で最大20%の水素を混合しても安全に動作することが示されているが、それをガス供給ネットワーク上でフィールド試験を実施し、実際の条件の下で動作や安全性等を検証することを目的に、国内および顧客約400社に既存のガスネットワークの供給量のうち、最大20体積%の水素注入のデモンストレーションが実施された。2021/22の冬、2022/23の冬の2回の暖房シーズンに体積比で最大20%水素を注入したが、家庭用ガス機器は安全に動作することが示されたとした。

また、DVGWは既存の鋼製のガスグリッドが、水素に置き換わった際の劣化・破損などの安全性についても研究しており、ドイツの既存のガスグリッドは、水素輸送においても基本的な適合性（耐久性や経年劣化の観点）で問題ないとした。水素輸送用の新しいガスネットワークを開発するのではなく、既存のガスネットワークをある程度水素輸送用に変換することで、低コストで水素への対応が可能になるとしている。

DVGWのホームページでは、合成メタンについても整理されており、グリーン水素から製造される合成メタンは再生可能なグリーンガスの1つであると位置づけている。ただし、

⁶² <https://www.dvgw.de/english-pages/topics/gas-and-energy-transition/hydrogen-and-the-energy-transition>（最終アクセス 2024/03）

⁶³ <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/wasserstoff-forschungsprojekte-dvgw-2022engl.pdf>（最終アクセス 2024/03）

合成メタンのプロセスは純粋な水素を利用できない場合にのみ考慮するステップであるとも注記している。

4.3. イタリアの各種戦略・制度

イタリアは、2021年に温室効果ガス排出削減に関する長期国家戦略を発表し、2050年カーボンニュートラルに向けた道筋を示している。また、2023年には、国家エネルギー・気候計画（更新案）を公表し、欧州委員会の関連政策を踏まえ、2024年に最終化する予定である。また、新バイオメタン法や水素国家戦略予備ガイドラインを策定し、都市ガスのカーボンニュートラル化に向けて動いている。

4.3.1. 国家エネルギー・気候計画（更新案）

「国家エネルギー・気候計画（更新案）」（2023年7月提出）は、イタリアの2030年までのエネルギーや気候変動に関する政策を示す文書であり、温室効果ガス排出量やエネルギー効率、再エネ導入等に関する目標を定めている。主な2030年目標は表4-13に示すとおりである。

表 4-13 国家エネルギー・気候計画（更新案）の主な2030年目標

	単位	2021	リファレンス スケース	ポリシーケ ース	Fit For 55/ REPowerEU
ETSの対象となるすべての設備のGHG削減（2005年比）	%	-47	-55	-62	-62
すべての非ETSセクターのGHG削減量（2005年比）	%	-17	-28.6	-35.3/-37.1	-43.7
LULUCFのCO ₂ 除去	MtCO ₂ eq	-27.5	-34.9	-34.9	-35.8
最終エネルギー消費量に占める再エネ割合	%	19	27	40	38.4-39
運輸部門の最終エネルギー消費に占める再エネ割合	%	8	13	31	29
冷暖房部門の最終エネルギー消費に占める再エネ割合	%	20	27	37	29.6-39.1
電力部門の最終エネルギー消費に占める再エネ割合	%	36	49	65	-
産業部門で使用される水素に占める再エネ水素の割合	%	0	3	42	42
一次エネルギー消費	Mtoe	145	130	122	112.2
最終エネルギー消費	Mtoe	113	109	100	92.1
エネルギー効率義務制度による年間最終エネ消費削減	Mtoe	1.4	-	73.4	73.4

（出典）環境・エネルギー安全保障省「国家エネルギー・気候計画（更新案）」⁶⁴を基に、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

電力部門ではバイオガスプラントからバイオメタンへの転換等によりバイオエネルギー発電量は減少する見込みであり、運輸部門ではRED目標に向けた経済的インセンティブに

⁶⁴ https://commission.europa.eu/document/download/75b8162c-3d62-4627-8706-c62997b324da_en?filename=ITALY%20-%20DRAFT%20UPDATED%20NECP%202021%202030%20%281%29.pdf

より、バイオメタン等の先進バイオ燃料の利用を促進していく。また天然ガス消費の削減に向けて、バイオメタンや水素のパイプラインへの注入や暖房部門における利用を促進するものとしている。水素は主に削減が困難な産業部門や運輸部門における利用を想定している。合成メタンに関する言及は特にない。

4.3.2. 温室効果ガス排出削減に関する長期国家戦略

「温室効果ガス排出削減に関する長期国家戦略」（2021年1月策定）は、2050年カーボンニュートラルに向けた道筋を示す計画である。リファレンスシナリオと脱炭素シナリオの2つのシナリオを設定しており、リファレンスシナリオでは、国家エネルギー・気候計画におけるシナリオの傾向が2050年まで継続するとしており、脱炭素シナリオでは、リファレンスシナリオとネットゼロのギャップをエネルギー需要減少や再エネ比率の向上等により埋めるものとしている。

2050年までに温室効果ガス排出量を84~87%削減し、電力の95%以上を再エネで発電することを目指している。また削減が困難な部門の排出については、CCSによりCO₂を20~40Mt捕捉すると推定している。カーボンニュートラルに向けた主な長期目標は表4-14に示すとおりである。

表 4-14 2050年カーボンニュートラルに向けた主な目標

	脱炭素シナリオにおける2050年目標	具体的な内容
温室効果ガス排出削減	84~87%削減（1990年比）	電力：18MtCO ₂ eq 産業：22MtCO ₂ eq 農業：23MtCO ₂ eq LULUCF：-45MtCO ₂ eq
再生可能エネルギー	最終エネルギー消費に占める割合：85~90%	発電に占める再エネ（水素やバイオメタンを含む）割合：95~100%
エネルギー効率	最終エネルギー消費において70Mtoe	産業：21Mtoe サービス：12Mtoe 建物：11Mtoe 農業：2Mtoe 建物：エネルギー効率の改善（ヒートポンプなど）

（出典）環境・国土・海洋保全省、経済開発省、インフラ・運輸省、農林政策省「温室効果ガス排出削減に関する長期国家戦略」⁶⁵を基に、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

バイオメタンや水素などの代替燃料は、電化が技術的・経済的に困難な運輸部門や一部の産業部門で必要であるとされており、バイオマス、バイオメタン、合成メタン等のゼロ・エミッション燃料については、CCSによるネガティブエミッションがオプションの一つとして示されている。水素は運輸部門や鉄鋼等の産業部門での利用や合成燃料の製造への利用がオプションの一つとして示されており、また規模は小さいもののパイプラインに混合され、建物暖房での利用が想定されている。なお、再エネ水素から製造される合成メタンは、電化の難しい一部の産業部門でのオプションの一つとされている。

4.3.3. 再興・回復のための国家計画

「再興・回復のための国家計画」は、「次世代のEU」で配分される補助金と融資に基づ

⁶⁵ https://ec.europa.eu/clima/sites/its/its_it_it.pdf

き、イタリアとしての施策や執行方針を示した計画である。①「デジタル化、イノベーション、競争および文化」、②「グリーン革命及び生態学的移行」、③「持続可能なモビリティのためのインフラ」、④「教育と研究」、⑤「包摂と結束」、⑥「健康」の6つのミッションで構成されている。

②「グリーン革命及び生態学的移行」として環境関連の投資方針が示されており、水素とバイオメタンの導入を進める内容が含まれている。内容と投資額は表 4-15 に示すとおりである。さらに水素及びバイオメタン関連の投資計画を表 4-16、表 4-17 に示す。

表 4-15 グリーン革命及び生態学的移行

	内容	投資額
M2C1	持続可能な農業と循環経済	52.7 億€
M2C2	再エネ、水素、ネットワーク、持続可能なモビリティ	237.8 億€
M2C3	建物の省エネ・再開発	153.6 億€
M2C4	土地と水資源の保護	150.5 億€

(出典) イタリア政府「再興・回復のための国家計画」⁶⁶を基に、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

表 4-16 水素関連の投資計画

	内容	投資額
投資 3.1	各工業地域において水素ハブを形成し、水素導入を促進	5.0 億€
投資 3.2	グレー水素を利用している化学工業・石油精製、排出削減困難な鉄鋼・セメント・ガラス・製紙部門などにおいてグリーン水素利用を促進	20.0 億€
投資 3.3	計 40 カ所の水素ステーションの整備を進め、長距離輸送における水素導入の実証を進める	2.3 億€
投資 3.4	6 つの鉄道路線において、9 つの水素ステーションの整備を進め、鉄道輸送における水素導入の実証を進める	3.0 億€
投資 3.5	水素の研究開発を進める	1.6 億€

表 4-17 バイオメタン関連の投資計画

	内容	投資額
投資 1.4	バイオメタン生産設備への支援などを通じて、ガスグリッドのグリーン化のためのバイオメタンの生産能力を 23~25 億 m ³ 増加させる	19.2 億€

4.3.4. 新バイオメタン法

「新バイオメタン法」(2022 年 10 月公表)は、新設またはバイオガス発電設備から転換されたバイオメタン生産設備に対して、資本費の一部と 15 年間の長期にわたり値差を支援する制度である。

支援対象の選定は競争入札によって決めることで支援にかかるコストを抑制している。財源は EU の復興基金である RRF (Recovery and Resilience Facility) から確保している。

支援対象となる設備は、農業残渣または有機性廃棄物由来の新設のバイオメタン生産設備もしくはバイオガスを用いた発電設備を転換したバイオメタン生産設備であり、2026 年

⁶⁶ <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>

6月30日までに操業開始する必要がある。

補助対象となる資本費の上限額は表 4-18 に示すとおりである。

表 4-18 資本費の補助

原料	生産容量 (Sm ³ /h)	補助対象となる資本費の上限 (€/Sm ³ /h)	
		新設	転換
農業残渣	~100	33,000	12,600
	100~500	29,000	12,600
	500~	13,000	11,600
有機性廃棄物	-	50,000	(対象外)

生産開始日から 15 年間、バイオメタンの生産量に応じて、表 4-19 に示す 2 パターンでインセンティブが支払われる。

表 4-19 運転費の補助

	All-inclusive tariff	FIP
対象設備	250Sm ³ /h 以下かつ第三者接続義務のあるガス系統に接続されているプラント	左記以外
バイオメタン及び原産地証明 (GO) の扱い	イタリアのエネルギー網を管理する国営企業・エネルギーサービス管理会社 (GSE) に譲渡	生産者が保有
補助で受け取る金額	参照価格から競争入札時の割引率を差し引いた額	参照価格から競争入札時の割引率、ガス価格、GO 価格を差し引いた額

4.3.5. 水素国家戦略予備ガイドライン

「水素国家戦略予備ガイドライン」⁶⁷ (2020 年 11 月公表) は、脱炭素化に向けた水素の活用拡大を示す指針である。2021 年に最終化予定であったが未だ最終化されていない。

2030 年までに最終エネルギー消費の 2%の水素利用及び水電解装置容量 5GW の達成を目指すとしている。また 2050 年までに最終エネルギー消費の最大 20%を水素で賄えると推定している。

短期的には運輸部門 (特に長距離トラックと鉄道) や産業 (特に化学と石油精製) における利用を、長期的には温室効果ガスの排出削減が困難な部門 (産業や航空) において、他の低炭素技術とともに脱炭素化に貢献することを目指す。さらに低炭素水素をガスグリッドに注入していくことも想定されている。

⁶⁷https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/Strategia_Nazionale_Idrogeno_Linea_guida_preliminari_nov20.pdf

4.4. アメリカの各種戦略・制度

アメリカはバイデン大統領の就任以来、積極的に脱炭素政策を展開している。2021年のパリ協定復帰に始まり、同年気候サミットを主催し、2030年にGHG排出量を2005年比50～52%削減することを宣言し、10月には2050年までにGHG排出量をネットゼロにするための長期戦略を国連に提出し11月に公表した。さらに、2022年には気候変動対策・クリーンエネルギー関連予算を含む、インフレ抑制法（IRA）を成立させ、2023年には、米国史上初の「国家クリーン水素戦略とロードマップ」を発表している。

4.4.1. THE LONG-TERM STRATEGY OF THE UNITED STATES（長期戦略）

2021年11月、アメリカは2050年までにGHG排出量をネットゼロとする長期戦略を発表した。

本戦略では、2050年のGHG排出量ネットゼロ目標以外にも、2030年までにGHG排出量を2005年比で50～52%削減する目標や、2035年までに電力セクターのGHG排出量をネットゼロにする目標が立てられている。

また、これらの長期目標の具体策としては、環境分野への投資と化石燃料への規制を盛り込んだ「インフラ投資雇用法」を提案し、長期戦略公表後2週間で成立させた。

インフラ投資雇用法では、今後5年で5,500億ドルを支出する中で、気候変動に関して、EVインフラ（EV充電設備に対して75億ドル）、電気バス等（ゼロエミスクールバス、フェリーの導入支援に対して75億ドル）、電力インフラ（送電線の建設・研究開発、革新炉実証、CCUS、クリーン水素等の実証等）等に予算が充てられた。

4.4.2. 国家クリーン水素戦略・ロードマップ

2023年6月に国家クリーン水素戦略・ロードマップを発表し、水素供給量に関する目標等を設定し、自国資源を活用することで水素を製造し、輸入水素に頼ることなく将来需要を賄うことを掲げている。

水素の導入目標は、図4-5 将来のクリーン水素の需要内訳図4-5のとおりであり、2030年1,000万トン、2040年2,000万トン、2050年5,000万トンを目指している。図4-5は需要の内訳も示しており、2030年までは石油・アンモニア等の既存の水素利用先が需要の大半を占めているが、30年以降はFCトラックやメタノール、PtL（Power to Liquid）での燃料合成、製鉄等への需要が増加している。

なお、本戦略では水素製造コストの目標値も公表しており、2026年までに2ドル/kg、2031年までに1ドル/kgを目指す。

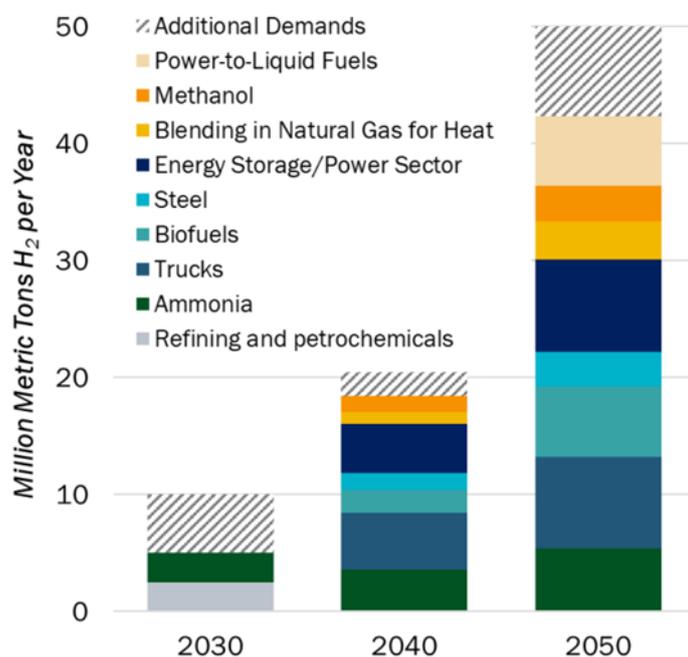


図 4-5 将来のクリーン水素の需要内訳
 (出典) DOE 「U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap」

4.4.3. IRA・45Q

(1) Inflation Reduction Act

Inflation Reduction Act (インフレ抑制法、通称 IRA) は、2022年8月に成立した法律であり、過度なインフレの抑制と同時に、エネルギー安全保障や気候変動対策を迅速に進めることを目的としている。

図 4-6 で示すように、10年間(2022~2031年度)で総額 7,370 億ドルの収入増・支出減に対して、4,730 億ドルの収入減・支出増を想定しており、正味 3,000 億ドル程度の財政赤字削減を見込んでいる。

(10億ドル)

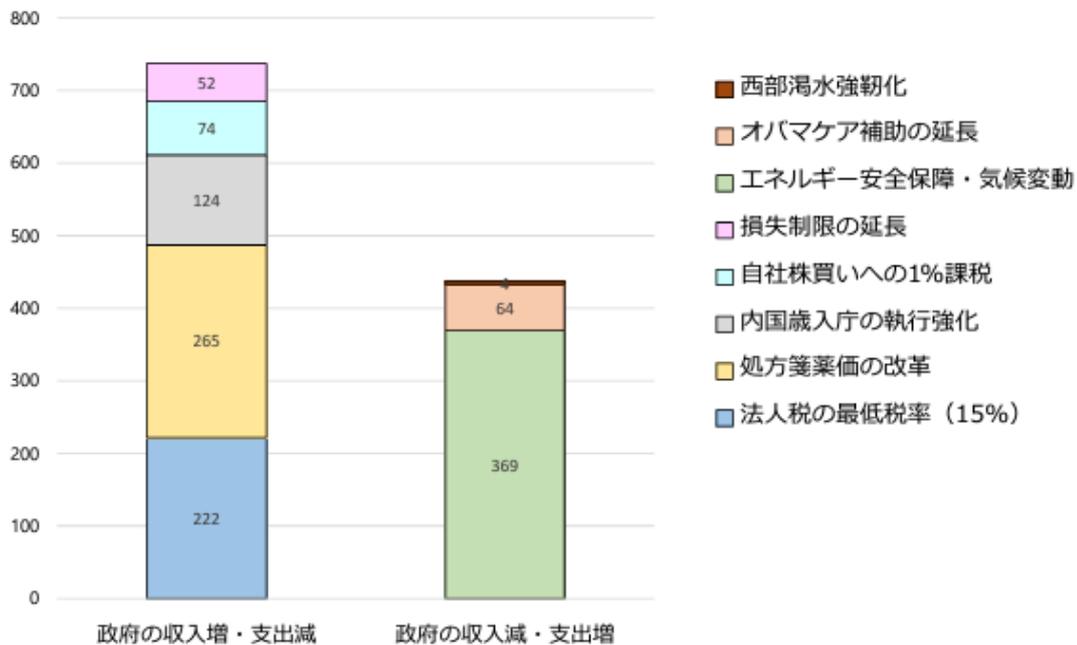


図 4-6 10年間で見込まれる収入・支出の増減

(出典) 電力中央研究所「米国「インフレ抑制法」における気候変動関連投資」⁶⁸

(2) 45Q tax credit

45Qとは、炭素を回収する DACS 設備や発電設備、その他の産業設備を対象に、CO₂ の貯留・利用量に応じて税額控除を認める制度である。各設備に対して控除対象要件が定められており、その要件はインフレ抑制法によって表 4-20 のように拡張された。この要件を満たせば、設備が稼働してから 12 年間、税額控除を申請することが可能である。

表 4-20 45Q の控除対象要件

要件	改訂前	改訂後
施設の炭素回収量	<ul style="list-style-type: none"> ● DACS 設備 ...年間 10,000tCO₂ 以上を回収 ● 発電設備 ...年間 50,000tCO₂ 以上を回収 ● それ以外の産業 ...年間 100,000tCO₂ 以上を回収 	<ul style="list-style-type: none"> ● DACS 設備 ...年間 1,000tCO₂ 以上を回収 ● 発電設備 ...年間 18,750tCO₂ 以上を回収、かつ CO₂ 排出量の 75%以上を回収 ● それ以外の産業 ...年間 12,500tCO₂ 以上を回収
設備の建設年	2026 年 1 月 1 日までに建設開始	2033 年 1 月 1 日までに建設開始

(出典) IRS 「Instructions for Form 8933(12/2022) Carbon Oxide Sequestration Credit」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

45Q における税額控除額は、捕捉した CO₂ を地下貯留するか、EOR または CCU するかによって異なる。インフレ抑制法での改訂では、控除額が大幅に増加され、これまでなかった DAC に関する控除額が新たに設定された。なお、控除対象となっている CCU には、以

⁶⁸ <https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/research/files/270/pdf/22009dp.pdf>

下が該当する。

- ✓ 藻類またはバクテリアの成長などによる光合成または化学合成による固定
- ✓ 安全に貯留される原材料や化学製品への化学転換
- ✓ 政府によって認められた、商業市場が存在するその他の目的のための利用

表 4-21 45Q の控除額

		改訂前		改訂後	
		特別要件を 満たさない場合	特別要件を 満たす場合	特別要件を 満たさない場合	特別要件を 満たす場合
産業由来 CCUS	地下貯留	10 \$/tCO ₂	50 \$/tCO ₂	17 \$/tCO ₂	85 \$/tCO ₂
	EOR、CCU	7 \$/tCO ₂	35 \$/tCO ₂	12 \$/tCO ₂	60 \$/tCO ₂
DAC 由来 CCUS	地下貯留	10 \$/tCO ₂	50 \$/tCO ₂	36 \$/tCO ₂	180 \$/tCO ₂
	EOR、CCU	10 \$/tCO ₂	50 \$/tCO ₂	26 \$/tCO ₂	130 \$/tCO ₂

(出典) IRS 「Instructions for Form 8933(12/2022) Carbon Oxide Sequestration Credit」をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

4.4.4. カリフォルニア州：LCFS 制度

2011 年より施行した LCFS (Low Carbon Fuel Standard) は、輸送用燃料の炭素強度 (Carbon Intensity/CI) を削減することにより、GHG 排出量削減と低炭素燃料の利用促進等を目指す制度である。燃料を供給する事業者は、各年で設定される CI 基準の遵守を義務付けられており、基準値を年々逡減していくことで GHG 排出量の削減を実現している。ここで、一般的な燃料の CI 基準は、CA-GREET (California Greenhouse Gases, Regulated Emissions and Energy Use in Transportation) モデルを用いて算定されており、低炭素燃料である、バイオメタンやバイオディーゼル等は簡易的な CI 測定ソフトを用いて算定されている。

なお、CI 基準を下回る低炭素燃料は「クレジット」を生じ、CI 基準を上回る燃料は「deficit (不足)」となる。基準を下回った「クレジット」については、次年度以降の未達分の補填や他社との取引に利用することができる。基準を上回った「deficit (不足)」については、前年度以前に取得したクレジットや他社との取引により補填しなければならない。

(1) 対象となる輸送用燃料

対象となる輸送用燃料は、ガソリン、ディーゼル、化石燃料由来の CNG・LNG・L-CNG、バイオマス由来の CNG・LNG・L-CNG、電気、圧縮・液化水素、エタノールを 10%超含むブレンド燃料、バイオマス由来のディーゼルを含むブレンド燃料、変性エタノール(E100)、純バイオマス由来ディーゼル(B100)、その他の液体・非液体燃料である。

他方、軍用やスクールバスに利用される燃料については、一部免除されている。

(2) クレジット生成方法

クレジット生成方法は、燃料経路、プロジェクトベース、容量ベースの 3 つが存在している。

燃料経路：

- 基準を下回る低 CI 燃料に対して発行。バイオ CNG・LNG・L-CNG、代替ジェット燃料等は比較的容易にクレジットを生成。

プロジェクトベース：

- 石油サプライチェーン内の GHG 削減プロジェクトに対して付与されるもの。
 - 再生可能水素を使用した石油精製
 - 製油所の GHG 削減策への投資（再エネや CCS 等）
 - 革新的な原油生産方法（RNG やバイオガス等）
- クレジット取得要件として州内消費が必要。（DAC は免除）。

容量ベース（暫定措置）：

- EV 高速充電ステーションや水素燃料補給インフラに対して、燃料供給容量のうち未使用分に対してクレジットを付与。

4.4.5. カリフォルニア州：バイオメタン調達目標

2022 年 2 月、カリフォルニア州公益事業委員会（Public Utilities Commission: CPUC）は、2030 年までにメタンを含む短期気候汚染物質（SLCP）を 2030 年比で 40%削減するというカリフォルニア州の目標を達成するため、ガス供給事業者のバイオメタン調達目標を決定した。

対象事業者はカリフォルニア州の 4 大ガス供給事業者であり、表 4-22 のとおり、2025 年目標と 2030 年目標が定められている。

表 4-22 バイオメタン調達目標の概要

対象事業者	● カリフォルニア州の 4 大ガス供給事業者
目標水準	● 2025 年目標 ➢ 176 億立方フィート（埋立地から転用される年間 800 万トンの有機廃棄物に相当。各ガス会社は、天然ガスの供給量（キャップ・アンド・トレード割当量）に応じて、全体の一定割合を調達する責任を負う。） ● 2030 年目標 ➢ 728 億立方フィート（これは、2020 年の住宅および中小企業（“core gas customers”と呼ばれる）のガス使用量の約 12.2%に相当。埋立地からの有機廃棄物だけでなく、酪農場の家畜排せつ物由来のバイオメタンについても、バイオメタン調達総量の 4%までであれば調達可。）
その他	● 2025 年以降、CPUC は短期目標の達成に向けた進捗状況等を考慮し、中間目標をレビューする。 ● 未達成時の罰則については、現時点ではないと思われる。

（出典）カリフォルニア公益事業委員会（California Public Utilities Commission）ウェブサイトをもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

4.5. イギリスの各種戦略・制度

イギリスも他国と同様に、エネルギー自給率の維持向上およびロシア産化石燃料依存からの脱却を目指す政策を採る。産油国としての側面もあり、北海油田開発を促進しながら脱炭素への取組む姿勢を掲げる。

4.5.1. 英国エネルギー安全保障戦略

英国は2023年3月に『Energy Security Plan』を公表。このなかで、自国のエネルギーセキュリティの観点から、自国をエネルギー輸入国と位置づけながらも、産油国、すなわちエネルギー輸出国としての姿勢も意識し、近隣諸国を含め友好国との協力を念頭に輸出戦略が鍵となるとしている。

Enhancing Security of Gas Supply の項目では Our Key Commitments として、以下が挙げられており、ガス供給の重要性を強調している。特に、ガスグリッドへの注入のしやすさを念頭にガス保安管理規定を改正、ウォッペ指数を緩和したり、現行の GGSS (後述) の後続制度として 2026 年からのバイオメタンに関する政策枠組みの導入について協議することを明記したりするなど、多様なガス利用社会の到来に備えていることは注目に値する。

- We will issue an update by the autumn looking at the future role that gas storage and other sources of flexibility can play in gas security.
- We will task the Future System Operator to conduct a gas supply security assessment, and to assume a whole system coordination role for improving the security and resilience of our energy systems.
- We have legislated to change the Wobbe Number meaning a greater volume of gas can, from April 2025, be injected into the National Transmission System without the need for blending.
- We will consult on introducing a policy framework for biomethane from 2026 to follow the current Green Gas Support Scheme.

このように、同国にとってガスは今後数十年にわたって需要が下がるとしつつも、依然として重要な役割を果たすものとして位置づけられている。特にロシアによりウクライナ侵攻を例に、将来的に起こりうる供給網の先細りや寸断などに備え、ガス供給システムの強化と回復力を高めるため、自国産ガス供給の最大化を含めたガス・サプライチェーンの維持・発展と長期投資を計画している。

ガスネットワークへの長期投資の確保についても言及されている。上述のとおり、ガスのサプライチェーンへの長期投資に加え、国内のガスネットワークへの投資に言及されている点が興味深い。ここでは、将来的に家庭での天然ガスの直接利用が減少しつつ、低炭素の代替ガス（バイオガス）にスイッチすると予想されている。この予想を支持する方法論が後述の『Green Gas Support Scheme(GGSS)』である。

4.5.2. Powering Up Britain: Net Zero Growth Plan

同書は上述のエネルギー安全保障戦略と補完関係にあるとされている。ネットゼロ計画に掲げられる一連の取組みのなかに、脱炭素技術に関する言及もあり、特に洋上風力発電、二酸化炭素回収・利用・貯留(CCUS)、原子力、水素製造技術などの主要なグリーン産業への投資を謳っている。特に CCUS を活用したブルー水素製造産業に言及している点が特徴的で、天然ガス改質による水素製造プロセスで排出される CO₂ を、廃止油井に貯留することを CCUS と分類している。具体的には、既に 8 つの Track-1 プロジェクトを発表しており、交渉に入っている。将来的には Track-1 クラスタとプロジェクトリストの拡大に期待

しており、2023年3月末に『Department for Energy Security and Net Zero ((DESNZ))』はTrack-2の審査を開始、同年8月にAcorn CCSとVikingの輸送・貯留システムのプロジェクト適格性を認定、これらを候補として選定したことを発表した。

なお、2024年2月16日、英DESNZは、Net Zero Teesside Powerが計画する「Net Zero Teesside」に開発同意 (development consent) を付与したことを発表。Net Zero TeessideはCO2を回収する世界初の商業規模ガス火力発電所 (最大860MW、ガスタービン・コンバインドサイクル発電プラント) となる見込みである。

Track-1 CCUS clusters for the mid-2020s Delivering first of a kind carbon capture projects in the UK

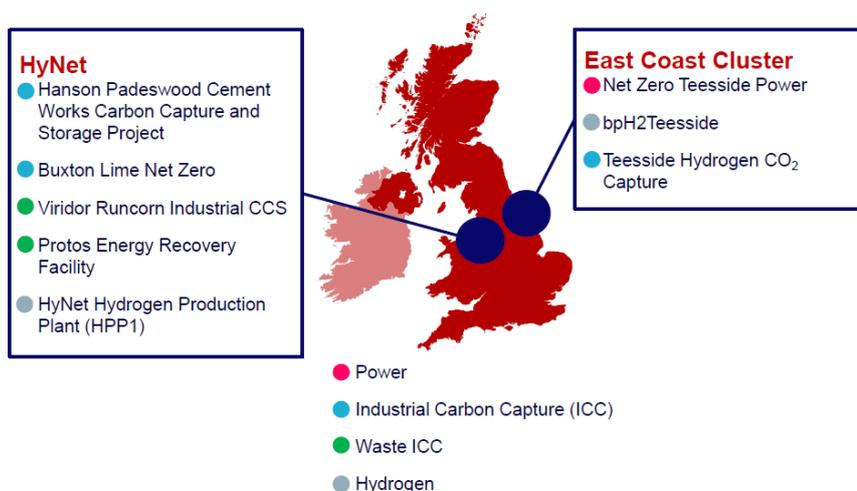


図 4-7 Track-1 プロジェクト一覧
(出典) 英国政府「CCUS Net Zero Investment Roadmap」⁶⁹

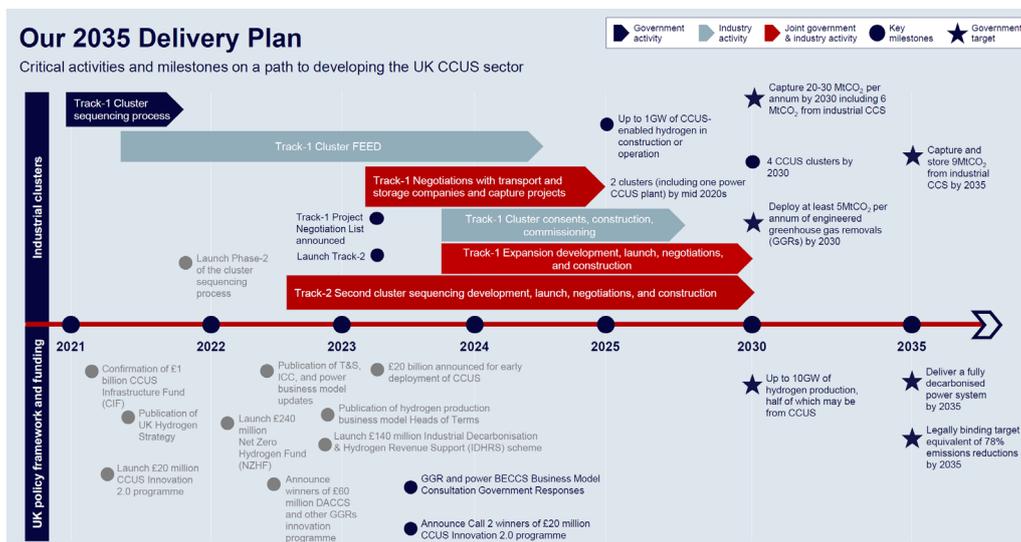


図 4-8 英国の2035年に向けたロードマップ
(出典) 英国政府「CCUS Net Zero Investment Roadmap」⁶⁹

⁶⁹ <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/64a29b7d06179b00131ae94e/ccus-investment-roadmap.pdf>

4.5.3. Green Gas Support Scheme (GGSS)

GGSS は、ガスグリッドにおけるグリーンガスの割合を増加させるために、新しい嫌気性消化バイオメタンプラントに財政的インセンティブを提供する政府の環境スキームである。年間最大 20 万戸への供給量が確保できるとしている。

2021 年 11 月 30 日から 4 年間、イングランド、スコットランド、ウェールズの申請者が対象。登録者は、15 年間にわたって四半期ごとに支払いを受ける。支払いは、参加者がガスグリッドに注入した適格バイオメタンの量に基づいて行われる。資金源はグリーンガス賦課金 (Green Gas Levy) であり、グリーンガス賦課金 (GGL) は、2021 年 11 月 30 日 (GGSS 施行日) から英国の認可された化石燃料ガス供給業者に適用され、グリーンガス支援スキーム (GGSS) に資金を提供させるもの。各会計年度の賦課金率は前年の 12 月 31 日までに発表される。

なお、GGSS は、2025 年 11 月 30 日に新規申請を締め切る予定であったが、2028 年 3 月 31 日まで延期する予定。当初、当該のスキームを 2026 年 3 月 31 日までの延長が提案されたが、産業界と協議した結果、許認可手続きに要する期間やプラント建設試運転に必要な期間を勘案すると、提案された延長期間では不十分との判断があった。期限延長の公表は他の最終的な政策決定とともに、中間とりまとめ結果 (Mid-Scheme Review) として政府回答される予定である。その後、この延長を含むスキームの改正を実施するための規制が議会に提出され、可決され、法律になるまで有効にならない。すなわち、当面の間、GGSS 申請期間は現状のままとして対応せざるを得ない状態。また、GGSS の後継制度として、バイオメタンに関する将来の政策枠組みのオプションを検討しており、2024 年に詳細を公表する予定である。

表 4-23 GGSS の税率表

Tariff Name	Tariff Rate 2024/25 (p/kWh)	Tier	Adjusted by:
Tariff Start date pre 30th June 2022	6.33	Tier 1 (0 - 60,000 MWh)	CPI
	4.06	Tier 2 (60,001 - 100,000 MWh)	
	1.79	Tier 3 (100,001 MWh - 250,000 MWh)	
Tariff Start date is on or after 1st of July 2022	6.33	Tier 1 (0 - 60,000 MWh)	
	4.06	Tier 2 (60,001 - 100,000 MWh)	
	1.79	Tier 3 (100,001 MWh - 250,000 MWh)	
Tariff Start date is on or after 1st October 2023	6.33	Tier 1 (0 - 60,000 MWh)	
	4.06	Tier 2 (60,001 - 100,000 MWh)	
	3.59	Tier 3 (100,001 MWh - 250,000 MWh)	

(出典) GGSS ウェブサイト⁷⁰をもとに、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

⁷⁰ <https://www.gov.uk/government/publications/green-gas-levy-ggl-rates-and-exemptions>

5. ガス事業制度検討ワーキンググループ

ガス事業制度検討ワーキンググループは2023年度、計7回開催された。その内、本調査において開催支援を実施した第33回、第34回の概要を表5-2、表5-3に記載する。

なお、ガス事業制度検討ワーキンググループの委員一覧は表5-1のとおりである（令和6年2月29日時点）。

表 5-1 ガス事業制度検討ワーキンググループ 委員一覧

	氏名	所属
座長	山内 弘隆	一橋大学 名誉教授
委員	男澤 江利子	有限責任監査法人トーマツ パートナー 公認会計士
	木山 二郎	森・濱田松本法律事務所 パートナー 弁護士
	草薙 真一	兵庫県立大学 副学長
	小林 敬幸	名古屋大学大学院工学研究科 准教授
	武田 邦宣	大阪大学大学院法学研究科 教授
	橋本 悟	青森公立大学経営経済学部経済学科 教授
	原 郁子	日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会 理事
	平野 創	成城大学 経済学部経営学科 教授
	二村 睦子	日本生活協同組合連合会 常務理事
	又吉 由香	SMBC 日興証券株式会社サステナブル・ソリューション部 マネジング・ディレクター
	松村 敏弘	東京大学社会科学研究所 教授

表 5-2 第 33 回ガス事業制度検討ワーキンググループ 概要

日時	令和 6 年 1 月 23 日 (火) 10:01-11:24
場所	対面+オンライン開催
出席者	委員：山内座長、男澤委員、木山委員、草薙委員、小林委員、橋本委員、原委員、平野委員、二村委員、又吉委員、松村委員 発表者：鬼頭（みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社）
議題	・都市ガスのカーボンニュートラル化について ・その他
資料	資料 1 議事次第 資料 2 委員等名簿 資料 3 新たな市場創出・利用拡大につながる適切な規制・制度の在り方について 資料 4 国内外における非化石エネルギーの導入促進に向けた制度（みずほリサーチ&テクノロジーズ提出資料） 参考資料 水素・アンモニア政策小委員会/脱炭素燃料政策小委員会/水素保安小委員会 中間とりまとめ（案）

表 5-3 第 34 回ガス事業制度検討ワーキンググループ 概要

日時	令和 6 年 2 月 29 日 (木) 10:00-11:23
場所	対面+オンライン開催
出席者	委員：山内座長、男澤委員（途中退席）、木山委員、小林委員、武田委員、橋本委員、原委員、平野委員（途中退席）、二村委員（途中参加）、又吉委員、松村委員 発表者：宮本（みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社）
議題	・都市ガスのカーボンニュートラル化について ・その他
資料	資料 1 議事次第 資料 2 委員等名簿 資料 3 新たな市場創出・利用拡大につながる適切な規制・制度の在り方について 資料 4 国内外の証書制度の整理（みずほリサーチ&テクノロジーズ提出資料） 参考資料 1 水素・アンモニア政策小委員会/脱炭素燃料政策小委員会/水素保安小委員会 中間とりまとめ 参考資料 2 脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律案（概要）

二次利用未承諾リスト

報告書の題名 海外における合成メタン (e-methane) 等に係る政策動向や国際的なレポート等に関する調査 報告書

委託事業名 海外における合成メタン (e-methane) 等に係る政策動向や国際的なレポート等に関する調査

受注事業者名 みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

頁	図表番号	タイトル
3	表 2-1	本調査で対象としたレポート一覧
3	表 2-2	本調査で対象としたIEA発行のレポート一覧
4	図 2-1	2021年と2030年の合成メタンの製造コストの予測
6	図 2-2	欧州における水素の地下貯蔵能力の開発状況
6	図 2-3	代替燃料で運航する船舶数の想定 (2003-2028年)
7	図 2-4	2022年から2026年の低排出ガスの供給量の増加予測
8	図 2-5	日本と欧州で現在検討されている合成メタンプロジェクトの生産量予測
9	図 2-6	地域別のバイオメタン生産量の推移 (2010-2023年)
10	図 2-7	公表されている低排出水素製造プロジェクトのマップ
10	表 2-3	Global Hydrogen Reviewの構成
11	図 2-8	公表済みプロジェクトの燃料別・地域別の水素ベース燃料の生産量の推移
12	図 2-9	水素・水素ベース燃料に関する既設・公表済みの港湾インフラのプロジェクト
13	図 2-10	低排出ガス水素および合成燃料の製造とインフラの技術開発レベル
13	図 2-11	水素最終用途のセクター別技術開発レベル
14	図 2-12	水素消費技術の特許動向 (2001-2021年)
14	表 2-4	2022年9月以降の各国の水素ロードマップと戦略
16	表 2-5	水素・水素ベースの燃料に関する既存・計画中の規制枠組みと認証制度の概要
18	図 2-13	再生可能ガス生産経路の概要
18	表 2-6	Renewable gas - Deployment, markets and sustainable tradeの構成
21	表 2-7	World Energy Transitions Outlook 2023の構成
23	図 2-14	1.5°Cシナリオ達成に向けたエネルギーシステムの主要構成要素の進捗状況
25	図 2-15	エネルギー転換における障壁と解決策
27	表 2-8	Powerfuels in a Renewable Energy World - Global Volumes, Cost and Trading 2030 to 2050の構成
30	図 2-16	移行期における世界のパワー燃料需要
30	図 2-17	移行期におけるパワー燃料生産のためのCO2需要
31	図 2-18	2050年における世界のセクター別パワー燃料需要
31	図 2-19	パワー燃料取引のコスト削減の進展 (左: 世界、右: 欧州)
32	図 2-20	2015年から2050年までのエネルギー転換期における運輸部門 (上) と熱部門 (下) における最終エネルギー需要
33	図 2-21	移行期における全ての燃料と化学物質の最終エネルギー需要の推移
34	図 2-22	エネルギー転換期におけるパワー燃料の最終エネルギー需要の推移
34	図 2-23	移行期におけるSNGとFT燃料のセクター別パワー燃料の最終エネルギー需要
35	図 2-24	2030年における世界の需要分布 (左: メタン、右: 液体炭化水素)
35	図 2-25	2040年における世界の需要分布 (左: メタン、右: 液体炭化水素)
35	図 2-26	2050年における世界の需要分布 (左: メタン、右: 液体炭化水素)
37	図 2-27	2023年1月末時点で発表されている世界の大規模水素プロジェクト
37	表 2-9	Hydrogen Insights 2023の構成
38	図 2-28	水素プロジェクトへの投資額
39	図 2-29	発表されている累積水素生産能力
40	図 2-30	2020-2022年の世界の水素ステーションの数とその地域
40	図 2-31	北米における2030年までの水素への投資額とその段階

(様式2)

41	図 2-32	インフラの拡大に必要な要素
42	表 2-10	International Trade Rules for Hydrogen and its Carriersの構成
43	表 2-11	水素キャリアとその特徴・課題・現状
43	表 2-11	水素キャリアとその特徴・課題・現状
44	図 2-33	2030年の輸送コスト (水素ガス: パイプライン、LH2・LOHC・アンモニア: 船舶)
45	表 2-12	水素輸入業者に適用される可能性のある関税や税金
47	表 2-13	「Manual for National Biomethane Strategies」の目次
53	表 2-14	RFNBOの拡大に必要な政策
55	表 3-1	2023年度における欧州の主な政策等の動向
56	表 3-2	RED II と RED III が設定している再エネ比率目標の概要
57	表 3-3	RED III における燃料の定義
58	図 3-1	輸送部門の目標における重み付け
58	図 3-2	RFNBO・RCFのライフサイクルGHG排出量の算定方法
59	表 3-4	原料CO2 (e ex use) のうち控除が認められるCO2
59	表 3-5	RFNBO製造に用いる再エネ電力の基準
61	表 3-6	ガス指令改正案における再生可能ガスと低炭素ガスの定義
63	表 3-7	指定されたネットゼロ技術の一覧
65	図 3-3	欧州水素銀行の活動の4つの柱
66	図 3-4	欧州水素銀行のオークションのスキーム (イメージ図)
67	図 3-5	産業炭素管理におけるCO2の主要経路とそのバリューチェーン
40	表 4-1	各国のガスの脱炭素化に関する導入促進制度の一覧
71	表 4-2	複数年エネルギー計画で示された水素関連の導入目標
71	表 4-3	複数年エネルギー計画で示されたバイオガス関連の導入目標
73	図 4-1	主要なフランス国内の水素ハブ
74	図 4-2	想定しているCCUS普及経路
76	表 4-4	バイオメタン入札制度の入札スケジュール
76	表 4-5	バイオガス生産証明書制度の概要
78	表 4-6	改正連邦保護法における目標値
79	表 4-7	国家水素戦略で示されている重点分野
80	表 4-8	国家水素戦略2023の概要
81	表 4-9	国家水素戦略 (2023) における2030年目標ビジョン
82	図 4-3	国家水素戦略 (2023) で示された行動計画の4つの主要分野
82	表 4-10	国家水素戦略 (2023) で示された行動計画の4つの主要分野の概要
84	図 4-4	H2 グローバルのスキーム
85	表 4-11	改正炭素貯蔵法 (草案) の概要
85	表 4-12	最終エネルギー消費ガスを満たすために検討中のガスの割合と量
87	表 4-13	国家エネルギー・気候計画 (更新案) の主な2030年目標
88	表 4-14	2050年カーボンニュートラルに向けた主な目標
89	表 4-15	グリーン革命及び生態学的移行
89	表 4-16	水素関連の投資計画
89	表 4-17	バイオメタン関連の投資計画
90	表 4-18	資本費の補助
90	表 4-19	運転費の補助
92	図 4-5	将来のクリーン水素の需要内訳
93	図 4-6	10年間で見込まれる収入・支出の増減
93	表 4-20	45Qの控除対象要件
94	表 4-21	45Qの控除額
95	表 4-22	バイオメタン調達目標の概要
97	図 4-7	Track-1プロジェクト一覧
97	図 4-8	英国の2035年に向けたロードマップ

(様式2)

98 表 4-23	GGSSの税率表
-------------	----------