

■海外情報

★IEA グローバル水素レビュー《概要、第2章 水素の需要（ハイライト）》
(IEA Global Hydrogen Review 2024)



出典： <https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf>

要 約

グローバル水素レビューは、国際エネルギー機関（IEA）が毎年発行しているもので、世界の水素の生産と需要、およびインフラ整備、貿易、政策、規制、投資、技術革新などの重要な分野における進捗を追跡している。

この報告書は、クリーンエネルギー大臣会合水素イニシアチブの成果であり、水素の現状と将来の見通しについて、エネルギー部門の利害関係者に情報を提供することを目的としている。世界のエネルギーと気候の目標達成における水素の潜在的な役割に焦点を当て、政策決定者が水素と水素ベースの燃料の需要を創出すると同時に、投資を行い水素技術の導入を促進するための戦略を少しでも調整するのに役立つことを目的としている。この報告書は、開発の現状と政府および産業界が表明している野心とを比較するものである。

本年度の報告書では、特にラテンアメリカに焦点を当て、同地域における低炭素水素プロジェクトの最近の動向や、需要を掘り起こし、プロジェクト実施に向けて前進する方法についての分析を掲載している。さらに、さまざまな水素サプライチェーンに関連する温室効果ガスの排出量も詳細に評価している。

目 次

Executive summary	9 (翻訳)
Recommendations	14 (翻訳)
Global Hydrogen Review Summary Progres.....	16
Chapter 1. Introduction	17
Overview	17
The CEM Hydrogen Initiative.....	18
Chapter 2. Hydrogen demand.....	20
Highlights	20 (翻訳)
Overview and outlook	21
Refining	28
Industry	32
Transport.....	37
Buildings	53
Electricity generation	54
Chapter 3. Hydrogen production.....	59
Highlights	59
Overview and outlook	60
Electrolysis	66
Fossil fuels with CCUS.....	78
Comparison of different production routes.....	81
Emerging production routes	94
Hydrogen-based fuels and feedstock.....	99
Chapter 4. Trade and infrastructure	104
Highlights	104
Overview	105
Status and outlook of hydrogen trade	105
Status and outlook of hydrogen infrastructure.....	113
Chapter 5. Investment, finance and innovation.....	135

Highlights	135
Investment in the hydrogen sector	136
Innovation in hydrogen technologies	150
Chapter 6. Policies	163
Highlights	163
Overview	164
Strategies and targets	166
Demand creation	172
Mitigation of investment risks	178
Promotion of RD&D, innovation and knowledge-sharing	190
Certification, standards, regulations	194
Chapter 7. GHG emissions of hydrogen and its derivatives	203
Highlights	203
Overview	204
System boundaries and scope of emissions	206
Emissions intensities of hydrogen production routes	208
Emissions intensities of ammonia production routes	215
Emissions intensities of (re)conversion and shipping of hydrogen carriers	216
Emissions intensity of carbon-containing hydrogen-based fuels	223
Effect of temporal correlation on GHG emissions	230
Chapter 8. Latin America in focus	234
Highlights	234
Unlocking the potential of low-emissions hydrogen in Latin America and the Caribbean	235
Overview	237
Low-emissions hydrogen production	242
Low-emissions hydrogen demand	247
Moving towards implementation	269
Annex	287
Explanatory notes	287
Abbreviations and acronyms	289

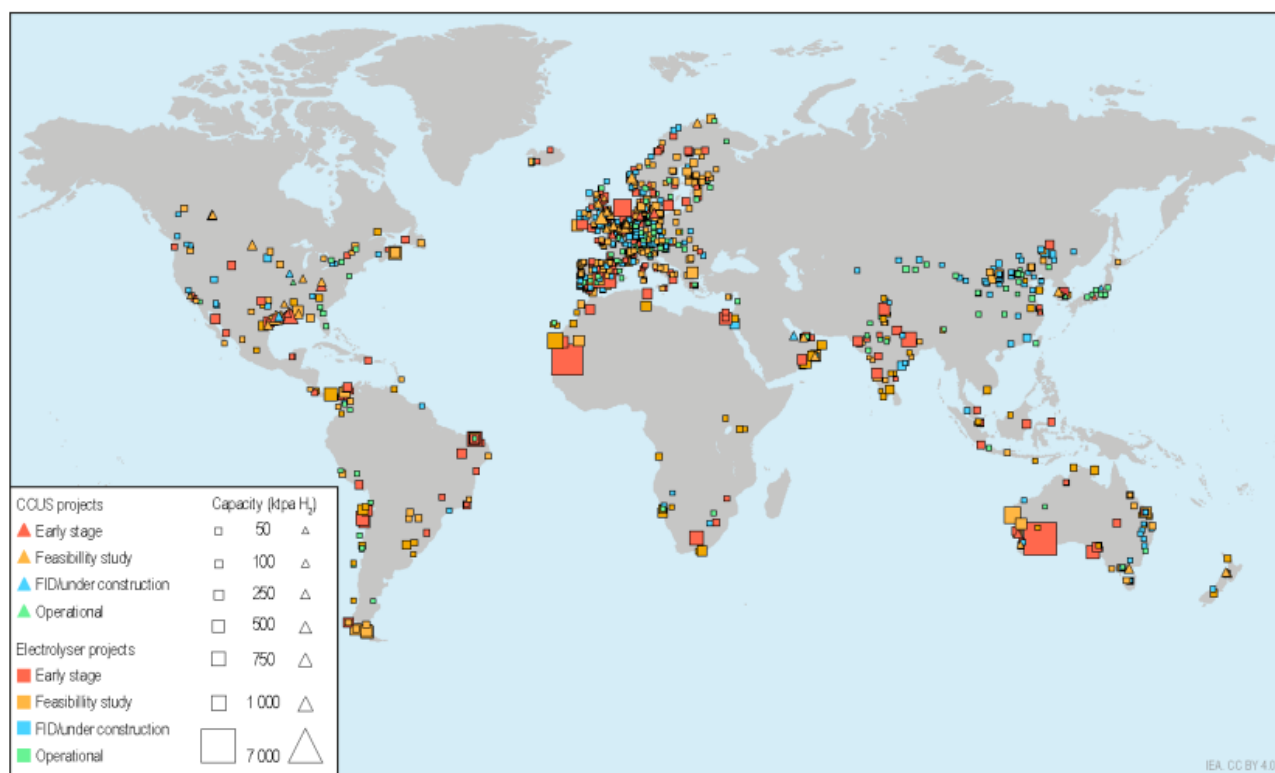
概 要

プロジェクトや最終投資決定は増加するも、踏ん張りが続く

2023 年の世界の水素需要は 97 百万トンに達し、2022 年比で 2.5%増加した。需要は依然として石油精製と化学分野に集中しており、主に化石燃料から製造された水素で賄われている。これまで通り、低炭素水素の役割はわずかで、2023 年の生産量は百万トン未満であった。しかし、低炭素水素の生産量は、発表されたプロジェクトに基づくと、2030 年までに 49 Mtpa（百万トン/年）に達する可能性があり、グローバル水素レビュー 2023 が発表された時よりも 30%近く増加する。この力強い成長は、ほとんどが電解プロジェクトによるもので、発表された電解能力はほぼ 520GW に達する。最終投資決定（FID）に達したプロジェクトの数も増加している： FID に達した発表生産量は今年の 2 倍、年間 3.4 百万トンに達し、2030 年までに現在の 5 倍の生産量となる。その内訳は、電気分解（1.9 Mtpa）と炭素回収・利用・貯蔵（CCUS）を伴う化石燃料（1.5 Mtpa）がほぼ同等となっている。

2024 年における発表されている水素製造プロジェクトのマップ

Map of announced low-emissions hydrogen production projects, 2024



Source: IEA [Hydrogen Projects database](#) (October 2024).

CCUS を使用した化石燃料からの水素製造は、この 1 年で地位を固めた。発表されたプロジェクトからの潜在的な生産量の合計は、昨年と比べてわずかな増加にとどまったものの、以前に発表された大規模プロジェクトの FID がいくつかあり、そのすべてが北米と欧州での立地である。その結果、2023 年 9 月に 0.6 Mtpa だった CCUS を使用する化石燃料の 2030 年の潜在生産量は、現在では 1.5 Mtpa と、昨年 1 年間で 2 倍以上に増加した。

全体として、新しい分野としては注目に値する進捗だが、潜在的な生産量のほとんどはまだ計画か、あるいはその前段階にある。プロジェクトの計画がすべて実現するためには、2024 年から 2030 年まで、太陽光発電が最も急速に拡大した時期に経験した成長率をはるかに上回る、前例のない年平均成長率 90% 超で成長する必要がある。いくつかのプロジェクトが遅延やキャンセルに直面しており、プロジェクトのかなりの部分が危機に瀕している。その主な理由は、不透明な需要動向、資金調達のハードル、インセンティブの遅れ、規制の不確実性、許認可の問題、運営上の課題などである。

中国と電解槽 - 太陽光発電とバッテリーの続編となるか？

FID に達した電解槽の発表容量は、現在世界で 2,000 万 kW に達しており、そのうち 650 万 kW が過去 12 ヶ月間で FID に達した。中国はリーダーシップを強めており、同期間の容量ベースで世界の FID の 40% 以上を占めている。中国のトップランナーとしての地位は、クリーンエネルギー技術の大量生産における強みによって裏付けられている。中国が製造能力を拡大し続けることで、過去に太陽光発電やバッテリーの製造がそうであったように、電解槽のコストが下がることが予想される。さらに、中国の太陽電池パネルの大手メーカー数社が電解槽の製造事業に参入し、現在では中国の電解槽製造能力の約 3 分の 1 を占めている。欧州では、電解プロジェクトの FID が昨年 1 年間で 4 倍に増加し、2 GW 以上に達した。

技術革新は前進しており、近いうちに加速する兆し

2016 年以降、水素技術の研究開発に対する政府投資は増加しており、この努力は実を結び始めている。現在までのところ、主に供給側で進展が見られ、多くの技術がすでに実用化されているか、あるいはそれに近い段階にある。最終用途技術についても有望な成果が見られており、産業や発電におけるいくつかの用途が実証段階に達しているほか、輸送用途、特に船舶分野でも大きな進展が見られる。さらに、特許出願件数は 2022 年に 47% 急増し、その大半は気候変動への懸念が主な動機となっている技術によるものであった。特許取得にまつわる活動の増加は、研究開発への公的資金の追加投資と支援政策により将来は市場が大きくなるという信頼が高まり、ビジネスとしての可能性を秘めたより多くの新しいアイデアや製品設計を刺激していることが示されている。

低炭素水素は短期的には高価だが、コストは大幅に低下すると予想

低炭素水素は新しい分野であり、そのためコストには不確実性がある。本報告書では、より先進的なプロジェクトから新たに入手したデータに基づき、現在の電解槽コストを上方修正した。将来的

なコストの変遷は、技術開発など多くの要因に左右され、特に普及のレベルとペースに左右される。IEA の 2050 年ネット・ゼロ・エミッション・シナリオ（NZE シナリオ）では、再生可能電力からの低炭素水素製造コストは、2030 年までに現在の半分の 2～9 米ドル/kg H₂ に低下し、化石燃料を使用しない製造とのコスト差は、現在の 1.5～8 米ドル/kg H₂ から、2030 年までに 1～3 米ドル/kg H₂ に縮小する。

Stated Policies Scenario（既存の政策のみを考慮したシナリオ）の導入レベルでは、コストの幅は 30%程度しか縮小しない。多くの地域で天然ガス価格が下落するにつれて、CCUS を利用した天然ガスからの低炭素水素製造もコスト低下が図られることになる。

コスト低下はすべてのプロジェクトに利益をもたらすが、個々のプロジェクトの競争力への影響は異なる。例えば、520GW 程度の電解槽プロジェクト全体を全面的に開発した場合、NZE シナリオと同様のグローバルなコスト低減が達成される。中国が、このようなレベルで世界展開すれば、現在の電解槽プロジェクト計画（1 Mtpa）からの生産量の大部分は、脱炭素未対策の石炭から生産される水素よりも安価になる。世界全体では、2030 年までに 5 百万トン/年以上の水素が、未対策の化石燃料から製造される水素と競争力のあるコストで製造され、1.5 米ドル/kg H₂ のコストプレミアムで 12 百万トン/年まで製造される可能性がある。

このコストギャップは、プロジェクト開発者にとって短期的には重要な課題であり続けるだろうが、水素を中間原料とする最終製品については、多くの場合その影響は管理可能であろう。低炭素水素製造のコストプレミアムは、バリューチェーンに沿って減少するため、消費者への最終製品の価格上昇は緩やかになる。例えば、電気自動車（EV）の生産に再生可能水素で生産された鉄鋼を使用した場合、EV の総価格は約 1%の上昇となろう。

低炭素水素の需要創出は進展しているが、まだ規模の拡大が必要

低炭素水素（および水素ベースの燃料）の需要を喚起する取り組みは、各国政府が重要な政策（ドイツの炭素差額決済や、EU の航空・海運分野での義務化など）を実施し始めたことで、現在は牽引力を増している。こうした措置は、業界側の行動をも誘発し、オフテイク（引き取り）契約の締結や低炭素水素購入のための入札の開始が増加している。しかし、こうした取り組みの全体的な規模は、気候変動目標の達成に向けての水素の貢献はまだ不十分である。

政府によって設定された水素需要に関する政策と目標は、2030 年には約 11 Mt に達するが、これは、産業、輸送、発電における水素利用に関するいくつかの目標が下方修正されたため、昨年より 3 Mt 近く低くなっている。しかし、FID を取得した（3.4 Mtpa）、あるいはすでに稼働している（0.7 Mtpa）低炭素水素製造の量は、4 Mtpa と、このレベルをはるかに下回っている。このギャップにより、産業界と政府に対して、供給側の投資を引き出すのに役立つオフテイク契約促進のための行動を求めたい。

同時に、政府の政策と需要目標は、政府による生産目標（2030 年には 43 Mtpa に達する）に大きく遅れをとっており、発表されたプロジェクトから達成される可能性のある潜在的供給量（49 Mtpa）よりもさらに低くなっている。政策措置は、政府の期待に応じて生産を拡大するのに必要なレベルの需要を創出するにはまだ不十分である。加えて、より野心的な行動（EU の産業用途における目標やインドの精製割当量など）のいくつかは、まだ国内法制化されていない。さらに、過去 1 年間に各国政府が発表した低炭素水素導入のための約 1,000 億米ドルの政策支援のうち、供給サイドの支援は需要サイドの支援よりも 50% 大きい。供給側の投資を支える不可欠な要件として、低炭素水素の需要を喚起するためには、政府の強力な行動が必要である。低炭素水素が、現在、化石燃料によって満たされている大量の水素需要を代替しうる産業ハブは、政府が未開拓需要を刺激するために重要である。

次のステップは認証と相互承認

各国政府は、低炭素水素の環境特性、特に温室効果ガス（GHG）排出に関する規制の整備を加速させている。明確で予測可能な規制は、長期投資の確実性を高めることができる。しかし、こうした枠組みやそれに関連する認証制度は、地域によってまだ統一されておらず、市場の分断を招く可能性がある。これに対し、COP28 では、37 カ国政府が各国の認証制度の相互承認を約束し、ラテンアメリカは地域認証の枠組みである「CertHiLAC」を立ち上げた。さらに、国際標準化機構（ISO）は、水素の製造、輸送、転換・再転換に伴う GHG 排出量を決定するための方法論を発表した。これは、2025 年または 2026 年までに期待される完全な規格の基礎となるもので、認証の相互承認を可能にする共通の方法論として機能する可能性がある。しかし、水素サプライチェーンにおける GHG 排出量の評価に関していくつかの疑問があり、生産設備の建設や製造からの排出量をどのように算定するかなど、未解決のままである。化石燃料を利用した製造の場合、これらの製造ルートに関連する GHG 排出量を確実に評価するためには、化石燃料供給の上流および中流における排出量について、各国のインベントリでより適切なデータを入手する必要がある。

水素はラテンアメリカにとって新しいエネルギー経済に向けての良い機会であるが課題に直面している

IEA の 2023 年ラテンアメリカ・エネルギー展望の発表を受けて、本報告書は、特にラテンアメリカとカリブ海地域に焦点を当てている。ラテンアメリカは、豊富な天然資源と再生可能エネルギー資源、そして大部分が脱炭素化された電力ミックスを活用し、低炭素水素の主要生産国として台頭する好位置にある。発表されているプロジェクトに基づけば、2030 年までに、ラテンアメリカは、世界中のいくつかの既存規制（EU のタクソノミー、日本の水素社会推進法、米国のクリーン水素製造基準など）の要件に沿った 3kg-CO₂-eq/kg H₂ 以下の炭素原単位で、7Mtpa 以上の水素を製造できる可能性がある。しかし、このポテンシャルを完全に達成するには、この地域の現在の発電量の 20% に相当する大幅な発電容量増加と送電線などのインフラへの多額の投資が必要となる。

多くのラテンアメリカ諸国は、輸出機会を重視した水素戦略をすでに策定している。しかし、世界の水素市場規模が不透明であることから、これらの計画を更新する必要があるかもしれない。世界レベルでは、過去1年間、水素や水素ベースの燃料の貿易に関連するプロジェクトは発表されていない。ラテンアメリカの場合の市場機会は主に精製分野とアンモニア生産にあり、即座に大規模な応用が可能である。アンモニアの場合、国内生産能力が開発されれば、農業がGDPに大きく貢献しているこの地域で、肥料の輸入依存度を下げることができる。

市場が発展するにつれ、鉄鋼、海運、航空分野での新たな用途が、水素ハブの構築とともに出現するだろう。これらのハブは、水素の利用と生産を国内のニーズに合わせて拡大する機会を開くと同時に、水素ベースの燃料や、熱ブリケット鉄（ホットブリケットアイアン：HBI）のような低炭素水素で製造された材料を輸出する機会を提供し、ブラジルのような現在鉄鉱石の大規模輸出国である国々は、新たな産業能力を開発し、バリューチェーンにおける規模を拡大することが可能になる。この地域での供給には、小規模なプロジェクトから段階的に取り組むことで、リスクを軽減し、設備投資を抑え、将来の規模拡大のための貴重な経験を得ることができる。インフラの計画と開発、特に送電のような長期のプロジェクトは、将来の水素製造をサポートするために直ちに開始すべきである。

推奨事項

産業ハブと公共調達を活用した低炭素水素の需要創出の加速

各国政府は、低炭素水素の需要を喚起するため、より大胆な行動をとるべきである。割当、義務化、炭素差額決済といった政策の実施はすでに始まっているが、地理的な範囲や規模はまだ限られている。政府は、既存の水素ユーザーや、鉄鋼、海運、航空などの高価値分野が必要とする機会を活用することができる。こうした拠点で需要をプールすることで、規模を拡大し、生産者の引き取りリスクを軽減することができる。さらに、製造過程で低炭素水素を消費する最終製品ののための公共調達を活用し、消費者が低炭素水素ベースの製品に少額のプレミアムを支払うことを厭わないような市場の開拓を奨励することが、早期の導入を促進するのに役立つ。

低炭素水素製造の拡大によりプロジェクト開発者を支援しコスト削減推進を支援

低炭素水素と化石燃料からの水素とのコストギャップを埋めるため、政府はスケールアップ段階のプロジェクト開発者に的を絞った支援を提供すべきである。欧州では、いくつかの大規模プロジェクトに対する資金調達が確認された後、相次いでFIDが行われたように、投資決定を引き出すためには、タイムリーな支援が不可欠である。政府はまた、開発者が将来のビジネスケースを明確にし、投資家を惹きつけることができるよう、支援のレベルや形態について長期的な見通しを示すべきである。初期のプロジェクトには多額の資金的裏付けが必要かもしれないが、その分野が成熟し、コストが低下するにつれて、支援レベルは低下していくだろう。政府は、補助金や助成金に加

え、融資保証、輸出信用枠、公的資本投資など、他の政策オプションも検討することができる。これらは、投資リスクを軽減し、資本コストを引き下げるのに役立つ。

低炭素水素の環境に関する規制と認証の強化

ISO は、GHG 排出量を評価するための標準化手法に関する情報を発表している。今こそ各国政府は、水素製造における許容可能な排出レベル閾値を設定する明確な規制を実施すべき時である。

ISO の方法論や今後発表される規格との規制の整合性を確保することで、世界的な相互運用性を促進することができる。しかしそれに加えて、各国政府は化石燃料供給による上流の排出量を評価・検証する取り組みを強化し、市場関係者や一般市民がこのデータにアクセスできるようにして透明性を確保すべきである。

水素インフラ開発機会の特定

各国政府は、低炭素水素の生産と需要の拡大を遅らせるリスクを回避するため、水素インフラの開発を加速させる取り組みを強化すべきである。タイムリーなインフラ整備がなければ、供給と需要の結びつきが確立できず、市場の成長を妨げ、生産者と消費者の双方に不確実性をもたらす。早期の計画策定、コストを最小限に抑えるための既存の天然ガスパイプラインや貯蔵施設の再利用、許可を迅速化するための規制枠組みの合理化、水素ネットワークに関する国境を越えた協力の促進などが、早急な対策として挙げられる。また、官民パートナーシップを活用することで、投資のリスクを軽減し、インフラが水素市場の発展に遅れないようにすることができる。

新興市場および発展途上経済圏（EMDEs）における低炭素水素の製造・利用の拡大支援

新興国、特にアフリカや中南米などの地域は、低コスト・低炭素水素製造に大きな可能性を秘めている。この潜在力を引き出すために、先進国政府と国際開発金融機関は、新興国のプロジェクト開発者にとって大きな障壁となっている資金調達へのアクセスなどの主要な課題に対処するため、補助金や譲許的融資を含む的を絞った支援を提供すべきである。このようなプロジェクトを開発することで、国内需要を賄い、輸入依存度を減らし、水素や、熱ブリケット鉄や肥料のような水素ベースの製品の輸出を可能にする可能性がある。

グローバル水素レビュー進捗概要

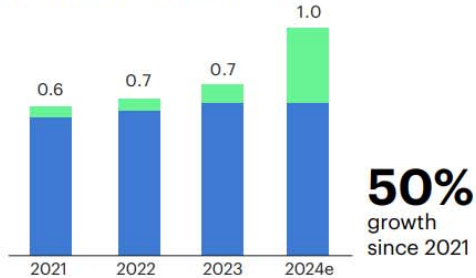
Global Hydrogen Review Summary Progress

Production

Low-emissions hydrogen

Mtpa

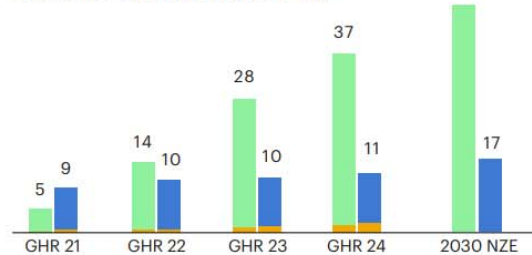
Renewables Fossil fuels with CCUS



Low-emissions hydrogen production from announced projects by 2030

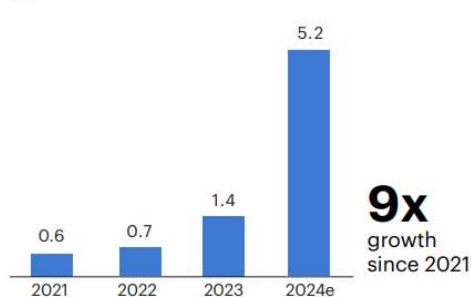
Mtpa

Renewables Fossil fuels with CCUS FID



Electrolyser installed capacity

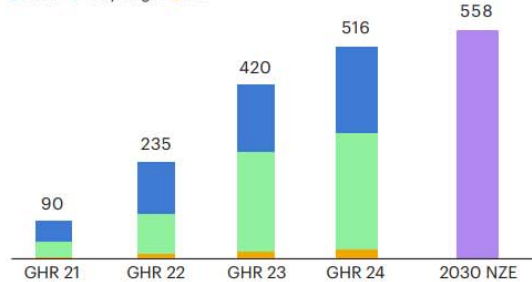
GW



Announced electrolyser projects by 2030

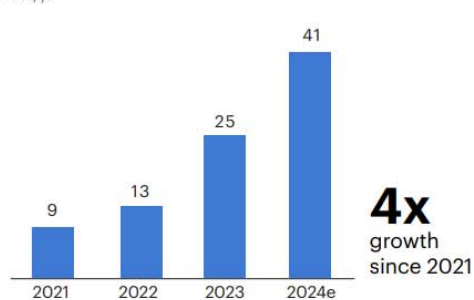
GW

Total Early stage FID



Electrolyser manufacturing capacity

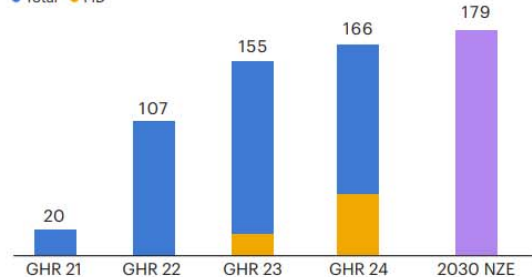
GW/yr



Announced electrolyser manufacturing capacity by 2030

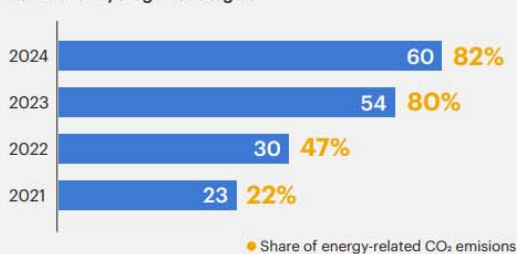
GW/yr

Total FID



Policies

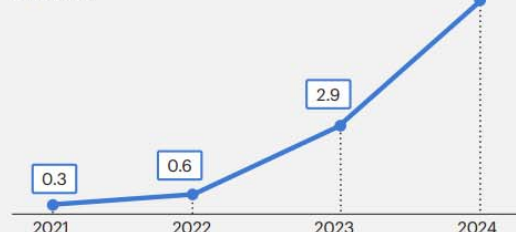
Number of hydrogen strategies



Investment

Electrolyser installation

Billion USD



Note: 2024e = Estimated based on announced projects. FID = Final Investment Decision.

注: 2024e = 発表されたプロジェクトに基づく推定値 FID = 最終投資決定

第2章 水素の需要

ハイライト

- ・ 2023 年の世界の水素需要は 97 百万トンに達し、2024 年にほぼ 100 百万トンに達すると考えられる。しかし、この増加は政策実行の効果というより広範な経済成長の結果とみるべきである。
- ・ 水素需要は、数十年にわたり使用されてきた石油精製と工業用途に集中している。重工業、長距離輸送、エネルギー貯蔵など、クリーンエネルギーへの転換において水素が重要な役割を果たすはずの新たな用途への水素の導入は、2022 年比で 40%増加したにもかかわらず、世界需要の 1%未満にとどまっている。
- ・ 低炭素水素の需要は 2023 年には 10%近く増加したが、それでもまだ百万トンに満たない。政府は最近、義務付け、インセンティブ制度、市場開発ツールの実施を通じて、取り組みを強化している。これは、2050 年までのネット・ゼロ・エミッション・シナリオ（NZE シナリオ）のニーズの約 10 分の 1 に相当するが、2030 年までに需要を年間 6 百万トン以上に押し上げる可能性がある。
- ・ 産業界はこうした政策努力に応え、ますます多くのオフテイク契約を結んでいる。さらに、これらの契約は覚書から確実な契約取り決めへと移行しつつある。化学、石油精製、海運分野は、契約需要量が最も多く、確定契約のシェアが最も大きい。
- ・ 産業界は、水素や水素ベースの燃料・原料の需要集約のための入札や事業協力イニシアティブなど、導入促進のための努力も行っている。
- ・ 石油精製、化成品製造、製鉄で使用する低炭素水素製造のためのいくつかの大規模プロジェクトが昨年、最終投資決定（FID）に達した。これらの分野のプロジェクトは、2030 年までに現在の 3 倍となる年間 1.5 百万トンの低炭素水素の需要につながる可能性がある。
- ・ 運輸部門の分野ごとに対照的な傾向が見られる。自動車交通では、市場は減速しており、その焦点は乗用車から大型車へと移っている。海運と航空では、水素と水素ベースの燃料の利用が、特に政策支援が行われているところでは関心を集めているが、市場への普及の遅れから、こうした燃料供給のための野心的なプロジェクトがいくつか中止されている。
- ・ 電力分野では、特に日本と韓国で進展が著しく、各企業はいくつかの大規模な実証試験を進めており、政府は水素とアンモニアを利用した発電のための最初のオークションを構築した。

概観および展望

世界の水素需要は 2023 年も成長を続け、2022 年比 2.5%増の 97 百万トン超と、過去最高を記録した（図 2.1）。需要は、Covid-19 パンデミックによって経済が減速した 2020 年を除いて、数十年間継続的に成長してきた。2024 年も成長は続き、世界の水素需要は 100 百万トン近くに達する可能性がある」と推定される。

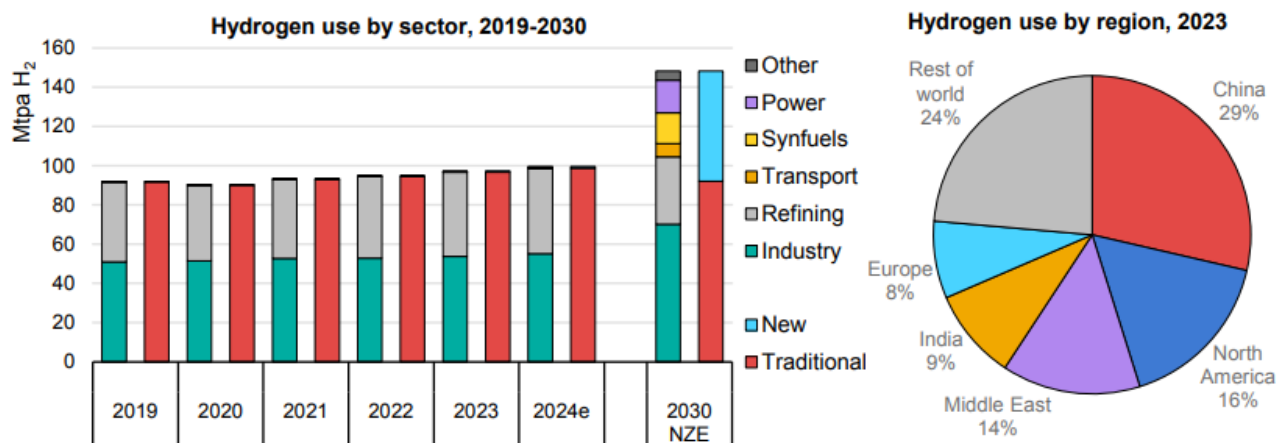
中国が再び最大の水素ユーザーとなり、世界需要の 3 分の 1 近く（28 百万トン）を占め、第 2 位の米国（13 百万トン、世界需要の 14%）の 2 倍以上となった。水素需要の伸びはすべての主要地域で緩やかであったが、例外として、中東の伸びが非常に急であったこと（石油精製とメタノール

生産における需要の増加により、前年比 6%以上の伸び)、およびインドの伸びが大きかったこと（石油精製と鉄鋼分野における需要の増加により、前年比 5%以上の伸び）などがあった。

図 2.1 分野ごとと地域ごとの水素需要推移（2019～2030）

2030 は、2050 までのネットゼロエミッションシナリオ

Figure 2.1 Hydrogen demand by sector and by region, historical and in the Net Zero Emissions by 2050 Scenario, 2019-2030



IEA. CC BY 4.0.

Notes: NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario. "Other" includes buildings and biofuels upgrading. 2024e = estimate for 2024. The estimated value for 2024 is a projection based on trends observed until June 2024.

Hydrogen demand reached 97 Mt in 2023 but remained highly concentrated in traditional applications in industry and refining.

Notes: NZE = 2050 ネットゼロエミッションシナリオ “Other”：ビルディングおよびバイオ燃料アップグレード分 2024e = 2024 は予測。2024 年の値は、2024 年 6 月までのトレンドに基づく予測値。

水素需要は 2023 年に 97 百万トンに達するが依然として既存用途（産業と石油精製）に大きく集中

水素需要は、石油精製、化学分野（アンモニアやメタノール生産）、製鉄（化石ベースの合成ガスを使用した直接還元鉄（DRI）ルートによる鉄の製造）といった、既存用途に集中している

（Box2.1）。この需要は、化石燃料から生産される水素でほぼ完全に満たされている。例年通り、世界の水素需要の伸びは、政策支援によるものではなく、世界的な産業動向によるものであり、気候変動の緩和という点では何のメリットもない。それどころか 水素の生産と使用に伴う CO2 排出量は、2022 年より 1.5%多い 920 百万トン-CO2¹に達し、インドネシアとフランスの年間排出量の合計に匹敵する。

1 ナフサ分解やスチーム分解で副産物として発生する水素を 0kg-CO2/kg H2 とした算出した場合。最大 10kg-CO2/kg H2 の発生があるとして算出すると、排出量は 1,070 百万トン-CO2 まで増加する。これには、水素製造による直接排出と、尿素とメタノールの合成に利用される 300 百万トン近い CO2 が含まれ、その大部分はその後に排出される。これには、化石燃料供給の上流および中流における排出は含まれていない。

ネット・ゼロ・エミッションのエネルギー・システムへの移行では、化石燃料から製造される水素の需要が低炭素水素に取って代わる必要がある。さらに、重工業、長距離輸送、水素ベースの燃料製造、発電・貯蔵など、CO₂ 排出削減が困難な分野での新たな用途にも、低炭素水素の利用を拡大する必要がある。こうした新しい用途での水素の利用は、2023 年には 2022 年比で 40% 近く増加したが、それでも世界需要の 1% 未満にすぎない（バイオ燃料の改質を除くと 0.1% 未満）。2050 年までのネット・ゼロ・エミッション・シナリオ（NZE シナリオ）では、水素需要は 2030 年までに年間 150 百万トン近くに達し、その 45% は低炭素水素である。世界需要のほぼ 40% は新規用途によるものであり、これらの新規用途の需要は 2030 年までに 80 倍以上に成長する必要がある。

Box 2.1 グローバル水素レビューにおける水素需要報告

本報告書の水素需要は、国際的に製造・利用されたものであって、アンモニア製造や石油精製で利用される 75 百万トン-H₂ 以上の純水素、メタノール製造や鉄鋼製造の炭素混合ガス利用での 20 百万トン-H₂ 以上の水素などを対象としている。工業プロセス（コークス炉やスチーム分解など）の残留ガスに含まれ、熱や発電に使用される約 30 百万トンの H₂ は除外している。この水素は、特定の用途のために意図的に製造されたものではなく、その使用はこれらの残留ガス中にもともと存在する水素に由来するものである。さらに本報告書では、ガラス製造、エレクトロニクス、金属加工における少量の水素の過去の使用量（使用量年間約 1 百万トン）に関する推定は含まない。

過去および今後における水素の用途

水素は、石油精製、化学工業、鉄鋼生産、その他の特殊な用途などの既存用途にとどまらず、水素は幅広い新しい用途にも使用することができる。

水素は、まだこれらの新しい用途で大規模に使用されていないが、脱炭素化への取り組みのため、特に、他の低排出技術が利用できないか、導入が非常に困難で CO₂ 排出量の削減が難しい分野において、新しい用途として水素利用促進が期待される。

水素導入の進捗状況、特にクリーンエネルギー転換において水素がその役割を果たすための方向性と必要なペースで進んでいるかどうかを評価するには、水素の総使用量を追跡するだけでは不十分である。新たな用途への水素利用を評価するためには、用途別の水素利用も追跡する必要がある。

IEA のグローバル水素レビューでは、水素の用途を二つに分類している：

- ・石油精製、アンモニア、メタノール、その他の化学製品を製造するための原料、化石由来の合成ガスを使用して DRI を製造するための還元剤など、従来の用途。このカテゴリーには、エレクトロニクス、ガラス製造、金属加工における水素の使用も含まれるが、これらは我々の追跡調査には含まれていない。
- ・ 100% 水素 DRI における還元剤としての水素の使用、長距離輸送、水素ベースの燃料（アンモニアや合成炭化水素など）の製造、バイオ燃料の改質（油脂の水素化など）、工業における高温加熱、電力の貯蔵・発電など、潜在的な新しい用途のほか、より効率的な低炭素代替燃料の存在により水素の使用が非常に少ないと予想される用途もある。

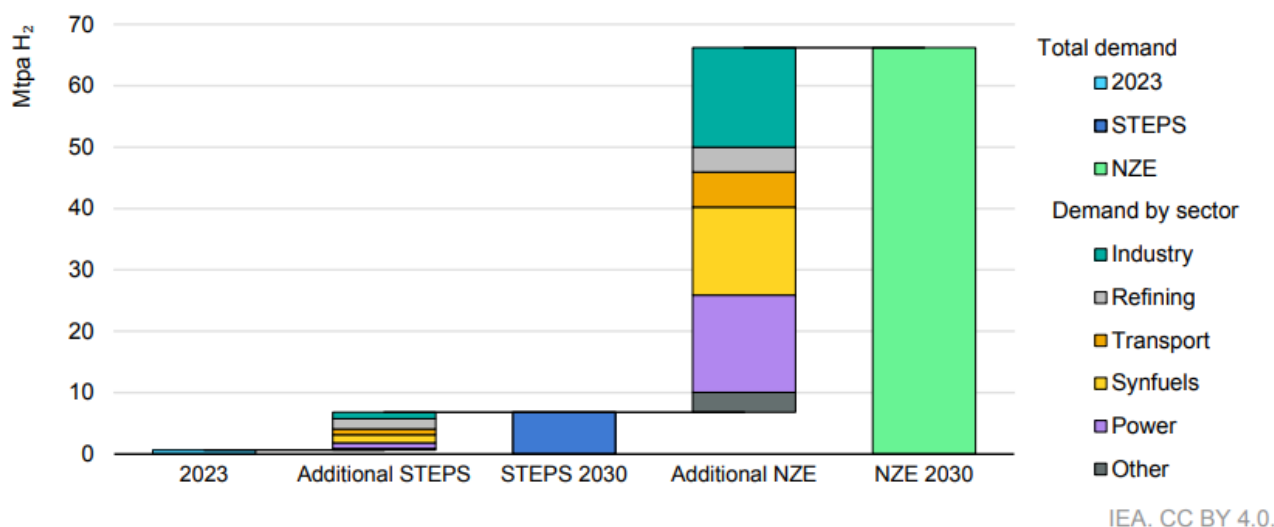
低炭素水素の需要創出

低炭素水素の需要は、2023 年には 2022 年比で 10% 近く増加したが、依然として非常に低く、世界需要の 1% 未満に過ぎない。低炭素水素は、化石燃料から得られる水素よりもコストが高いため、既存の水素ユーザーのほとんどに採用されていない。この割高感が、低炭素水素が化石燃料の直接利用に取って代わる可能性のある新たな用途への導入も妨げている。コストギャップを埋めるような政策的措置や、低炭素水素の使用を約束する市場プレイヤーを刺激するような政策的措置がなければ、需要は、野心的な持続可能性目標を掲げる企業や、より大きな市場が出現する前に実証実験を通じて技術に慣れ親しみたいと考える企業による小規模な取り組みに限定されたままになる。

このような背景から、各国政府が供給サイドを優先してきた数年間に続いて、需要サイドの政策が注目され始めている（第 6 章「政策」参照）。現在の政策状況では、低炭素水素の需要は 2030 年までに 10 倍に拡大し、年間 6 百万トン以上に達する可能性がある。これは現在に比べれば大きな進歩ではあるが、NZE シナリオで 2030 年までに必要とされる年間 65 百万トンには遠く及ばない。

図 2.2 2023 年における分野ごとの低炭素水素需要および公表政策シナリオおよびネットゼロエミッションシナリオ 2050 での 2030 年の低炭素水素需要

Figure 2.2 Low-emissions hydrogen demand by sector in 2023, and in the Stated Policies Scenario and the Net Zero Emissions by 2050 Scenario, 2030



Notes: NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario. STEPS = Stated Policies Scenario. "Other" includes buildings and biofuels upgrading.

Demand for low-emissions hydrogen could exceed 6 Mtpa by 2030 with current policy settings, but would need to reach 65 Mtpa, across many applications, to align with the NZE Scenario.

注: NZE = 2050 年ネットゼロエミッションシナリオ. STEPS = 公表政策シナリオ. "Other" ビルやバイオ燃料改質含む。低炭素水素の需要は、現在の政策設定では 2030 年までには 6 百万トンを超える可能性がある。しかし、NZE シナリオに沿うには、多くの用途で年間 65 百万トンに達する必要がある。

民間分野では近年、企業間のオフテイク契約の数と規模が拡大している²。こうしたオフテイク契約は、低炭素水素製造プロジェクトへの投資リスクを軽減する上で極めて重要である。2023年には、企業は低炭素水素相当量で年間2百万トン以上の契約を締結し³、そのうちの40%近くが確実な契約によってカバーされている⁴。契約の最大のシェア（35%）は、最終的な申請が開示されていない水素取引プロジェクトに関するものであったが、これらの契約はすべてまだ準備段階である。次いで多いのが化学分野関連で、合意されたオフテイク総量のほぼ5分の1を占め、ほぼ半数が確実な合意である。2021年以降、すべての分野で水素相当量当たり年間1.7百万トンが確定引取契約に含まれているが、そのうちほぼ年間0.6百万トンが化学分野に属している。特筆すべきは、現在建設中の世界最大の電解プロジェクトであるNEOMプロジェクトが、エアプロダクツ社との全生産量のオフテイク契約を結んでいることである。カナダとインドでごく最近FIDに達した他の大規模プロジェクトも、化学分野でのオフテイク契約となっている。

² この分析では、自動車交通分野における多数の小規模なオフテイク契約は除外しているが、これらの契約は、世界レベルで見ると非常に少ない。参考として、2023年の運輸部門における世界の水素需要は約60キロトンで（「運輸」を参照）、そのほとんどは化石燃料から生産されている。

³ 水素および水素ベースの燃料のオフテイク契約を含む。

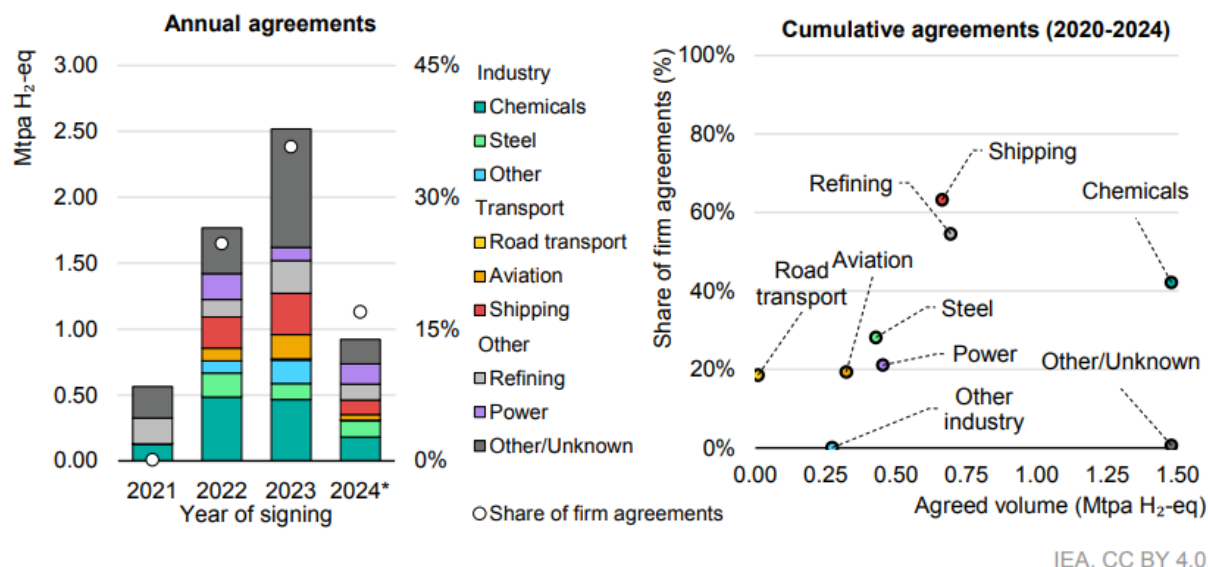
⁴ 確実な合意には、供給者と引き取り手の双方にとって拘束力のある条件を伴う契約取決めが含まれるのに対し、縦鼻的合意には、MoUのような拘束力のない他のタイプの取引が含まれる。

石油精製と海運分野は、化学分野よりも合意数量が少ないにもかかわらず、確実な合意のシェアが大きい。このことは、水素の伝統的な用途（アンモニア製造、メタノール製造、石油精製）は、新しい用途よりも技術リスクが低いため、当面は低炭素水素を採用するのに最適な場所であることを示唆している。

その他の分野では、鉄鋼、発電、航空分野で、20～30%のオフテイク契約が成立している。しかし、これらの分野のオフテイク契約は、より地域的に集中している。発電分野でのオフテイク契約の大半は、水素とアンモニアを利用して発電の脱炭素化を図るという政府の計画に後押しされ、オフテイク先が日本と韓国に集中しているが、供給元はオーストラリア、中東、北米、東南アジアに分散している。鉄鋼の場合、ほとんどすべてのオフテイク契約（供給側と引き取り側の両方）が欧州企業間で結ばれている。この傾向は、2023年に発効したReFuelEU航空指令を受けて加速しているようだが、供給業者には欧州や北米のプロジェクト開発業者も含まれている。

図 2.3 低炭素水素と水素ベース燃料のオフテイク契約締結状況（2021-2024 年）

Figure 2.3 Offtake agreements signed for low-emissions hydrogen and hydrogen-based fuels, 2021-2024



Notes: "Unknown" includes offtake agreements without a disclosed end use for hydrogen and hydrogen-based fuels. Only offtake agreements disclosing the amount agreed and stating that they will take place before 2030 have been included. 2024 data includes agreements until August. Announcements for hydrogen production and self-consumption are not included.

Sources: IEA analysis based on announcements of offtake agreements for hydrogen and hydrogen-based fuels and data from [Argus Media Group](#), [BloombergNEF](#) and [S&P Global](#).

The number of offtake agreements for low-emissions hydrogen and hydrogen-based fuels is growing, with several large, firm agreements announced, albeit accounting for just 1.7 Mtpa.

注: "Unknown"には、水素および水素ベース燃料の最終用途が開示されていないオフテイク契約を含む。2030年までに実施されることが明記され、合意金額が開示されているオフテイク契約のみが含まれている。2024年のデータは8月までの合意を含む。水素製造と自家消費に関する発表は含まれていない。

出典：水素および水素ベースの燃料のオフテイク契約の発表と Argus Media Group、BloombergNEF、S&P Global のデータに基づく IEA の分析

低炭素水素と水素ベースの燃料のオフテイク契約の数は増加しており、わずか年間 1.7 百万トンであるが、いくつかの確実な大規模契約が発表

過去 1 年間に、6 社⁵ が入札募集を開始し、合計で年間百万トン近い H₂ を調達した（表 2.1）。最大の入札は、TotalEnergies 社が 2023 年 9 月に開始したもので、欧州の精製事業で使用される水素の脱炭素化を目的としている。同社は最近、平均価格が約 8 ユーロ/kg H₂（USD ~9/kg H₂）という高水準ながら、多数のオファーが寄せられたと報告した。

5 入札のうち 2 件は国営企業によって開始されたもので、インド太陽エネルギー公社（Solar Energy Corporation of India）と国営高速道路公社（National Highways）である。

表 2.1 2023 年 9 月以降開始された低炭素水素および水素ベース燃料の調達に関する入札

Table 2.1 Tenders for procuring low-emissions hydrogen and hydrogen-based fuels launched since September 2023

Company	Sector	Tendered volume	Details and conditions
TotalEnergies	Refining	500 ktpa H ₂	-
Salzgitter AG	Steel	Up to 141 ktpa H ₂	Bidders must ensure that hydrogen complies with the EU regulations for Renewable Fuels of Non-Biological Origin or are “low-carbon” according to the EU Taxonomy . Deliveries to start from 2027.
thyssenkrupp Steel Europe AG	Steel	143 ktpa H ₂	Three-phase process: request for information (February 2024), request for proposals (Q2 2024) and request for quotations (Q3 2024). 10-year contracts for hydrogen delivered from 2028 via pipeline to its Duisburg plant.
Solar Energy Corporation of India	Fertiliser	750 ktpa ammonia (NH₃) (~135 ktpa H ₂)	10-year contracts, with 3 years of government subsidies. Ammonia delivered to 11 pre-selected fertiliser production sites in India.
Stahl-Holding-Saar	Steel	50 ktpa H ₂	Hydrogen delivered via the MosaHYc pipeline from 2027.
National Highways	Construction	~1 ktpa H ₂	Aims to buy 5.9 kt of low-emissions hydrogen over 5 years from 2027.

こうした取り組みに加え、民間分野は、水素ベース燃料の需要を集約するために、複数の企業が力を合わせる分野連合を展開している。これにより、コストとリスクを連合のメンバー間で分散させるとともに、供給側のスケールアップを促進できるような大きな需要シグナルを送ることができる。航空分野では、「持続可能な航空バイヤー連合」や「カンタス持続可能な航空燃料連合」などの取り組みがある（詳細は航空分野を参照）。海運分野では、ゼロエミッション海運バイヤーズ・アライアンス（ZEMBA、2023 年にゼロエミッション船主のための貨物船プラットフォームによって発足）が、2024 年 4 月に、ゼロエミッション海運ソリューションのための最初の集団入札の成功を発表した。最初の入札の落札者はバイオメタンを船舶燃料として使用するが、ZEMBA は、その後の入札（次の入札は 2024 年末までに行われる予定）では水素ベースの燃料の市場開拓に重点を置くを発表した。また海運分野では、2024 年にロッキーマウンテン研究所、ゼロ・カーボン海運のためのメルスク・マッキニー・モラー・センター、ZEMBA、ハパックロイド社が、海運ブック・アンド・クレーム・チェーン・オブ・カストディの新しいパイロット・システムを開始する予定である。鉄鋼分野では、RMI が 2023 年 9 月、低炭素鉄鋼の需要を集約するための「持続可能な鉄鋼バイヤーズ・プラットフォーム」を立ち上げた。

Box 2.2 市場導入を促進するための協調的努力

低炭素水素の需要をめぐる不確実性が、供給側の投資にとって大きな障壁となっている。同様に、購入者も、低炭素水素の導入を計画する際に、供給が可能かどうかの不確実性に直面している。さらに、インフラ開発者は、実行可能な導入計画を立てるために、生産者と利用者の間の低炭素水素に関する可能なフローについて明確な検討結果を必要としている。

利害関係者間の調整は、供給者にとってはオフテイクのリスクを軽減し、利用者にとっては供給の可視性を向上させ、インフラ開発者にとっては計画が容易に立てられこうした不確実性を軽減することができる。このような調整は、ひいては投資の流れを刺激し低炭素水素の採用を加速させる。

利害関係者間の調整を改善するため、いくつかの関係者は初期段階での市場導入を促進し、生産者と潜在的な購入者を結びつけ、インフラ開発者の計画を支援し、市場の透明性を高めることを目的としたマッチング・プラットフォームを立ち上げている。一部のプラットフォーム開発者は、価格設定の促進も目指している。

欧州委員会は 2021 年、欧州共通関心重要プロジェクト（IPCEI）における水素利用のための提案準備のために利害関係者をつなぐことを目的に、IPCEI 水素マッチング手法でこの取り組みの先駆けとなったが、このプラットフォームは 2022 年に IPCEI の提案が提示されるまでの短期間しか運用されなかった。継続的に運用された最初のプラットフォームは、2022 年に開始された米国エネルギー省（DOE）の H2 マッチングメーカー・ツールである。このツールは、「クリーンな」水素製造者、エンドユーザー、およびインフラ開発者、製造業者、設計・調達・建設会社、研究者など、水素バリューチェーン全体のその他の関係者が、ネットワークを構築し、低炭素水素製造・利用のための包括的なサプライチェーンプロジェクトを開発するための潜在的パートナーを見つけるのを支援するものである。このプラットフォームは現在、地域クリーン水素ハブ・プログラムと統合され、関係者がそれぞれの活動、予測、プロジェクト内容に関する詳細情報を共有できるようになっている。

EU では、2024 年 4 月に承認された脱炭素ガス・水素パッケージの下、欧州委員会は、低炭素水素とその派生品の需要と供給に関する情報を収集・処理し、アクセス可能にする試験的メカニズムを構築した。これにより、欧州の供給者は、欧州および欧州以外の供給者とマッチングできるようになる。2025 年半ばから運用を開始し、欧州水素バンクの一部として 5 年間運営する予定である。

欧州のガス供給システム事業者の中にも、独自のプラットフォームを立ち上げたところがある。例えば、Gasunie は 2023 年 5 月に Match & Connect サービスを導入し、市場関係者がオンラインプラットフォームを通じて水素の潜在的な顧客、生産者、荷送人とつながることを支援している。Fluxys は、ベルギーにおける潜在的な水素生産者と需要に関するデータを収集し、同社のインフラ計画に役立てるため、情報提供の要請を開始した。市場関係者のマッチングに積極的な役割を果た

さない Gasunie とは異なり、Fluxys は現在、特に Antwerp, Ghent, Hainaut, Liège および Limbourg において、情報提供要請に参加した企業間の地域的な相互交流を促進している。

国際レベルでは、Clean Hydrogen Mission が Hydrogen Valleys プラットフォームの一環として、関係者が水素バレーとつながるためのマッチングツールを立ち上げた。また、H2Global Foundation の子会社である Hintco の活動も注目に値する。Hintco はマッチング・プラットフォームではないが、H2Global メカニズムのオークション結果からの情報を公開することで、市場の透明性を向上させることを目指している。これには、水素や水素ベースの燃料を販売する企業の詳細、価格、生産・配送場所、また製品を購入する企業の情報や価格などが含まれる。