

抄訳レポート

■ 抄訳対象

➤ Global Hydrogen Review 2023, IEA (2023)

<https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>

■ 抄訳者（所属名前順）

- ① AAA
- ② BBB
- ③ CCC
- ④ DDD
- ⑤ EEE
- ⑥ FFF

評価

大項目	中項目	小項目	5	4	3	2	1	N/A
価値	日本にとって取り込む価値はあるか		○					
前提条件	前提条件（以下）が明確になっているか							○
	日本と前提条件が合っているか	国土や地理						○
		地政学						○
		需要動向						○
		電源ポートフォリオ						○
		燃料制約						○
		各種インフラ状況						○
		電力制度						○
		電力市場						○
整理学	課題と解決策が明確に定義されているか		○					
	解決策は課題を解消できているか			○				

評価

大項目	中項目	小項目	該当
関係者	日本におけるステークホルダーはだれか	政府	<input type="radio"/>
		規制機関	<input type="radio"/>
		広域機関	<input type="radio"/>
		発電事業者	<input type="radio"/>
		送配電事業者	<input type="radio"/>
		小売電気事業者	<input type="radio"/>
		最終需要家	<input type="radio"/>
		メーカー	<input type="radio"/>
		金融機関	<input type="radio"/>
		アカデミア・研究機関	<input type="radio"/>
		その他	

日本とのギャップ、それを踏まえた提言

レポート	建物部門での水素利用は世界では消極的。電気式HPなど、他の低排出技術が優秀なため。
日本	2030年までに530万台の燃料電池マイクロ複合発電導入が目標
提言	伸び悩みが懸念される水素需要の創出に対して貢献が期待される。引き続きの努力が必要。
解説	日本はお風呂など給湯需要が大きい傾向があるため、複合発電が適合しているのではないか。欧米諸国はシャワー文化であり、給湯のニーズが比較的小さく、普及していないと考えられる。
レポート	FCEVの需要が拡大している。とりわけ、バス、トラックなどの大型車での成長率が高い。
日本	世界的に見ても大きな市場を抱えているが、成長率は伸び悩みが見られる。
提言	(すでに実施している企業もあるが) 世界的に成長がみられる大型車市場への積極的な進出によりこれまでのリードを生かせるのでは?
解説	
レポート	発電部門において、世界各国にて野心的な目標が設定され、混焼技術について実証が進められている
日本	本レポートでは日本における実証事例が多く報告されており、世界的にリードしている可能性が読み取れる
提言	技術開発・実証を推進し、規格化・標準化においてプレゼンスを強め、関連産業の活性化を目指してはどうか?
解説	

日本とのギャップ、それを踏まえた提言

レポート	天然ガスのパイプラインを水素に再利用するためのインセンティブを設けることで、水素インフラの構築を支援する仕組みが「Hydrogen and Decarbonised Gas markets package」に含まれており、EUにて今後正式に採択される見込み
日本	<p>既存のLPGのガスボンベ配達網にMHタンクに充填した水素を混載して輸送する実証事業を実施 (令和4年度既存のインフラを活用した水素供給低コスト化に向けたモデル構築・実証事業)</p> <p>水素から合成メタンを合成し都市ガスとして供給する実証事業を実施 (グリーンイノベーション基金事業／CO2等を用いた燃料製造技術開発プロジェクト)</p> <p>都市ガスに水素を20%混合し、都市ガスと同等の燃焼範囲ガスの製造と、導管供給の実証事業を実施 (水素社会構築技術開発事業/地域水素利活用技術開発/水素製造・利活用ポテンシャル調査)</p> <p>複数のテーマが動いているが、天然ガスや都市ガスのパイプラインをそのまま水素配管に転用するような実証事業は動いていない。</p>
提言	ガスパイプラインを水素用に再利用するための条件整備を進める必要あり
解説	本レポートでは、水素のガスパイplineでの輸送が、エネルギーシステム全体の中で安価なオプションと位置付けられており、エネルギーインフラの最適組合せの結果は、本オプションの有無で大きく変わる

日本とのギャップ、それを踏まえた提言

レポート	<ul style="list-style-type: none"> 水素関連投資が2050年に向けて加速。 水素製造の技術革新は進んでいるものの、水素利用はまだ商業化されていない。
日本	<ul style="list-style-type: none"> 第6次エネ基では、2030年の電源構成の1%程度を水素・アンモニアで賄う方針。 G I 基金で、水素関連技術に10年で約8,000億円（約57億米ドル）が充当。 当面の間は、国内の再生可能エネルギー電力が高いことや、国内CCSのコストの高さ故に、国内での水素製造に係るコストが、海外から水素を輸入するコストに比べて高いとの見方もある。 しかしながら、軽負荷期における再エネの出力制御、今後の再生可能エネルギーの更なる導入拡大を踏まえれば、国内製造ポテンシャルをあるとも言える。 日本も世界のトレンドに追随できており、水素利用に技術的な課題があることは同じ。
提言	<p>水素製造の特許出願数の優位性を活かし、国内プロジェクトへの投資を加速すべし。</p> <ul style="list-style-type: none"> 需要家側 インセンティブまたはディスインセンティブを促す規制の導入。（電気料金補助、炭素税等） 供給者側 サプライチェーン全体の収入保証、政府系金融機関による金利優遇。税制控除。
解説	<ul style="list-style-type: none"> 需要家側 当面はエネルギーとしての水素に価格競争力がないことから、政府の補助により水素利用のインセンティブが得られることが必要。 供給者側 FITや英国CfDのような安定した収益（オフティカー）を確保することにより開発リスクの低減を図る。これによりプロジェクト開発が盛んになり、サプライチェーン全体のコストが低減され、将来的には補助金なしで価格競争力のある燃料（電源）として確立していくことを期待。それにより、国内外のオフティカーが増え、金融機関（商業銀行含み）のコミットメントの強化が期待できる。

用語集

英語	日本語訳 候補	解説・相談ポイント
energy security	エネルギー安全保障	エネルギーセキュリティの方が適切か。
Low-emission hydrogen	低炭素水素	(Annex, Explanatory notesより) 低排出源（対応用発電、風力発電といった再生可能エネルギーと原子力発電）の電力を用いて、水を電気分解して生成される水素。 加えて、バイオマスやCCUSを用いた化石燃料から生成される水素。
Multilateral Development Banks	国際開発金融機関	途上国の貧困削減や持続的な経済・社会的発展を、金融支援や技術支援、知的貢献を通じて総合的に支援する国際機関の総称。世界銀行、欧州復興開発銀行、アジア開発銀行等がある。
RFNBO (renewable fuels of non-biological origin)	非バイオ由来再生可能燃料	
IPHE (International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy)	国際水素燃料電池パートナーシップ	
Multilateral Development Banks	国際開発金融機関	途上国の貧困削減や持続的な経済・社会的発展を、金融支援や技術支援、知的貢献を通じて総合的に支援する国際機関の総称。世界銀行、欧州復興開発銀行、アジア開発銀行等がある。
Net Zero Emissions by 2050	Net Zero Emissions by 2050	本内容を解説するJETRO等のHPでも日本語訳はされていないため、和訳せずにそのままのフレーズを使用
NZE Scenario	NZE シナリオ	NZE = Net Zero Emissions by 2050 ScenarioとFig.4.4の注釈に記載あり。 NZEはそのまま使用

用語集

英語	日本語訳 候補	解説・相談ポイント
LOHC(Liquid Organic Hydrogen Carrier)	LOHC	液体有機水素キャリアはLOHCとして一般的に使用されているため、そのまま使用
Off-taker	オフティカー	引き取り手
H2Global double-auction programme	H2Global 二重オークションプログラム	売り手・買い手の双方が札を入れることをもって「二重」と表現
Low emission hydrogen	低炭素水素	(Annex, Explanatory notesより) 低排出源（対応用発電、風力発電といった再生可能エネルギーと原子力発電）の電力を用いて、水を電気分解して生成される水素。加えて、バイオマスやCCUSを用いた化石燃料から生成される水素
energy security	エネルギーセキュリティ	
electrolyzer	水電解装置	
DRI(Direct reduced iron)	直接還元鉄	直接還元法によって製鉄された鉄。鉄鉱石に天然ガス・水素を吹き付けて固体のまま還元し、その後電炉によって製鉄する方法を直接還元法という。対してコークス等を使用して炉の中で加熱して製鉄する方法は高炉法という。

用語集

用語	定義 候補	解説・相談ポイント
FID(Final Investment Decision)		プロジェクトにおけるマイルストーンの1つ。コントラクターや出資者が決定し、投資の意思決定を行うこと。
LOHC(Liquid Organic Hydrogen Carrier)		水素キャリアの一つ。液体有機水素キャリアはLOHCとして一般的に使用されているため、そのまま使用
合成炭化水素	合成メタン、合成ガソリン、合成石油製品を含む	
ナフサクラッカー	ナフサの分解装置	ナフサに含まれる飽和炭化水素を不飽和炭化水素に分解し、他の物質と結合しやすい状態にするもの。
RFNBO (renewable fuels of non-biological origin)	非バイオ由来再生可能燃料	
transport (sector)	交通（セクター）	純粋な水素等の「輸送」とは区別
IPHE (International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy)	国際水素燃料電池パートナーシップ	

目次と分担

エグゼクティブ・サマリー	①
推奨事項	①
1. はじめに	①
概要	①
水素イニシアティブ	①
2. 水素利用	②
概要	②
精製	②
産業	②
輸送	②
建物	②
発電	②
低排出水素のための需要創出	②

目次と分担

3. 水素製造	③
概要と見通し	③
水電解由来の水素	③
CCUS付き化石燃料由来の水素	③
異なる製造方法の比較	③
新しい水素製造方法	③
水素ベースの燃料および原料の製造	③
4. 売買とインフラ	④
水素売買の現状と概要	④
水素インフラの現状と概要	④
5. 投資、ファイナンス、イノベーション	⑤
水素セクターにおける投資	⑤
水素技術におけるイノベーション	⑤

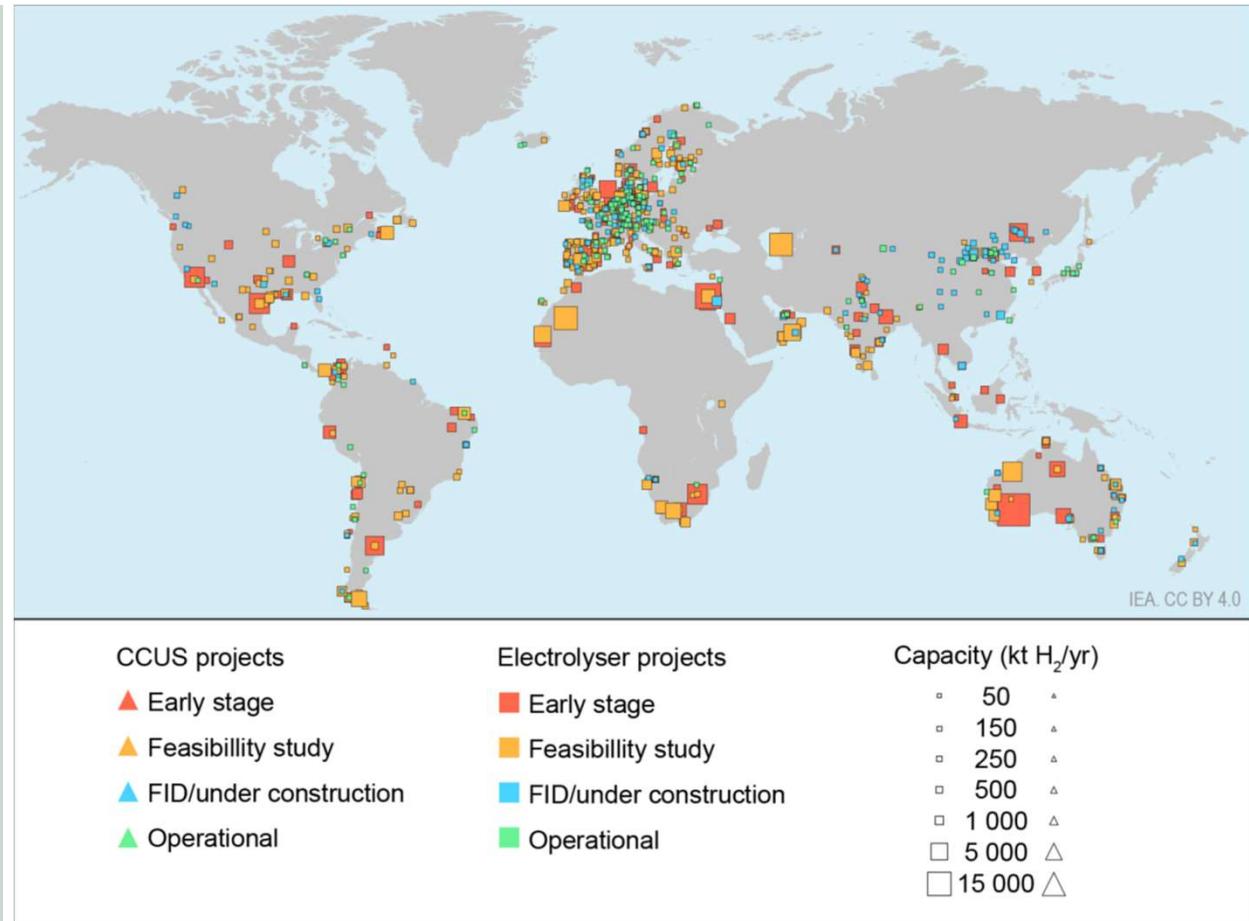
目次と分担

6. 政策	⑥
戦略とターゲット	⑥
需要創出	⑥
投資リスクの低減	⑥
RD&Dとナレッジ共有の推進	⑥
標準、認証、規制	⑥
別紙	①
注記	①
略語	①

エグゼクティブ・サマリー

■ 低炭素水素の生産増とコストの問題

- 低炭素水素製造プロジェクトの拡大
 - 公開されたプロジェクトが実現すると、2030年には38Mt
 - Global Hydrogen Review 2022の発表時より、50%増加
- 2022年時点、中国は世界最大の水電解装置プロジェクト（150GW）を含む世界の容量の30%を占める
- インフレによるコストの増加により、政府の支援の影響減
- 政府による低炭素水素生産を奨励する支援スキームの実施の遅れにより、プロジェクトの実行も遅延
- 水電解装置の製造能力は今日で約14GW/年、水電解装置のメーカーは2030年までに155GW/年の計画を発表



図ES.1 公開された低炭素水素製造プロジェクトの地図

エグゼクティブ・サマリー

■ 低炭素水素需要の増加に対する取り組み

- 2022年の水素需要は95Mtに達し、前年比3%増加したが、従来の用途に集中
 - 低炭素水素は、総水素需要の0.7%
- 政府は低炭素水素の生産への支援に焦点を当てているが、水素需要の創出は不十分
 - 低炭素水素の政府目標の合計は、27-35Mtだが、半分以下が従来の用途
- 民間部門における低炭素水素への取り組みは非常に小規模
- NZEシナリオにおける水素及び水素ベース燃料の国際取引の実現は、長期的なオフティカーの確保、認証スキームの実施、インフラの展開が必要

■ 水素の普及への困難

- 合計41の政府が水素戦略を実施しているが、低炭素水素は世界の水素生産・利用の1%未満
- 水素にかかる規制や認証が国ごとに異なり、市場分断の可能性
- 低炭素水素製造の需要創出、オフティカーの確保、技術製造への拡大には課題

■ 推奨事項

- 低炭素水素の製造・需要に対する支援の早急な実施
 - 特に既存の水素用途における、低炭素水素の利用を促す規制や支援
- 市場の分断を防ぐため、水素に関する明確な規制と認証の実施及び国際協力の促進
- 政府による許認可プロセスの効率化及びインフレによる設備や資本のコスト増加に対する支援

第1章 はじめに

第2章 水素利用

第3章 水素製造

第4章 売買とインフラ

第5章 投資、ファイナンス、イノベーション

第6章 政策

1. はじめに

概要

- 気候変動対策とエネルギー安全保障強化のため世界的に低炭素で持続可能なエネルギー源への移行が進む
- 低炭素水素が重要になってきている
 - 排出量削減が困難な分野
 - 世界的なエネルギー危機
 - 各国政府のネットゼロ排出量政策
 - 水素技術を要素とする産業戦略
- 本レポートの内容と目的
 - 内容：低炭素水素の役割、水素セクターの進展
 - 目的：水素移行への必要な道筋を政府、産業界、その他の利害関係者に示す
 - 現在の水素の利用と生産の状況
- 本レポートの項目
 - 現在の水素の利用と生産の状況→精製と化学産業が中心、それ以外は化石燃料で水素を生産
 - 貿易とインフラ→プロジェクトは増えているが、サプライチェーン混乱とインフレはリスク
 - 政策動向→低炭素水素拡大のための政策や戦略は増える
 - 國際協力の必要性→規制や証明書の相互認証、市場分断の防止
 - 民間投資・投資のための手段と政策、障壁への対処方法を示す

水素イニシアティブ (H2I)

- 多国間イニシアティブ：IEAは加盟政府を支援
- プラットフォーム
 - ブレークスルー・アジェンダ、水素理事会、経済における水素及び燃料電池のための国際パートナーシップ (IPHE)、国際再生可能エネルギー機関 (IRENA)、ミッション・イノベーション・クリーン水素ミッション、世界経済フォーラム、国連工業開発機関 (UNIDO)、IEA先端燃料電池及び水素技術協力プログラム (TCPs)
 - 企業・産業パートナー：Ballard, Enel他

注記

■ 本報告書における今後の見通し

- 2023年7月時点、政府、機関、企業等より入手可能な最新データ、情報に基づく研究、モデル化の結果に基づく

■ 本報告書における低炭素水素の扱い

- 低排出源（太陽光、風力又は原子力等の再生可能エネルギー）より発電された電力を用いた水の電気分解から生成された水素は低炭素水素に含まれる
- バイオマス、CCUS技術を用いて化石燃料より生成された水素も低炭素水素に含まれる

■ 炭素回収、利用および貯蔵の用語について

- CCUSは、使用（CCU）及び貯蔵（CCS）の目的で回収されたCO₂が含まれる

■ 本報告書のシナリオ

- Stated Policies Scenario (STEPS)
 - 現在の政策を維持した場合、エネルギーシステムがどのように発展するか
- Net Zero Emissions by 2050 Scenario
 - 2050年までに世界のエネルギー部門CO₂排出量のネットゼロを目標

■ 通貨換算

- 本報告書において、プロジェクトで公表されている通貨は多くの場合、米ドルへ換算
 - 為替レートは、OECDの為替レートに基づく発表年の平均値

第1章 はじめに

第2章 水素利用

第3章 水素製造

第4章 売買とインフラ

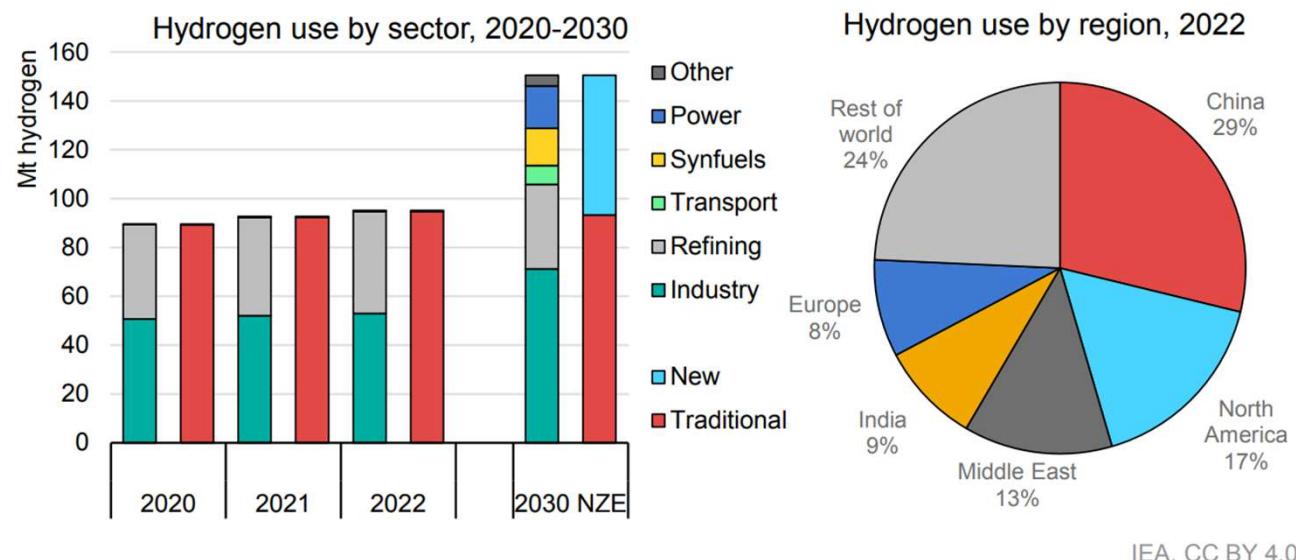
第5章 投資、ファイナンス、イノベーション

第6章 政策

2. 水素利用：概要

- 2022年における世界の水素需要は95Mt(2021年から3%程度の増加)
 - 精製・化学工業の従来用途に集中
 - 新規用途(重工業・輸送・水素ベース燃料生産・発電と貯蔵)は0.1%未満
- NZE(正味ゼロ排出)シナリオでは2030年には150Mtの需要を見込む。毎年6%の成長、かつ需要の40%を新規用途として見込んでおり、需要およびその成長率の実態とはギャップがある。
- 需要の伸び悩みの主な原因は代替手段とのコスト競争力の欠如にある

図2.1 部門別・地域別の水素使用量



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

2. 水素利用：水素の基本的な用途（従来・新規）の整理（P21, Box 2.1）

20

従来用途	新規用途
<ul style="list-style-type: none">精製化学工業（原料として）<ul style="list-style-type: none">アンモニアメタノールその他鉄鋼工業（還元剤として）<ul style="list-style-type: none">化石ベースの合成ガスによる直接還元法での還元剤その他（量としては極めて少ない）<ul style="list-style-type: none">電子機器製造ガラス製造金属加工	<ul style="list-style-type: none">鉄鋼工業<ul style="list-style-type: none">100%水素ガスによる直接還元輸送水素ベース燃料の生産バイオ燃料のアップグレード工業における高温加熱蓄電（Power to Gas）発電
直接還元法： 鉄鉱石に直接ガスを吹き付けて固体のまま還元し、その後電炉によって製鉄する製鉄手法。これにより精製された鉄は直接還元鉄（DRI: Direct reduced iron）と呼ぶ	これら用途は以下の理由により大規模に使用されていない <ul style="list-style-type: none">既存の化石燃料、ほかの低排出技術との競争力の欠如エンドユース技術が商業的成熟に達していない

2. 水素利用：精製 1

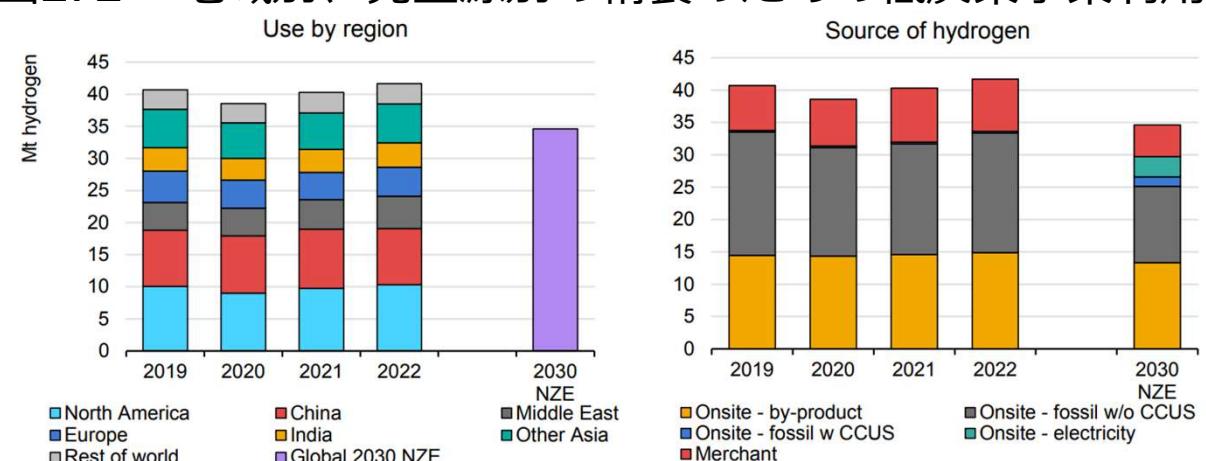
- 2022年の精製需要は41Mt(水素の総需要95Mtの43.2%)。
- 現在利用されている水素のほぼすべては化石燃料由来。低炭素水素は0.1%未満。
 - 80%はオンサイト生産（精製サイト内で製造）。
 - 55%：水素製造プラントによる製造。
 - 45%：ナフサクラッカーなど他のプロセスにおける副生物。
 - 20%は商用水素からの調達だが、これも化石燃料を用いた製造。

■ 2022年に水素製造の過程で排出されたCO₂は240-380Mt

(日本の2022年における発電部門のCO₂排出量が約400Mt)

- 低炭素水素の伸び悩みは、**化石燃料由来水素が低コストであることと、低炭素水素の利用促進の政策の欠如**によっている
- NZEでの**2030年の見込み需要は35Mt**
(石油製品の需要減少の見込み)。
- 2030年における精製部門での低排出水素の利用は15%以上の見込み

図2.2 地域別、発生源別の精製のための低炭素水素利用



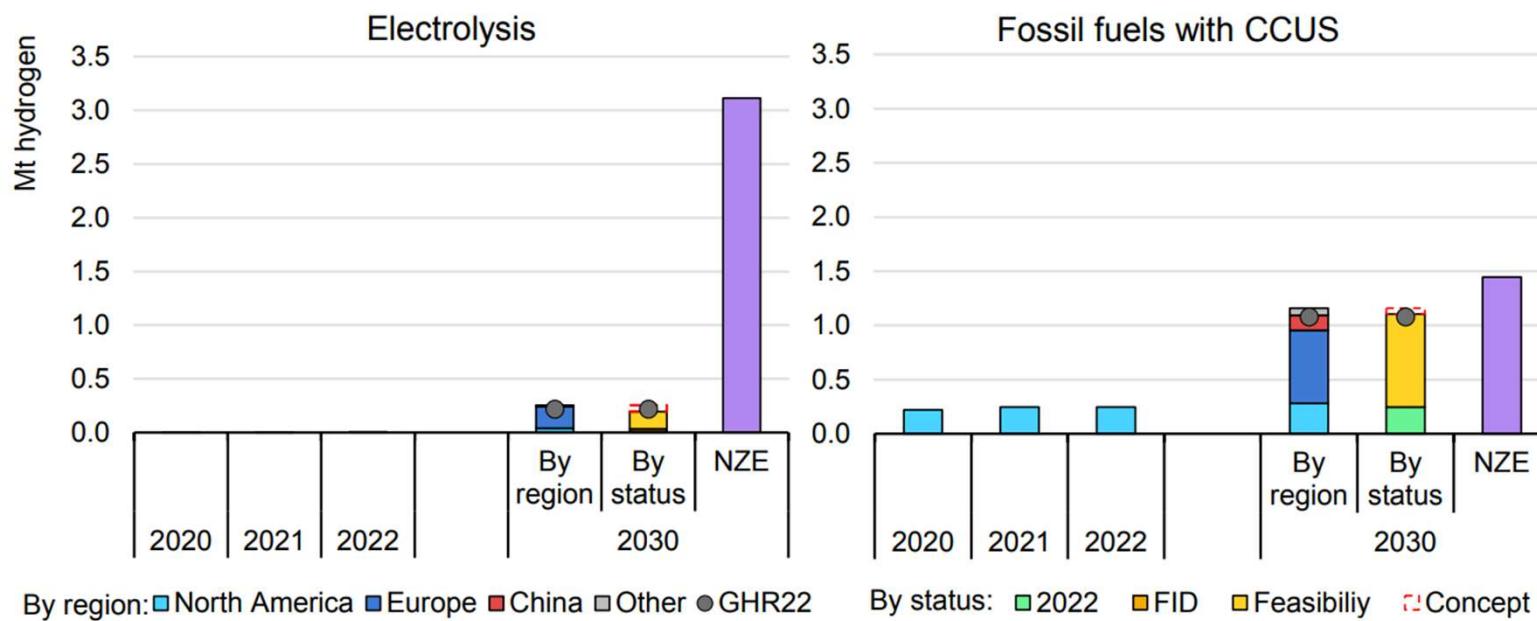
IEA. CC BY 4.0.

Notes: NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario. Fossil w/o CCUS = fossil fuels without carbon capture, utilisation and storage; Fossil w CCUS = fossil fuels with carbon capture, utilisation and storage. Onsite refers to the production of hydrogen inside refineries, including dedicated captive production and as a by-product of catalytic reformers.

2. 水素利用：精製 2

- 2030年における精製部門での低炭素水素の使用はNZEでは4.5Mt程度（2030年の精製需要の13%程度）
 - 66.6% (3Mt) : 電気分解 or 低排出電力（再エネ電力など）
 - 33.3% (1.5Mt) : CCUS付の化石燃料由来製造
- 発表済みプロジェクトの情報を集約してもNZEシナリオの25%程度（1.3Mt）
 - 電気分解 : 0.2Mt（目標に対し6.7%程度）
 - CCUS付化石燃料由来 : 1.1Mt（目標に対し73.3%程度）

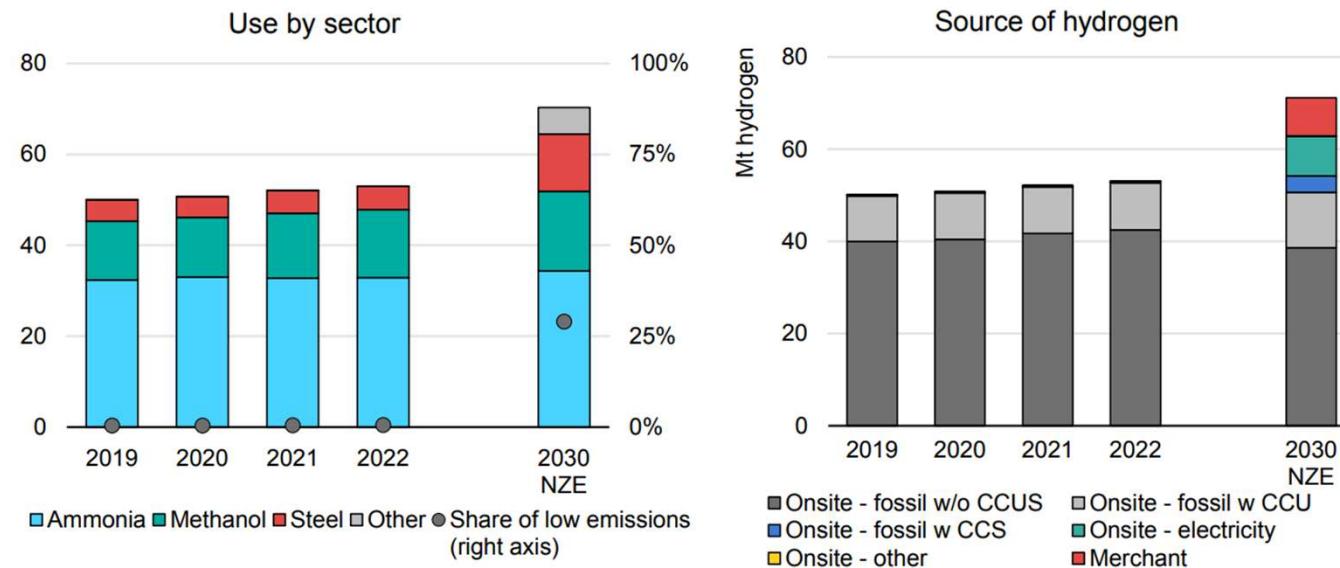
図2.3 精製における低炭素水素のオンライン生産(発表済みプロジェクトの累計とNZEの比較)



2. 水素利用：産業

- 2022年における産業での水素利用は**53Mt**（水素の総需要95Mtの55.8%）
 - 60%がアンモニア製造、30%がメタノール製造、10%がDRI(直接還元鉄)
 - ほぼ化石燃料を用いたオンサイト生産により調達。水電解はわずか**285kt(0.5%)**
- NZEでの2030年の需要見込みは**70Mt**。
 - うち**水電解が8.6Mt、CCUS付き化石燃料による生産が3.5Mt。**
- 多数のプロジェクトが発表され、すべて実行された場合、2030年までに**水電解が1.8Mt、CCUS付き化石燃料が1.3Mt**の見込み

図2.4 産業部門における水素使用量



2. 水素利用：交通

- 交通セクターの水素消費量は2022年で**33kt**程度だが、前年比45%の成長
 - 全体の保有台数は8万台に到達
- NZEでは、**2030年までに16Mt**の水素利用を見込んでいる(道路利用だけでなく、海運、航空にも利用)
- **自動車・バン**：58000台に到達。日本は1000台未満の販売に留まり、市場としては韓国、アメリカに続き3番目だが成長率は欧州に劣る
- **トラック**：中国が95%以上を占める。2022年は**60%以上の成長率**で7100台に到達
- **バス**：中国で7台を保有。ドイツで**60台**、イギリスで**20台**、韓国では**1000台**の導入が発表されている
- **水素補給所**：2023.6で1100か所稼働。数百が計画段階。

図2.7 FCEVの保有台数の推移

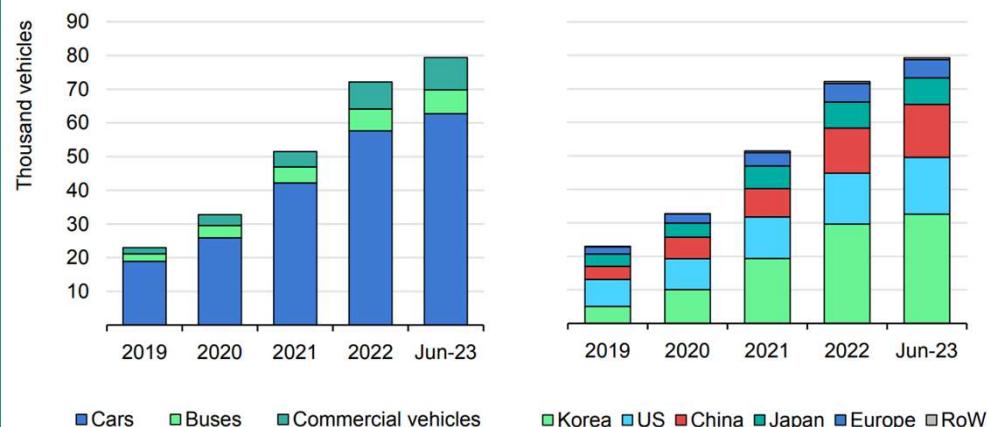
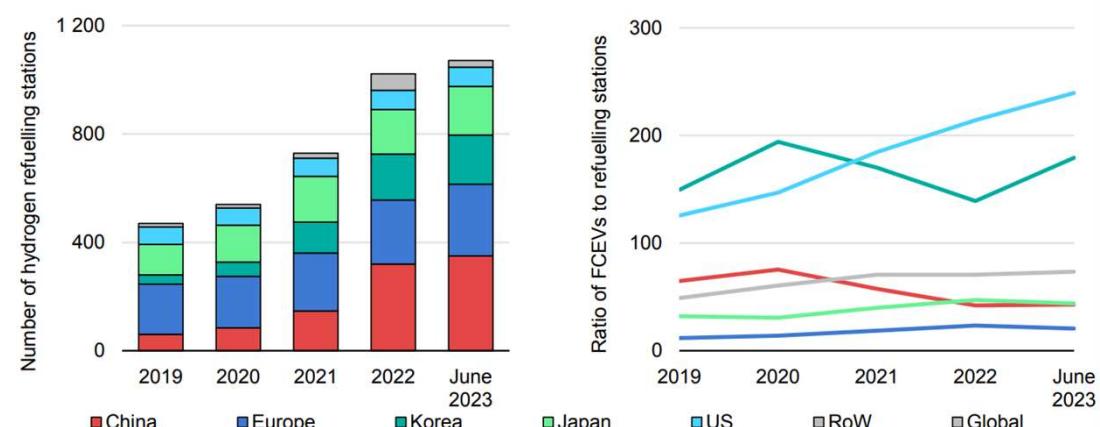


図2.8 水素補給所の推移

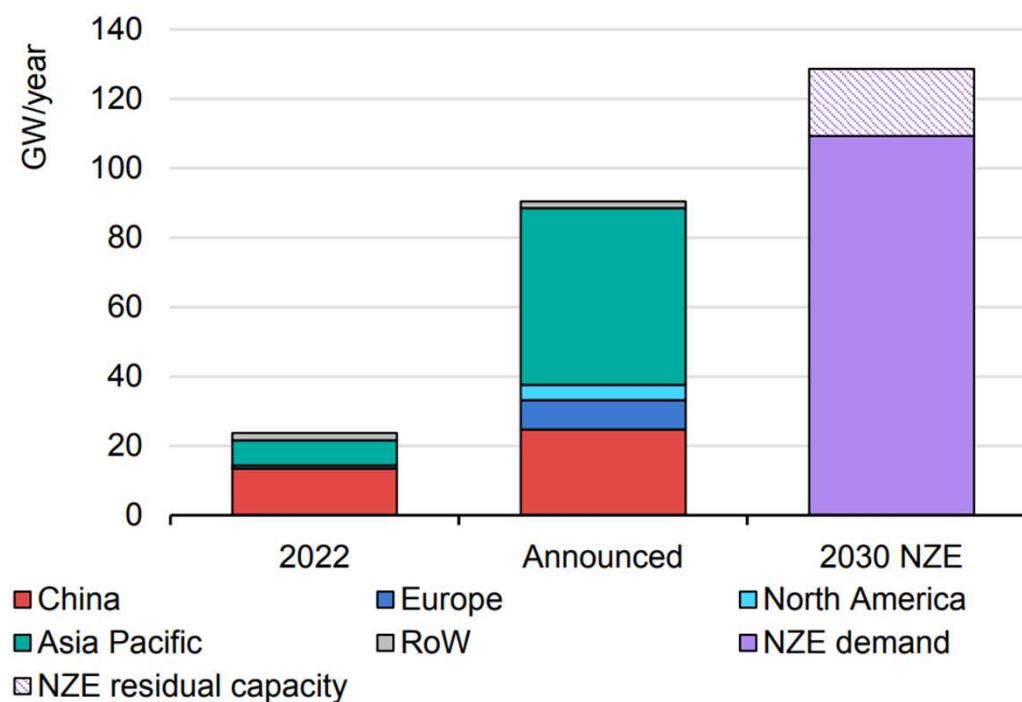


2. 水素利用：交通

■ 移動向け燃料電池の製造能力が大幅に拡大する見込み

- 発表されているプロジェクトによれば、2030年までに燃料電池の製造能力は90GW／年に達する見込みで、NZEで示されている目標に対し70%程度となる。

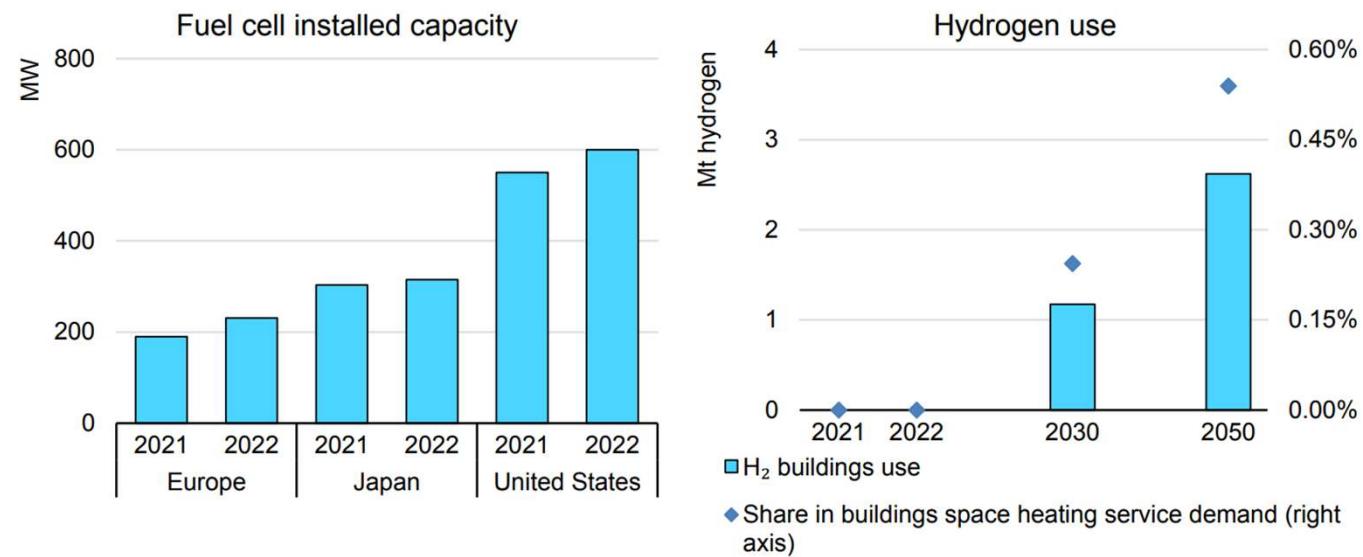
図2.9 燃料電池の製造能力



2. 水素利用：建物

- 2022年は建物部門での水素利用に大きな進展は見られなかった
- 同部門の脱炭素化は、電気ヒートポンプ、地域暖房、分散型再エネ電源などの**代替選択肢が優秀**であり、水素技術よりも技術的に進展している。NZEでも建物部門における水素利用は0.14%を目標としており、非常に小さい
- **日本**：ENE-FARMプロジェクトにより2022年に燃料電池マイクロ複合発電(CHP)の導入は**45万台**を超えた
- 小規模なプロジェクトは見られるものの、具体的な目標を設定しているのは日本だけである(**2030年までに530万台**のマイクロCHP燃料電池を設置)

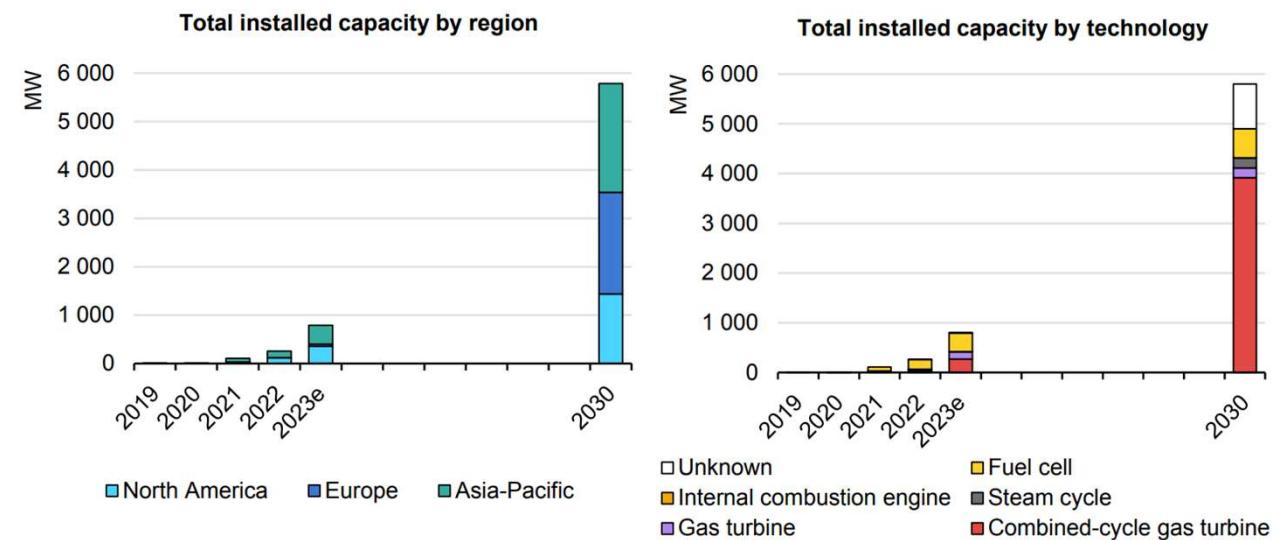
図2.10 建物部門における水素利用



2. 水素利用：発電

- 現在は電力部門での燃料としての水素利用はほぼ0%
 - 実証例：
 - 日本・中国で石炭火力でのアンモニア混焼の成功例あり
 - 日本ではガスタービンでのアンモニア混焼の成功例もあり
 - 主要プロジェクト：
 - 英：1200MW既存ガス火力の改修。30%水素混焼。
 - 米：840MWコンバインドサイクル用ガスタービン開発。30%水素混焼。
 - 2030年までに5800MWに達する可能性がある。(70%ガスタービン。10%燃料電池。)

図2.11 水素・アンモニアを利用した発電容量



2. 水素利用：発電

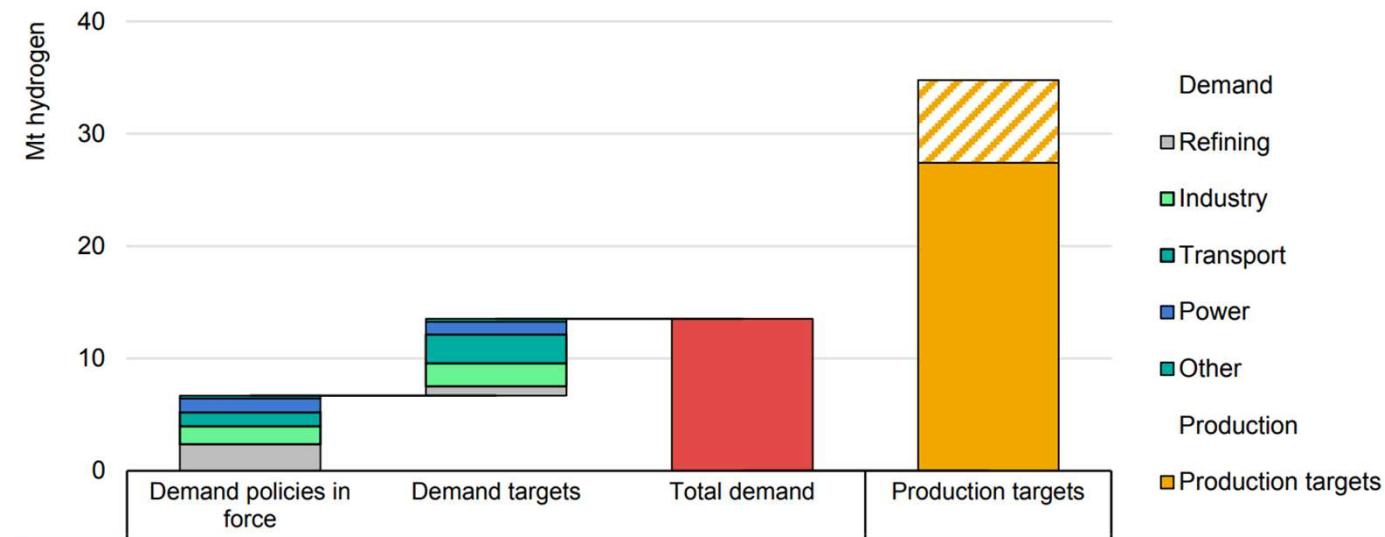
- 電力セクターにおける水素・アンモニア利用について政策・目標の更新があった。

国・地域	政策および目標
日本	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までに大型ガスタービンにおける水素30%、石炭火力におけるアンモニア50%の混焼の実証
韓国	<ul style="list-style-type: none"> 2030年における水素・アンモニア混焼による供給目標を13TWh、定置型燃料電池の設置容量の目標を16TWhに改訂 2036年には水素・アンモニアによる発電量47TWhを見込んでいる 2025年までにガスタービンで水素50%、石炭火力でアンモニア20%の混焼の達成が目標
ベトナム	<ul style="list-style-type: none"> 2050年までに水素火力発電の能力を23~28GWとする(全体の4.5~5%)
米国	<ul style="list-style-type: none"> 環境保護庁が燃焼タービンからのCO2排出に関する新基準を提案。中、大容量のタービンにおける30%の水素混焼を推奨
メキシコ	<ul style="list-style-type: none"> コンバインドサイクルガスタービンにおける水素の混焼割合を2036年までに30%まで増加させる
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> 熱電併給法が改正。10MW以上のCHPプラントは水素対応必須。新設ガス火力は水素対応必須。 合計24GW程度の水素発電プラントの電源入札を計画。

2. 水素利用：低炭素水素の需要創出

- 水素需要の不確実性が課題
 - 低炭素水素のコストが化石燃料由来よりも高い／供給インフラ不足／規制・認証が不明確
- インフラ整備、水素需要を刺激する措置に向けた政策が注目を浴びている
- 水素需要を創出する2つのアプローチ
 - 1) 従来の水素需要を、化石燃料由来の水素から低炭素水素に移行する
 - 持続的で高い炭素価格の適用／低炭素水素生産者・消費者への助成／規制による強制
 - 2) 新規需要の創出

図2.12 低炭素水素の潜在需要（政府目標）



2. 水素利用：低炭素水素の需要創出 需要創出を刺激する政策例（表2.1）

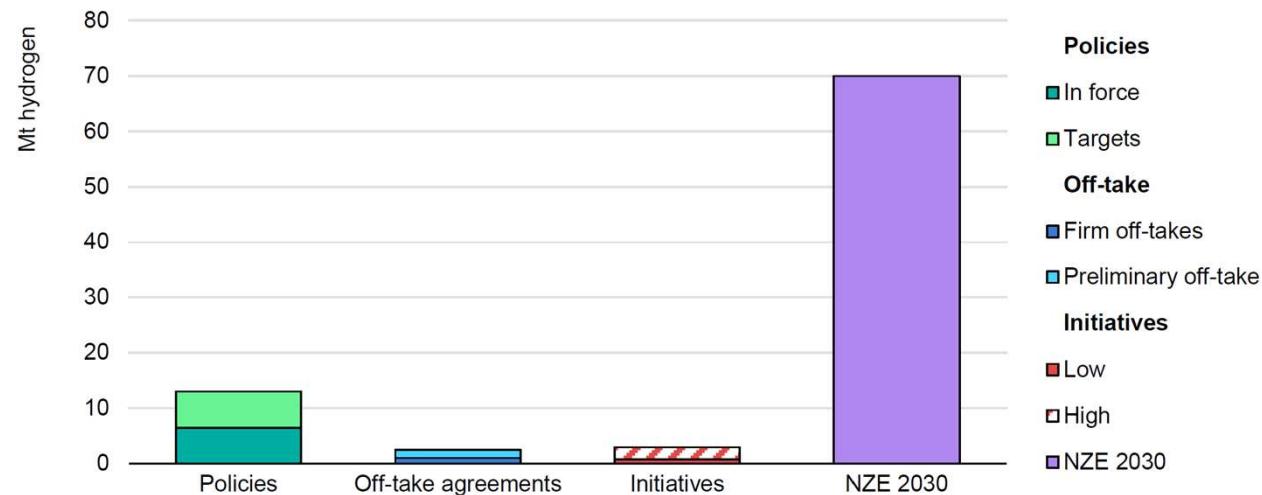
30

方針	内容	例が確認される国（実施・発表）
水素および水素ベース燃料の促進にフォーカスした方策		
義務化	特定のセクターにおける低炭素水素および水素ベース燃料の最低シェアを指定する	産業：ルーマニア、オランダ、インド 交通：ルーマニア、欧州(EC)
最終使用補助金	低炭素水素および水素ベース燃料のエンドユーザに対する補助金	セクター横断：アメリカ、オランダ、ニュージーランド
CAPEX・OPEX補助金	• CAPEX：燃料電池車、その他の水素駆動設備の購入に対する補助金 • OPEX：上記設備の運用に対する補助金	産業及び精製：欧州(EC)、カナダ、イタリア、ポーランド、スペイン 交通：日本、韓国、アメリカ、ニュージーランド
技術中立的なセクター別方策		
差分炭素契約(CCFD)	脱炭素技術導入企業に対して、排出を回避したCO2のコスト（1トン当たり、オークションで決定）と、CO2の基準価格との差分を政府が補填する仕組み	産業：ドイツ
公共調達	政府の購買力によりゼロエミ資材、ZEVの調達を業者に優先させる	産業：アメリカ、イギリス 交通：ノルウェー、アイルランド、イギリス
燃費／CO2排出基準	ZEV、水素自動車普及のために、燃費、CO2排出に対して基準を設ける	交通：EU、アメリカ
ZEV義務化	ZEVの最低シェアの設定。このためのクレジットはしばしば「燃費／CO2排出基準」と併せて実施される。	交通：アメリカ（カリフォルニア）、イギリス
炭素税	排出者に対して、CO2およびその他の温室効果ガスに対して炭素税を課す	産業：チリ、ポルトガル 交通：デンマーク、アイルランド、ポルトガル
排出量取引制度(ETS)	排出量の制限を設定し、排出枠を事業者に配分する。事業者間で、排出枠の過不足を取引することができる。	セクター横断：30以上の国・地域で実施（中国、EU、イギリス、カリフォルニア、ケベック）

2. 水素利用：低炭素水素の需要創出 総合的な将来見込み

- NZEシナリオでの2030時点の低排出水素需要は70Mt(水素総需要150Mtの4割強)
- 政府目標、民間のオフティク契約の状況、国際的なイニシアチブにおけるコミットメントより集計すると、最大でも20Mt程度の需要しか見込めない状況
 - 政府目標の達成：7~14Mt
 - 民間のオフティク契約の状況：1.25~2.5Mt
 - 国際的なイニシアチブによるコミットメント：0.9~3Mt
- まとめ：既存の技術的に確立された水素需要に対しては義務化・排出基準による強制的な措置が適切であり、そうでない需要に対してはイノベーション・実証のためのインセンティブ付与が適切

図2.14 低炭素水素の潜在需要（政府目標、民間でのオフティク契約、国際的イニシアチブ）



第1章 はじめに

第2章 水素利用

第3章 水素製造

第4章 売買とインフラ

第5章 投資、ファイナンス、イノベーション

第6章 政策

3. 水素製造 概要と見通し

<現状>

- 2022年の世界の水素製造量は95Mt（前年比3%増）。その99%以上がCCUSなしの化石燃料由来の水素。低炭素水素製造は1Mt未満（前年比35%増）。CCUS付き化石燃料由来が0.6%、水電解が0.1%。
- 水素製造量の約30%は中国。次いでアメリカ、中東、インド、ロシア。この5つで全体の70%。

<2030年までの見通し>

- 低炭素水素製造の発表されたプロジェクトを集計すると2030年の低炭素水素製造量は20Mtの見通し。ステークホルダー間の協定締結のみの初期段階(early stage)を含めると38Mt。稼働中またはFIDを得ているものはその6%のみで、多くは実証段階あるいは初期段階。
- Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE Scenario)の2030年断面の想定である70Mtの半分を超えた。水電解はあと25Mt、CCUS付き化石燃料由来はあと8Mt必要。

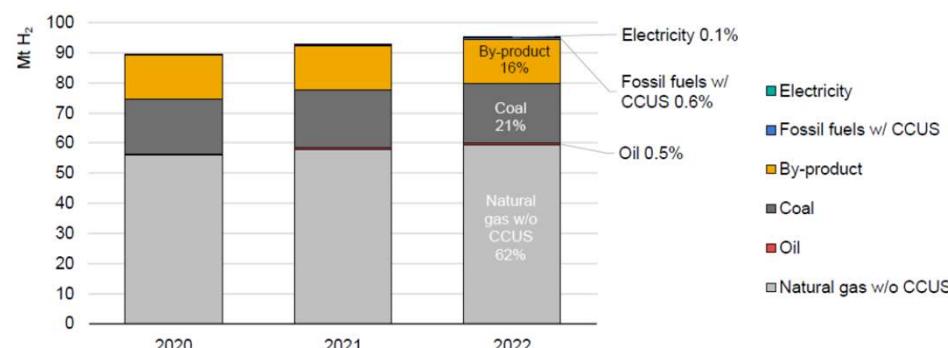


図3.1： 技術別の水素製造量の現状

※石炭由来は主に中国

※副生水素はナフサ改質により生成⇒水素化分解や脱硫に利用

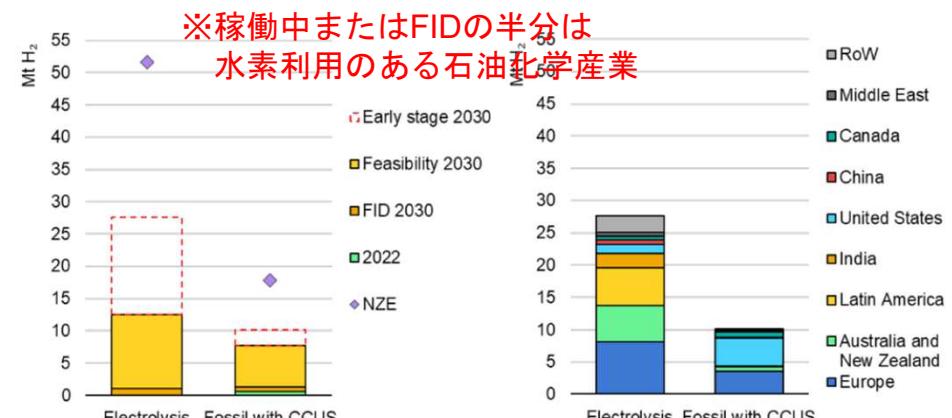


図3.2： 低炭素水素製造のプロジェクト進展度と地域別の製造量見通し

3. 水素製造 概要と見通し

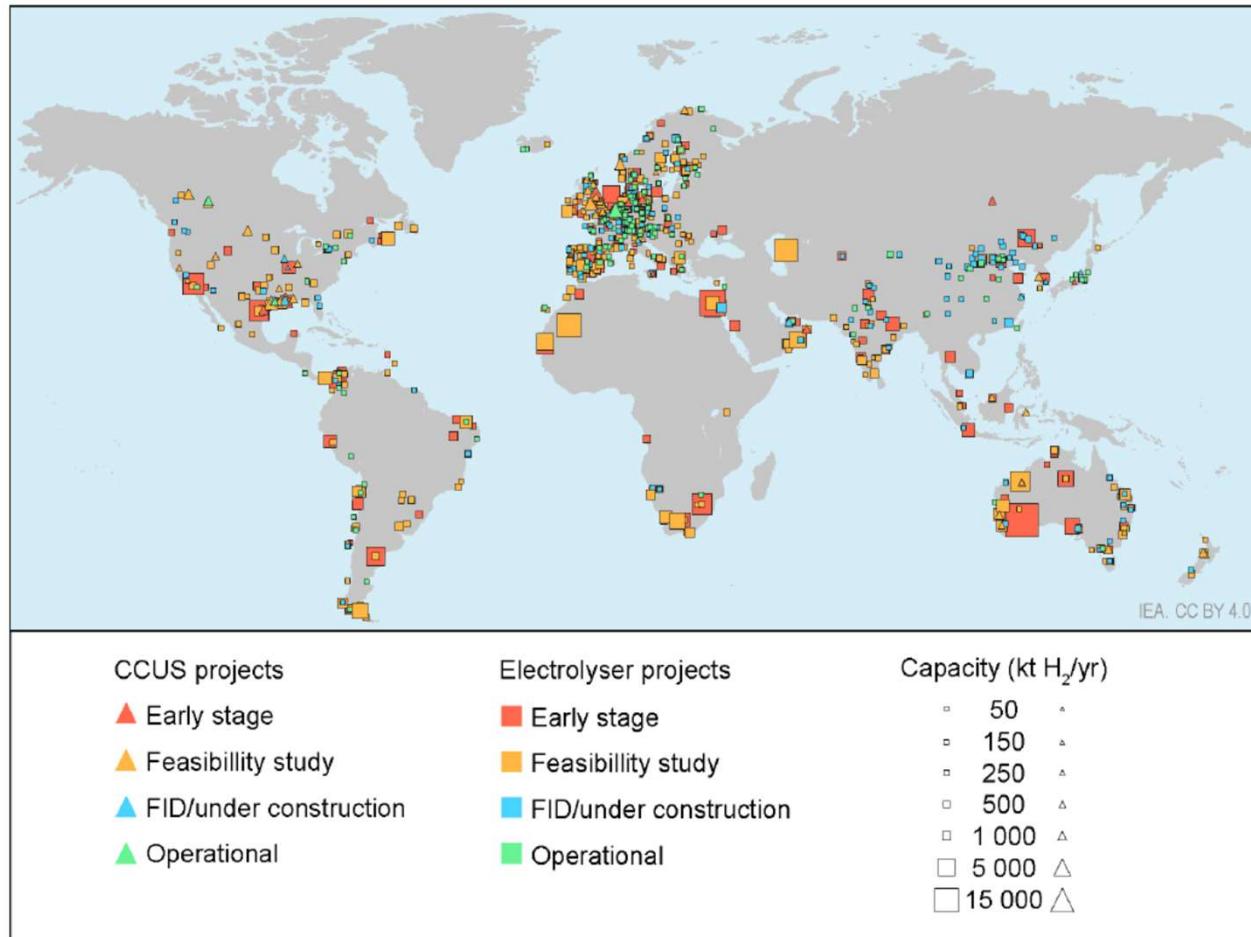


図3.4： 地域別の既発表の水素製造プロジェクトによる水素製造量見通し
(2030年以降に開発予定のものも含む)

3. 水素製造 水電解由来の水素

<現状>

- 2022年末で700MWの水電解装置が導入済み（前年比20%増）。2023年末には2,000MWを超える見込み。（水電解装置の容量1GWで、年間約0.1Mtの水素製造能力）
- 中国が最大の導入国。2021年に150MW、2023年に260MWのプラントが運転開始。550MWが工事中。
- 2022年末時点の導入技術は、アルカリ水電解が60%を占める。プロトン交換膜(PEM)型水電解が約30%。今後数年でPEM型がアルカリ水電解の市場シェアを超える見込みであるが、多くのプロジェクトではどの水電解技術が使われるか未定あるいは未公表。固体酸化物形電解セル(SOEC)は1%未満。
- 2022年末時点の導入地域は、中国、欧州がそれぞれ3分の1、アメリカ・カナダが合わせて10%を占める。

<2030年までの見通し>

- 2030年には導入容量175GWに達する見込み。初期段階のプロジェクトも含めると420GW。
- 欧州が3分の1、南米、オーストラリアが各20%となる想定であるが、近年の中国における急速な導入拡大と、アメリカのIRAの影響によりこれらの国のシェアはさらに高くなる可能性あり。
- 現段階でFIDに達しているものは4%未満であり、依然として不確実性が高い状況。

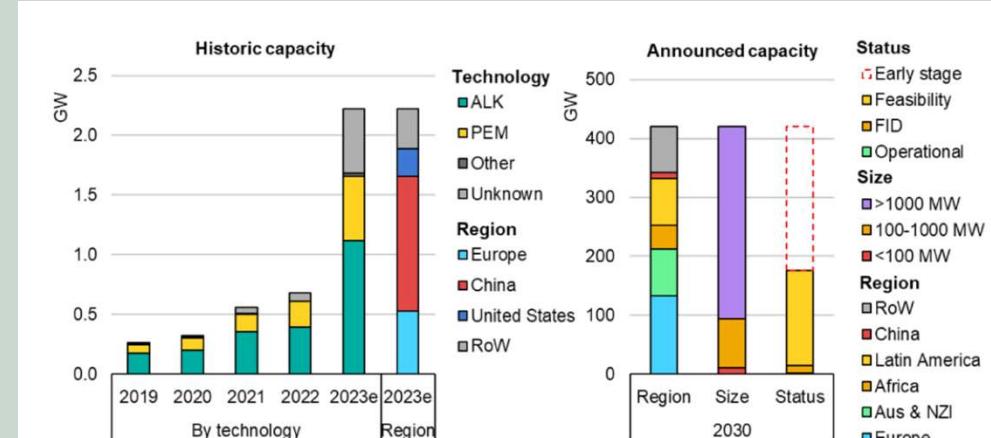


図3.5： 技術別の水電解装置容量の推移とプロジェクトによる導入容量の2030年見込み

※その他には、アニオン交換膜(AEM)型、SOEC、複合型を含む

3. 水素製造 水電解由来の水素

<水電解装置のサプライチェーン>

- 2022年末時点で、水電解装置の製造能力は14GW/yr、50%が中国、20%が欧州。10.5GW/yrはアルカリ水電解。PEMは2GW/yr、SOECは1.5GW/yr。PEMやSOECの工場では燃料電池が製造されることも。
- 2030年には155GW/yrに達する見込み。うち25%が中国、20%がアメリカ、20%が欧州、6%がインド。ただし、20%は建設場所の開示がなく、今後の政策などによっても地域分布は変わる可能性がある。PEMの製造能力は25%に伸び、アルカリ水電解のシェアは54%に減少。
- 計画されている容量の30%は、工場の拡張によるもので、リードタイムが短いことから、将来の動向を踏まえて開発を進めるかの検討に時間をかける可能性があり、拡張計画の実現の不確実性を高めている。
- 2030年までの製造能力の見通しは、2030年までの水素製造量の見通しを達成するのに十分な量。水素製造の実証段階のプロジェクトの進展によっては、水電解装置の稼働率が低くなる可能性。

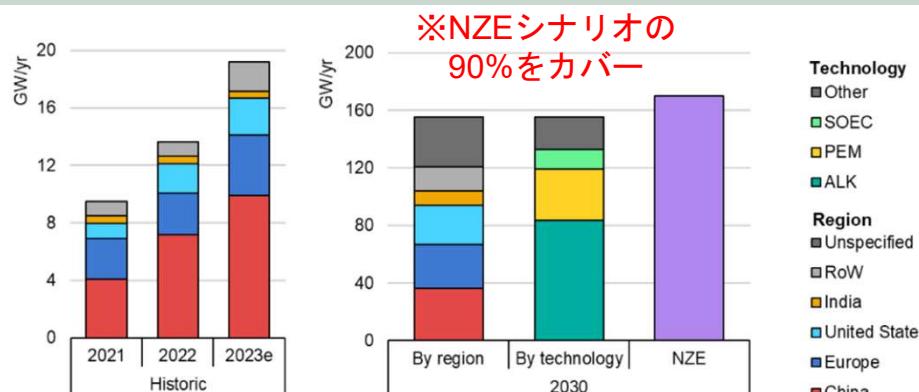


図3.7： 地域別の水電解装置製造能力の推移と技術別の製造能力の2030年見込み

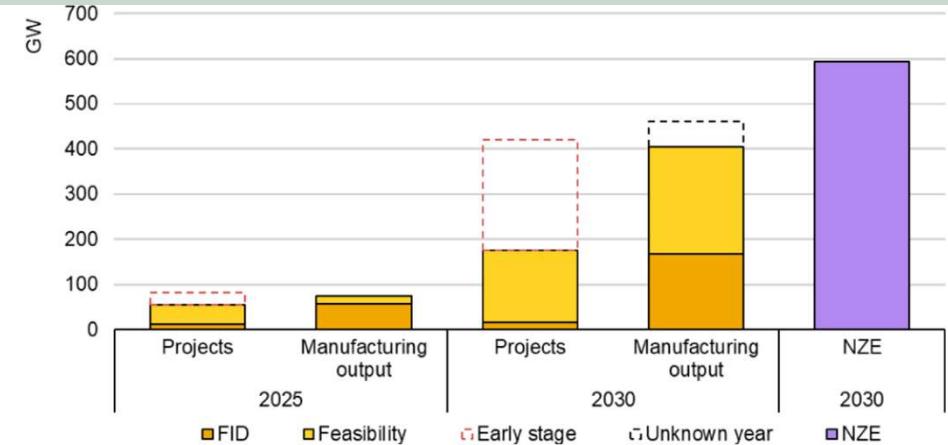


図3.8： プロジェクトの水電解装置容量・水電解装置製造能力からの累積製造容量とNZEシナリオの比較

3. 水素製造 水電解由来の水素

<水電解水素の製造コスト>

- 水電解装置のコストは、原料費、人件費の高騰によりここ数年で大幅に上昇（この2年、上昇率は9%/yr）。アルカリ水電解で\$1,700/kW、PEMで\$2,000/kW。アルカリ水電解は、中国の国内利用であれば技術基準の制約が異なり、\$700～1,300/kWと安く、さらに\$350/kWまで下がる可能性がある。
- 最近の物価上昇は、開発中のプロジェクトにもかなりの影響を与えている。
- 導入が進んだ場合、2023年比で2025年には50%、2030年には60%低減され、\$720～810/kW。NZEシナリオが達成されたとすると65～70%の低減、\$600/kW以下が見込まれる。

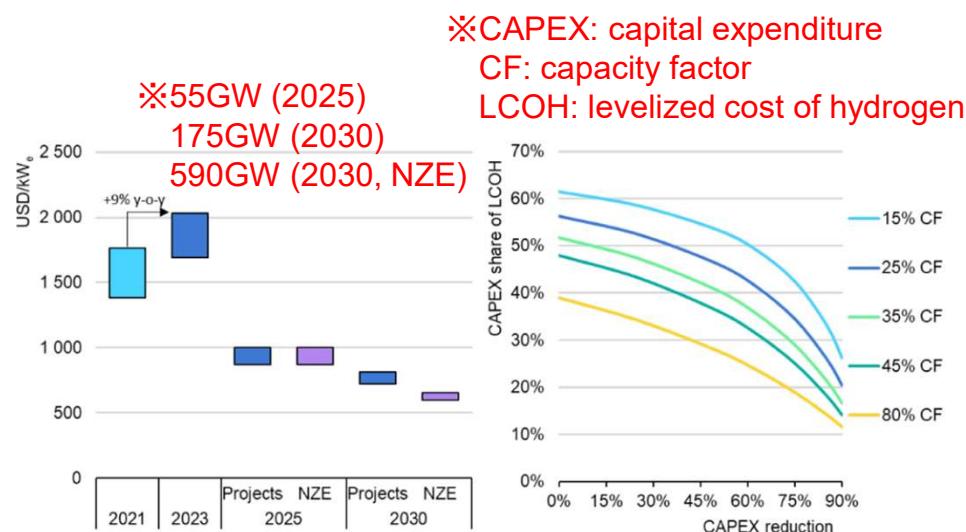


図3.9： 将来設備コストの推計結果(左)と
LCOHに占めるCAPEXの割合(右)

<計算条件>
Learning Rate
水電解スタック 18%
他の部品等 5～12%
(水電解スタック
のコスト比率約50%)
水電解効率 LHVの69%
Cost of Capital 8%
電気料金 20 USD/MWh

経験曲線

$$Y = ax^b$$

$$LR = 1 - 2^b$$

Y: 設備コスト

x: 累積導入量

LR: learning rate

$$Y = Y_{2023} \frac{x}{x_{2023}}^{\log_2(1-LR)}$$

導入量が2倍になった時に
価格が(1-LR)倍になる

3. 水素製造

CCUS付き化石燃料由来の水素

<現状>

- 世界で16の水素製造施設がCCUS付きで運転し、年間約11MtのCO₂を回収。そのうち1Mtがカナダの貯蔵施設に、残りは石油回収の強化や食料・飲料用途、温室での収量増加のために使われている。
- ほとんどの施設はCO₂は部分回収（高濃度CO₂のプロセスでのみ回収）。0.8~1.2Mtの水素製造量のうち、低炭素と認められているのは、天然ガス改質による0.35Mtと石炭・石油ガス化による0.25Mtのみ。

<2030年までの見通し>

- 発表されたプロジェクトを集計すると、低炭素水素製造量は2022年の0.6Mtから2030年には8Mtに拡大する見込み。初期段階のプロジェクトを含めると10Mt。その大部分は天然ガス改質によるもの。
- 2030年までに計画されているものの6%のみが建設中。さらなる政策と財政支援が必要。

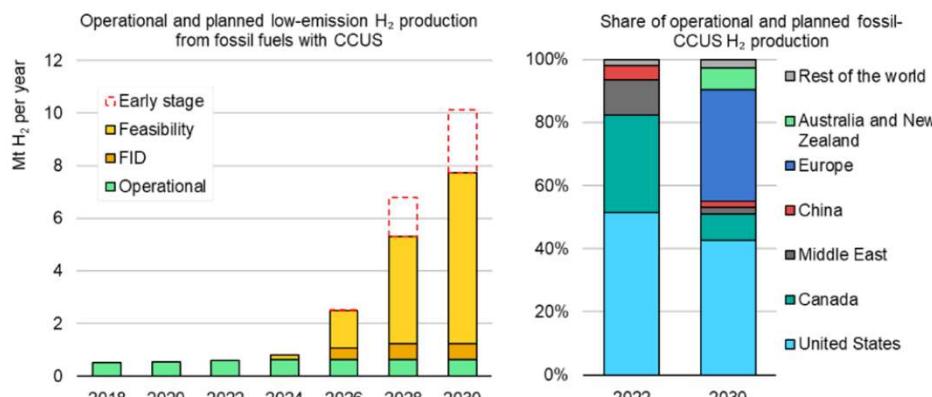


図3.10：CCUS付き化石燃料由来の水素製造量の推移とプロジェクトベースの見込み

<サプライチェーンの課題>

- 大規模生産設備において、水電解と同様の設備製造上の制約は受けない。圧縮機、ポンプ、ファン、熱交換器、分離カラム、貯蔵タンクなどの大規模生産設備は、特に石油、ガス、化学、発電分野で長年利用されてきており、様々な地域で十分な供給体制が存在する。
- プラントやインフラ開発のリードタイムがボトルネック。これまでのプロジェクトでは新しい取り組みのためリードタイムが1.5~10年（平均4年）と長かった。

3. 水素製造

異なる製造方法の比較

<水素製造コスト>

- 均等化水素製造コストは、技術とエネルギー源のコストに依存し、地域差が大きい。電気のコストに依存するが、装置自体のコストは「規模の経済」により短期的に大幅な低下が見込める。
- NZEシナリオにある大規模な普及が進めば、アフリカ、オーストラリア、チリ、中国、中東など日射良好地域で、PV電力による水電解水素製造コストは2030年までに\$1.6/kg(20円/Nm³)まで低下の可能性あり。
- 風況が良い地域では2030年までに北西欧州で\$2.1/kg未満、米国で\$2.3/kg未満になる可能性あり。
- 再エネによる水素製造は、再エネ・水電解装置どちらにも投資が必要となり、加重平均資本コスト(WACC)が1%増加すると\$0.2/kgのコスト増となる。金利が上昇している現状ではプロジェクトへの影響が大きい。

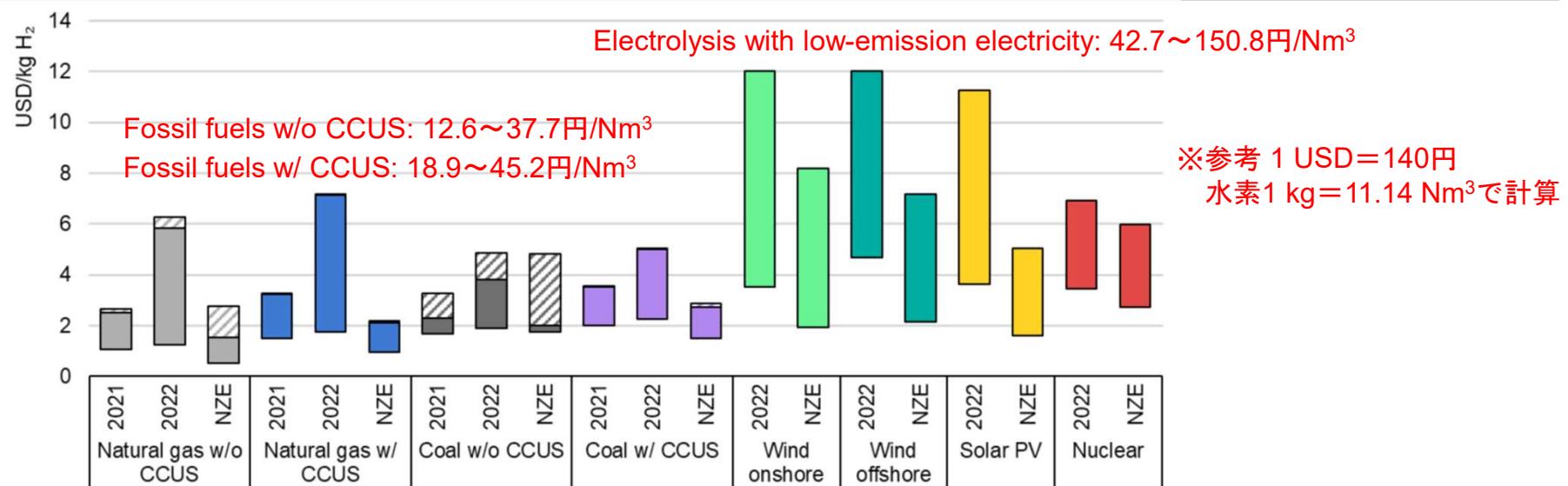


図3.11：均等化水素製造コストの現状とNZEシナリオにおけるコスト ※斜線部はCO2価格の影響

3. 水素製造

異なる製造方法の比較

<炭素排出強度>

- 水素製造による炭素排出強度は、水素製造で発生する直接排出量に加えて、投入燃料の製造・変換・輸送からの間接排出量が全体に影響を及ぼす可能性がある。
- 化石燃料由来水素では、上流側の排出量を減らすことと、CCSの捕捉率が重要。
- 水電解由来水素では、炭素排出強度が低い電気の利用が重要。

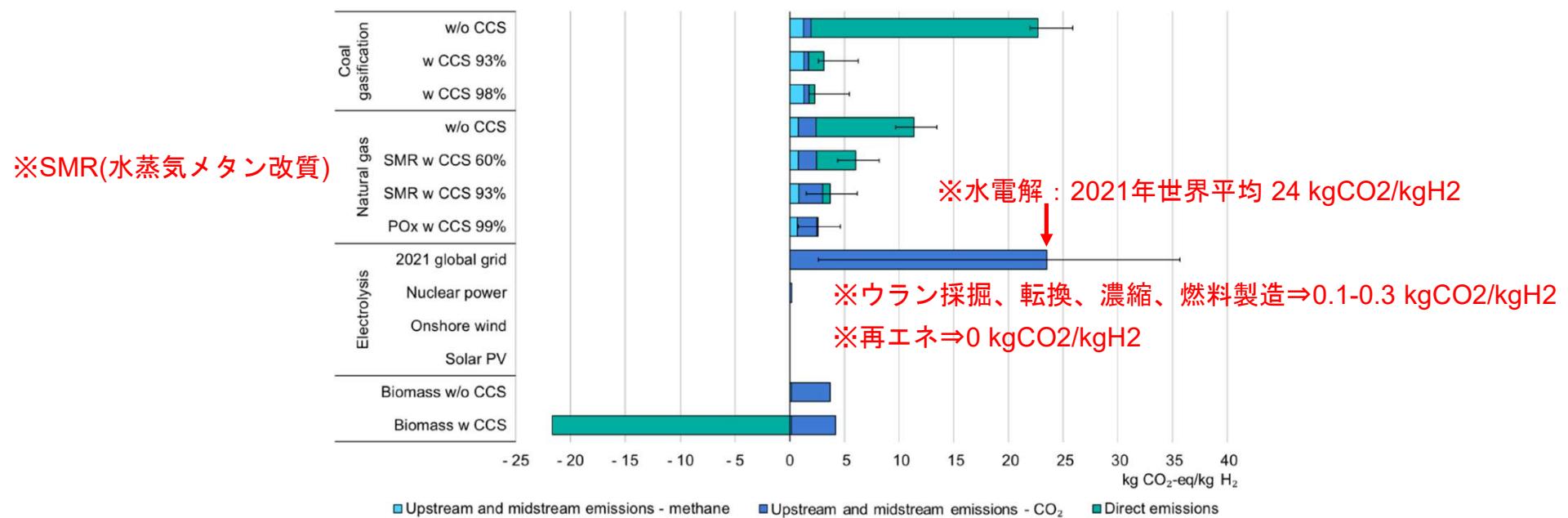


図3.15：異なる製造方法による炭素排出強度の比較

3. 水素製造

異なる製造方法の比較

41

<炭素排出強度>

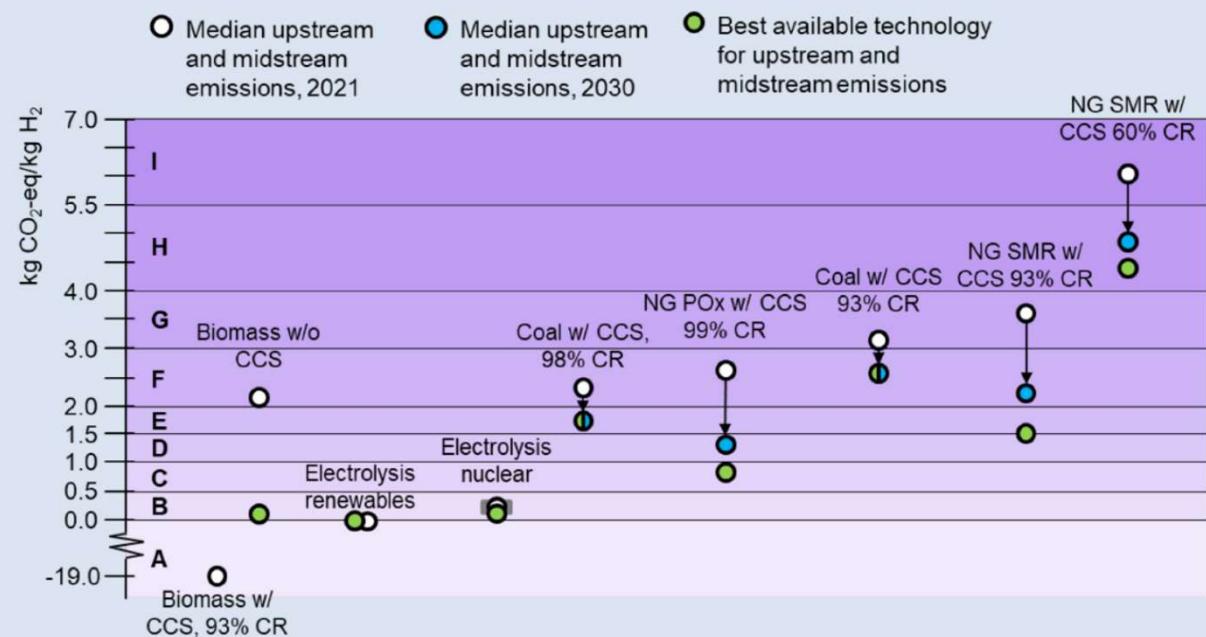
Box 3.4

水素製造の正確な排出強度は、政府、規制当局、認証機関、市場参加者にとって重要な指標となる可能性が高いが、他のステークホルダーにとっては直感的ではないかもしれない。

すでに「ブルー」「グリーン」水素という言葉が使われている。

色の使用からより正確な尺度に移行する際には、明確な尺度でグループ分け
(右の図の A~I がその一例)

Example of a potential quantitative system for emissions intensity levels of hydrogen production



IEA. CC BY 4.0.

Notes: CCS = carbon capture and storage; CR= capture rate; NG = natural gas; POx = partial oxidation; SMR = steam methane reformer.

Source: [IEA \(2023\). Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity.](#)

3. 水素製造

新しい水素製造方法

- 特に、バイオマスエネルギー、天然水素、メタン分解による低炭素水素製造技術が注目を集めている。
- バイオエネルギー(バイオマス、廃棄物)
 - 炭素排出強度が低い、あるいはCCUSと合わせてマイナスの排出強度。
 - ただし、排出強度はバイオマスサプライチェーンの上流側の排出に強く依存。
 - 廃棄物は組成が重要であり、地域や季節に依存する可能性がある。食品系廃棄物は低炭素水素になり得るが化石起源のプラスチック等は製造プロセスでのCCSがなければ低炭素とはならない
 - 排水汚泥によるバイオマスガス化は、日本とフランスで実証段階。米国、インドでもバイオマスガス化のプロジェクトが進んでいる。
- メタン分解
 - ここ数年、特にプラズマ分解の技術の進歩が著しい。プラズマ分解は、電気でイオン化ガス(プラズマ)に点火し、1000~2000度の高温でその元素に分解。高温プラズマ分解は米国で商業規模の施設が稼働。
 - 触媒分解は、あまり開発されていないがオーストラリアで実証プラントが稼働予定。同じ企業がカナダ、フランス、日本でのプロジェクトを発表。
 - 熱分解は最も開発が遅れているが、カナダで実証プロジェクトが進んでいる。

3. 水素製造

新しい水素製造方法

■ 天然水素

- 地球では継続的に地下で水素が生成しており、自然蓄積の発見数は近年増加している。
- 1次エネルギーであり、製造にエネルギーを要しない（CO₂排出ゼロ、エネルギー変換ロスゼロ）。
- 再エネのように間欠的ではない。設備に土地面積を要しない。精製水やCCSも不要。
- 不純物が含まれており、精製・圧縮のプロセスが必要であるため、LCCO₂に影響があるものの、影響は小さい可能性が示唆されている。
- 地球の水素潜在量は十分と示唆されているが、探索は多くの課題と不確実な要素を含む。
- 経済的な方法での収集が難しい可能性があるが、推進派は天然ガス等より生産コストが安いと主張しているが、経済性は現時点で不明。

表3.1： 天然水素製造のための開発地域とその状況

Country	Location	Developers	Status
Australia	Yorke peninsula	Gold Hydrogen	Drilling permit granted. Exploration from October 2023.
Australia	Eyre Peninsula	H2EX	Permit granted.
Australia	Amadeus Basin	Santos	Drilling wells to evaluate resource.
France	Lorraine basin	La Française d'Energie	Application for exclusive mining exploration permit submitted.
Mali	Bourakebougou	Hydroma	Operational since 2012, demonstration.
Spain	Pyrenees	Helios Aragon	Drilling permit granted. Exploration from 2024.
United States	Arizona	Desert Mountain Energy	Application for exploration permit submitted*.

3. 水素製造

水素ベースの燃料および原料の製造

- アンモニア、メタノール、合成炭化水素は、水素よりも貯蔵や輸送が容易であり、既存のインフラや飛行機のような最終用途技術を利用できるメリットがある。
- デメリットは、水素をこれらの燃料に変換するコストがかかること。
- 現状は、アンモニアが主、次いで合成メタンが用いられている。
- 発表プロジェクトに基づくと、2030年もアンモニアが80%を占める。次いで、FT(Fischer-Tropsch)燃料や合成メタノールの生産が、航空・海運部門の需要によって伸びる見込み。

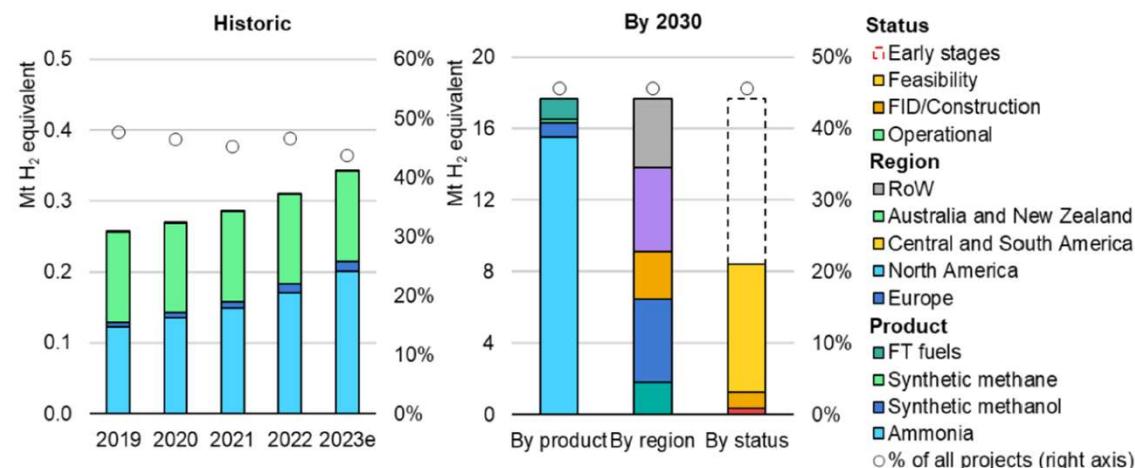


図3.16：水素ベース燃料の生産量と発表されたプロジェクトに基づく2030年の状況

3. 水素製造

水素ベースの燃料および原料の製造

- 現在の水電解水素由来のアンモニアの製造コストは、50%以上をCAPEXが占めており、主に水電解装置のCAPEXによる。
- 水電解装置、再エネ電力のコスト低下により、アンモニアの製造コストは、2030年には40%コスト低減の可能性がある。
- 合成灯油の製造コストは、CO₂の生成源によって大きく異なる。エタノール生産時のCO₂は\$30/tCO₂、DACによるCO₂は現状\$600～1000/tCO₂であるが、技術の進展により2030年には\$200～700/tCO₂となる可能性がある。
- 従来の灯油価格\$100/bblと比べるとはるかに高いが、2030年の合成灯油の製造コストは\$200～550/bbl。

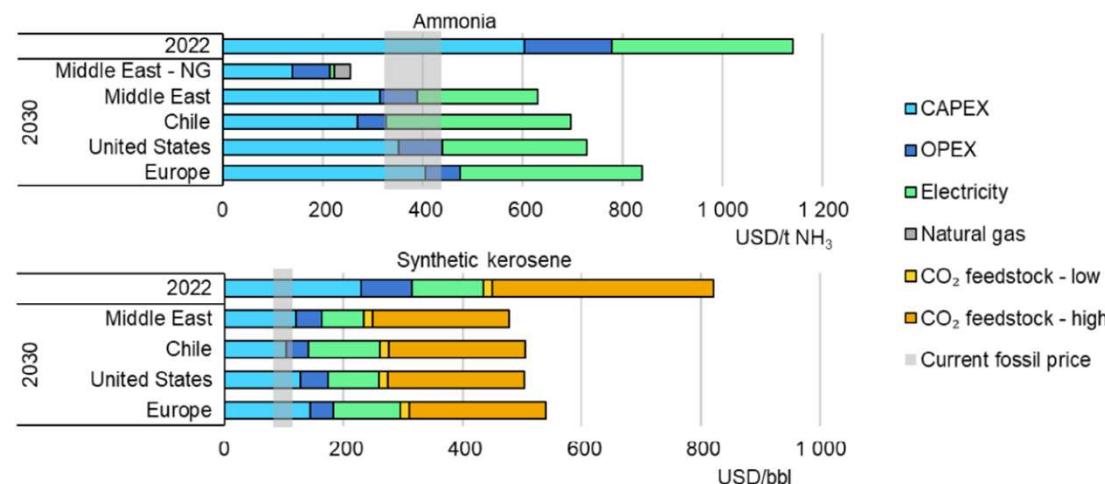


図3.17：水電解水素由來のアンモニアと合成灯油の均等化製造コスト

第1章 はじめに

第2章 水素利用

第3章 水素製造

第4章 売買とインフラ

第5章 投資、ファイナンス、イノベーション

第6章 政策

4. 水素取引の現状と見通し

■ 水素の国際取引

- 30年に商業需要の20%以上が国際取引によって満たされる見込み(NZEシナリオ)
- 現状では初期段階であり、水素パイプラインや船舶による実証PJのみ

■ アンモニアとメタノールの国際取引

- 21年の世界のアンモニア需要の約10%が国際取引
- 21年の世界のメタノール需要の約20%が国際取引
- アンモニア、メタノールの国際取引は化学産業での使用が主な用途
- 燃料目的の取引については、パイロットPJが進行しているのみ

4. 近年の貿易プロジェクト

LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier)、液化水素、合成炭化水素燃料が貿易のメイン
それぞれの代表例は以下

■ LOHC(Liquid Organic Hydrogen Carrier)

- 20年にはメチルシクロヘキサンを用いた102tの水素の国際貿易が行われた

■ 液化水素

- 22年に75tの水素貨物が豪から日本に輸送された。2030年に225kt/年の取引量へ拡大計画

■ 合成燃料

- 22年に600Lの合成ガソリンがチリから英国に初出荷された。現在の生産能力は130kL/年に到達
 - 27年までに乗用車830,000台の年間消費量に相当する5億5000万Lに増強する計画

表4.1 2020-2023年の低炭素水素および水素ベース燃料の貿易PJの計画

貿易プロジェクト	キャリア	年	取引量	貿易プロジェクト	キャリア	年	取引量
サウジアラビア→日本	アンモニア	2020	40 t NH3	サウジアラビア→日本	アンモニア	2023	
ブルネイ→日本	LOHC	2020	102 t H	サウジアラビア→インド	アンモニア	2023	5 kt NH3
オーストラリア→日本*	液化水素	2022	75 t H2	サウジアラビア→中国	アンモニア	2023	25 kt NH3
サウジアラビア→韓国	アンモニア	2022	25 kt NH3	サウジアラビア→韓国	アンモニア	-	25 kt NH3
アラブ首長国連邦→ドイツ	アンモニア	2022	13 t NH3	サウジアラビア→ブルガリア	アンモニア	2023	25kt NH3
ブルネイ→日本	LOHC	2022		サウジアラビア→EU	アンモニア		50 kt NH3
チリ→英国	合成ガソリン	2023	2 600 L	サウジアラビア→台湾	アンモニア	2023	

* PJの商業段階では炭素回収・利用・貯蔵 (CCUS) が計画されているが、出荷された水素は無添加の石炭から製造された。

4. 公表済国際取引PJ（輸出関連）

水素輸出関連PJは2030年までに16Mt、2040年には25Mtに増加する見込み

- 30年目標のPJで38Mtの低炭素水素製造が想定、そのうち40%が輸出される計画
 - Global Hydrogen Review 2022からPJの数は増加しているが、FIDに到達しているのは3つのみ
 - ・ サウジアラビアNEOM、オマーンGreen Hydrogen and Chemcals SPC、米国 CF industries
- 発表済のPJでは大半がアンモニアを水素輸送に使用し、アンモニアとして使用する計画
 - 40年では、取引量の5%が合成液体炭化水素、4%が圧縮水素、2%が液化水素の見込み

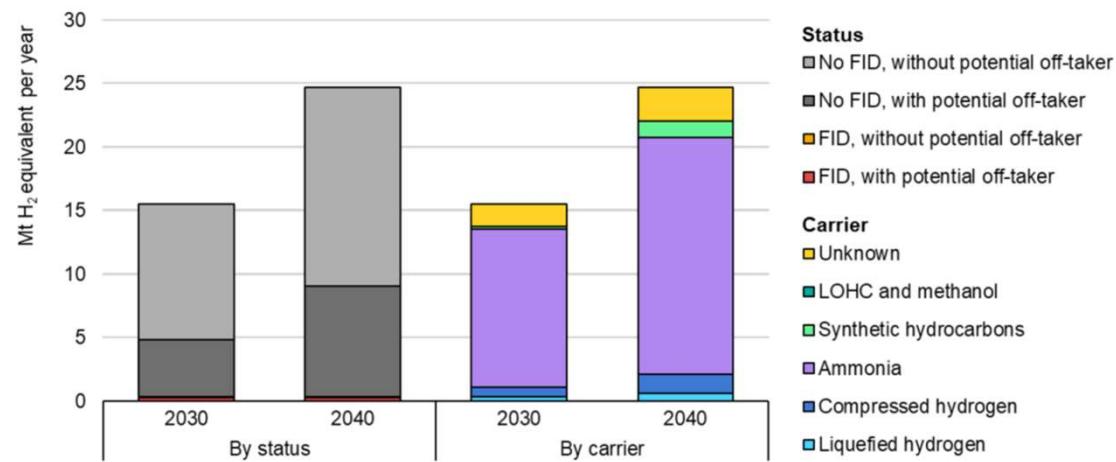


図4.1 キャリア別の低炭素水素取引量

4. 公表済国際取引PJ（主要な輸出国と輸入国）

2030年までに輸出水素の1/3をオーストラリアが占め、アフリカ、欧州はそれぞれ6%, 8%の見込み

- 30年までのPJの約60%は輸出先が未特定であり、特定されたPJの2/3はオフティカーを特定している
 - 欧州では30年に5Mt, 40年に10Mtに輸入される見込み
 - 日本では30年に1Mtで北米、豪州から輸入される見込み
- 発表済のPJにおいて主要なルートは豪州ー欧州・アジア、ラテンアフリカー欧州、北米とアジアの3つ

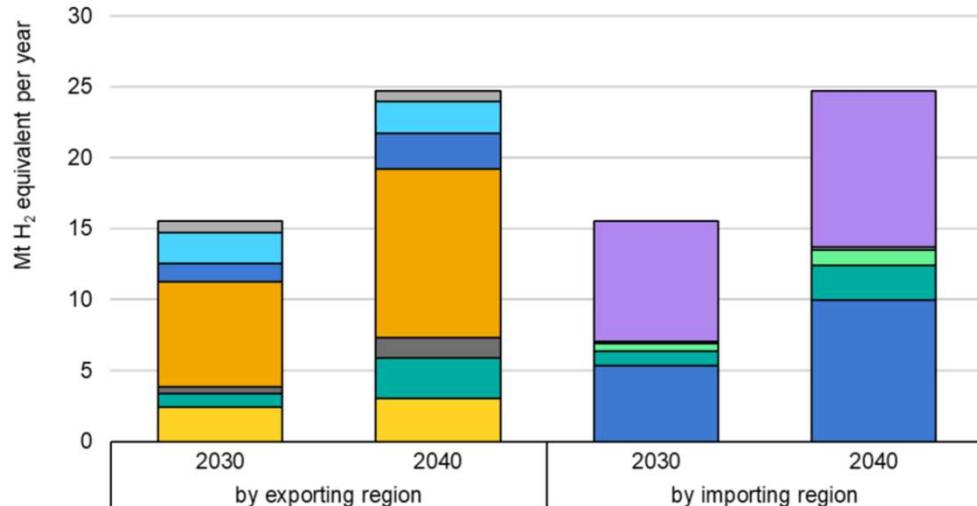


図4.2 各国の低炭素水素の輸出・輸入量

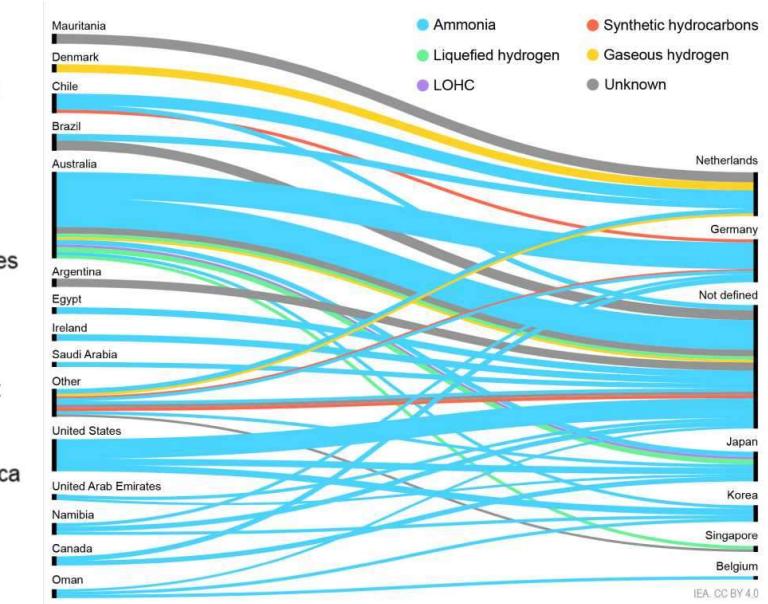
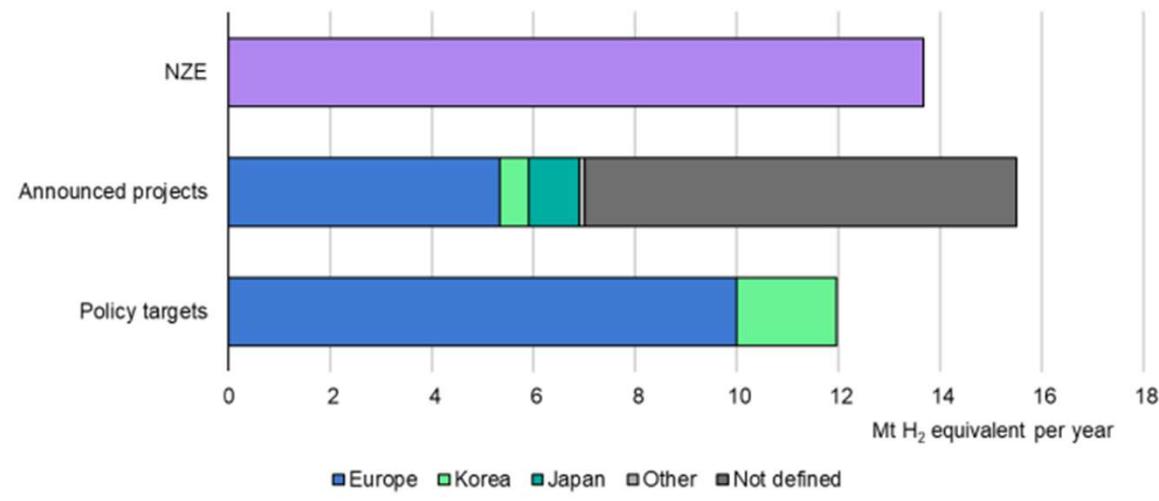


図4.3 輸出・輸入国関係図

4. 公表済国際取引PJ（水素輸出方法）

パイプラインが最も安価に水素を供給可能であるが、敷設不可の場合にインフラ整備(平均9年) が必要となる

- NZEシナリオで30年で14Mt相当の水素が地域間での取引となる見込み
 - 仕向け地が明確なPJはシナリオの半分相当、オフティカーの可能性のあるPJは1/3程度
 - 2/3はアンモニアの形で取引され、水素の半分はパイプラインでの輸送となる見込み
- 貿易の障害の一つは、水素排出強度を決定するための共通の方法がないため、水素市場が分断されること



IEA, CC BY 4.0.

図4.4 2050年のNZEシナリオに基づく地域別の低炭素水素貿易

4. 貿易契約

二国間貿易協定が現状のPJの大半を占めており、オークションについても対応が進んでいる

- ドイツのH2Globalの二重入札プログラム（他国使用可能）が開催されている
 - 22年末に水素原料のアンモニア、合成メタノール、合成灯油に対して入札開始、24年に配達開始
 - 36年までの将来の入札にむけ35億ユーロを計画。
 - 電力が再生可能エネルギー割合90%以上の電力網or電力購入計画(PPA)から供給されることが必要
- 欧州水素銀行においても23年度に8億ユーロの規模でパイロットオークションを計画中
- 日本においても民間で活動が行われている
 - JERAは碧南市の石炭火力発電所で最大500kt/年の低排出アンモニアの混焼について入札を実施
 - YaraとCF industriesが入札し、CCUSを用いて天然ガスからアンモニアを生産する計画

4. 水素インフラの現状と展望

輸送と貯蔵はサプライチェーンの重要な要素であり、NZEシナリオでは2030年までに350億ドルと想定

- 低炭素水素および水素ベース燃料輸送への投資額は増加、天然ガスインフラが低下する見込み
 - インフラPJの開発には平均6~12年かかる。完全にすべてが確立される前に開始することが重要
- 天然ガスは約100万kmのパイプラインが運転中だが、6万kmが建設中で、15万km以上が計画中
 - 天然ガス消費の減少に伴い、これらを水素へ活用することで資産リスクの低減が可能
 - 米国、欧州では約5000kmの水素パイpline(直径18インチ未満)が稼働している
- パイplineが不可能な長距離間や、地下貯蔵ができない地域では高密度な水素貯蔵技術が必要
 - 液化水素やアンモニア、LOHCのようなキャリアが有望視されているが商業規模ではまだ使用できない

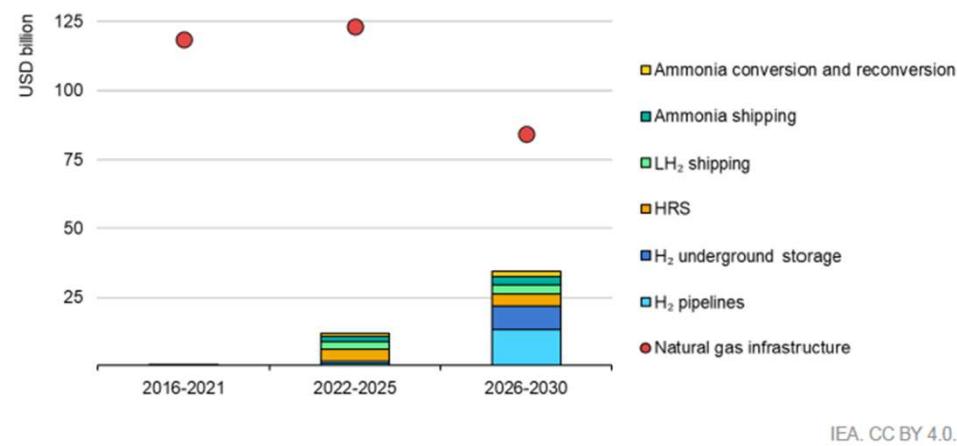


図4.5 NZEシナリオにおける世界中の年間投資額

4. パイプライン輸送

パイプライン輸送が使用される場合には200~500kmの距離までは最も安価になる。

■ 水素インフラ導入に必要な法的および規制の調整が行われている。

- 欧州では構築支援措置の「Hydrogen and Decarbonised Gas markets package」が開始される見込
 - ・ 水素パッケージでは天然ガスインフラ再利用にインセンティブを付ける。
- ベルギーでは600kmをAir Liquidが所有しており、パイplineによる水素輸送の法律が23年に施行
 - ・ 単一の水素輸送システム事業者を指定する基準を確立し、計画、品質の責任等を託す目的
- デンマークではパイplineの所有と運営のためEnerginetとEvidaに選定
- ドイツでは32年までに稼働する水素送電システムのための法的・規制の枠組みを構築する法案を可決
 - ・ ガス事業者は11200kmの潜在的な水素パイplineについて最終版を規制当局BNetzAへ提出
- 英国では水素輸送ビジネスモデルを提案
 - ・ 初期段階の高い輸送コストを回避し、開発者への過剰なリターンを防ぐことを目的としている

4. 専用パイプラインのプロジェクト発表

過去1年間で水素パイプラインについてPJ発表が数多く行われた

- 欧州では、European Hydrogen Backbone initiativeに25か国、33のガスインフラ事業者が参加
 - 30年までに33,000kmの水素パイプラインを想定
 - TEN-E規制に水素インフラ支援を含み、三計画(西欧州内、中東一南東欧州、バルト海)を特定している
- 中国では、国家石油・ガスネットワーク建設実施計画が23年に発行
 - モンゴル自治区から北京まで400kmで500kt/年の水素輸送を計画
- 水上パイプラインは現状実現したものがないが、複数のPJが発表済。
- 発表済PJの総距離は30年までに30,000kmに到達する(図4.6)が、FIDに達した合計長は短い(表4.2)

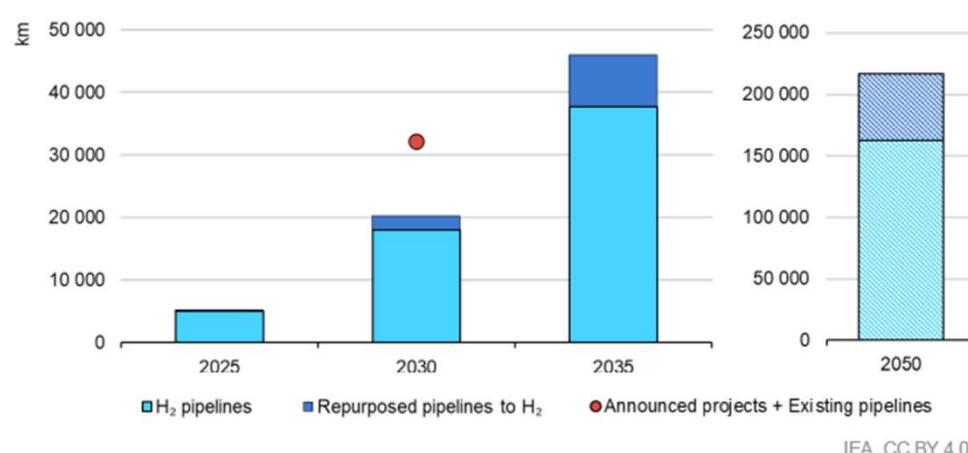


図4.6 10年間の水素パイプライン距離とNZE試算距離

表4.2 パイプラインの進捗(一部抜粋)

国	長さ	日付	ステータス
豪州	43km	2023年5月	APAは、パルメリアガスパイプラインの再利用区間ににおいて、加圧100%水素試験を完了
仮	150km	2023年3月	GRTgazは仇の工業/港湾地域と貯蔵施設を結び付けHynframed PJの経済的利益の確認を開始した。
仮-白	70km	2022年6月 ~9月	仮と白の間の水素パイプラインへの関心を17社が示し、FSが開始された。
独	50km	2023年6月	Bad Lauchstadt Energy ParkのFID、TotalEnergies製油所へのパイプラインを含む。
蘭	270 km	2023年5月 ~7月	ロッテルダムからモエルダイク、ケメロ工業団地、獨国境まで複数のパイプラインの建設を想定したデルタライン回廊への参画と提案について公表。

4. 水素混合

天然ガスと水素混合は複数の都市ガスネットワークで使用されおり、将来的には低炭素水素が使用される見込

- 水素混合実証PJについては稼働しているものもある(表4.3)が、住民の支持が得られないリスクもある
- ガス供給網への水素混合も検討され、専用インフラが整備されるまで既存の供給網と併用される
 - 韓国は26年までに20%の水素混合を目指しており、同国の5,000km供給網のFSのためDNVを選定
 - EUはガス品質確保のため水素混合量を5%から2%に変更
 - 中国は寧夏の397 kmのガスパイplineを使用して混合水素 (24%)を100日間輸送

表4.3 22年から23年にかけて操業を開始した水素混合プロジェクト

Project name	Country	Location	Blending volume	Announced size
ATCO Community Blending project	Australia	Cockburn	2-5%	2 700 customers
ATCO Alberta blending project	Canada	Fort Saskatchewan	5%	2 100 customers
Gasvalpo Energas Coquimbo	Chile	Coquimbo	5-20%	2 000 customers
NTPC-GGL in Surat	India	Surat	5%	200 customers
Floene Seixal	Portugal	Seixal	20%	82 customers
20HyGrid project – Delgas Grid	Romania	Dărlos	20%	75 customers
Dominion Energy Utah	United States	Delta	5%	1 800 customers

4. 地下水素貯蔵

水素供給拡大に伴い、地下地質施設を用いた水素貯蔵が必要になる可能性が見込まれる

- 地下貯蔵の複数のPJが計画されているがFIDに達したPJはない
- 地下貯蔵への関心を確認し、定量化を行うため、表4.4のPJについて要請(Call)が行われた
 - 英国では需要リスクをさけるために貯蔵業者に対し年間最低収益を提案
- 米国の先進的クリーンエネルギー貯蔵、ドイツのH2CAST、フランスのHyPSTER等の複数のPJが進行中
- 複数のPJが発表されているが、地下水素貯蔵の容量はNZEシナリオの必要量を下回る(図4.7)
 - 水素は天然ガスと比較して同じエネルギー量を貯蔵するのに3~4倍の体積が必要となる
 - NZEシナリオでは30年に74TWhの水素貯蔵が必要である。50年までに20倍に増加する見込み

表4.4 地下水素貯蔵に関する要請

主催者	国	通話日	フェーズ	説明
Géométhane	仏	2023年2月 ~3月	非拘束	Manosqueの二つの潜在的な塩洞窟(水素200GWh)の水素貯蔵への関心を評価
Hystock	蘭	2023年6月 ~7月	非拘束	Zuidwendingの塩洞窟(216 GWh)の予備容量を求める。オークションによって容量が割り当てられる。
Teréga	仏	2023年6月 ~7月	非拘束	HySoW PJの塩洞窟(500 GWh)における水素貯蔵への関心を評価する。

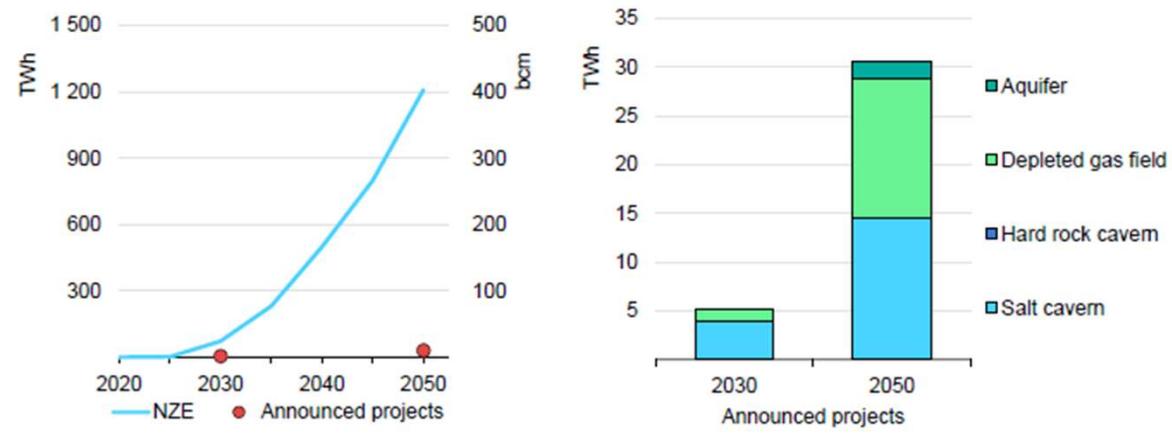


図4.7 NZEシナリオおよび発表済PJの地下水素貯蔵量

IEA. CC BY 4.0.

4. 海運インフラ（港湾のインフラ）

2500km以上の長距離ではタンカーでの輸送が費用対効果が高いが、各種港の専用インフラも必要となる

- 天然ガス、アンモニアの輸出プラントは一部の地域にしかないが、輸入プラントは世界中に存在(図4.8)
 - 40以上の港に天然ガス液化プラントがあり、約150の港に天然ガス再ガス化プラントがある
 - アンモニアについては約150の港が対応している
- アンモニア貿易は現在水素換算で約3.5Mtであるが、30年までの計画の12Mtを大幅に下回る
- 圧縮水素や液化水素の輸出を検討しているPJもあるが、商業的に新しいインフラが必要となる
- 発表済PJでは水素とアンモニアの貿易のために10年間で約50の港と港湾インフラが実現する可能性あり
 - アンモニア輸出港が半分以上を占め、そのうち10以上は豪州に設置される見込み

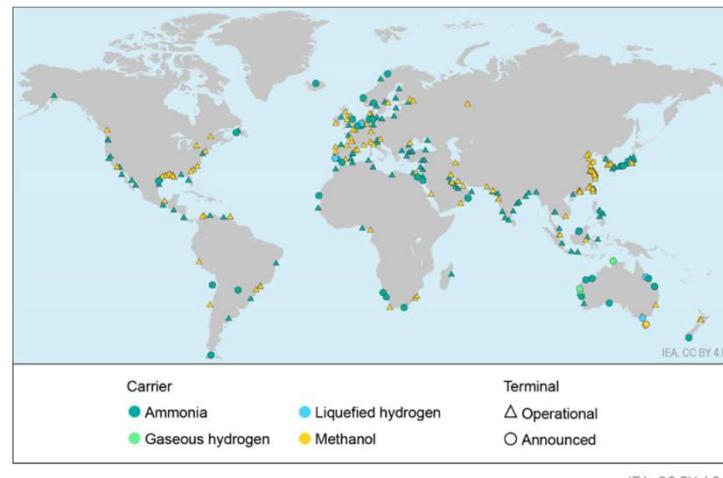


図4.8 現状および発表済の港湾インフラプロジェクト

4. 海運インフラ（水素輸送用タンカー）

既存のタンカーでは液化水素以外の水素燃料や、LOHCを輸送することが可能

- アンモニア輸送は現在40隻だが、最大200隻のガスタンカーで輸送可能。アンモニア貿易量3倍には不足
 - 液化ガスタンカーは日中韓でしか製造されていないため、造船所が限られている
- 液化水素を輸送するための市販タンカーは存在していない。複数の企業で液化水素タンカーを開発中
 - 水素フロンティア（日本）が75tの液化水素を輸送可能で輸送実績があるが、ボイルオフした水素で火災が発生した
 - ボイルオフ対策のほか、開発中のタンカーは動力に水素を用いる取り組みも行われている
- 圧縮水素は小規模な輸送への適用が検討されており、洋上風力のための水素タンカーのコンセプトがある

表4.5 発表済の2030までに商用が想定されている液化水素タンカー

会社名	H2貨物格納容器	国	原則承認*	体積 (m3)
Korea Shipbuilding & Offshore Engineering(KSOE), Hyundai Mipo Dockyard	球形	韓	韓国船籍 (KRS)	20,000
Samsung Heavy Industries Korea	Type C	韓	ABS	20,000
Houlder, Shell, CB&I Spherical United	球形	英	DNV(H2 containment)	20,000
C-Job Naval Architects, LH2 Europe	球形	蘭	-	37,500
TotalEnergies, GTT, LMG Marin, Bureau Veritas	メンブレン	仏	Expected from Bureau Veritas	150,000
Kawasaki Heavy Industries	球形	日	日本海事協会 (ClassNK)	160,000
Samsung Heavy Industries	メンブレン	韓	Lloyd's Register	160,000

4. 海運インフラ（水素輸送の炭素強度）

長距離輸送時のエネルギーが脱炭素化されなければ、天然ガスよりもCO₂排出量が増加する可能性がある

- パイプライン輸送では圧縮の電力に排出量は依存しており、距離が長いと中間圧縮で排出量が増加する
 - 圧縮機が水素タービンを用いて駆動させることができれば排出量を最小限にできる
- タンカー輸送では、水素を変換・再変換することによる排出と、輸送時の燃料からの排出がある(図4.9)
 - 液化水素では低炭素水素として利用可能であるが、アンモニア、LOHC等では再変換時に排出量が増加する
 - 輸送時の燃料に液化水素を使用すると排出量を抑えることができる
 - 低排出燃料を用いない場合、輸送時の距離に従って排出量が増加し、総排出量に追加されていく
- 長距離での低炭素水素の輸送のためにはタンカー自体の脱炭素化が重要

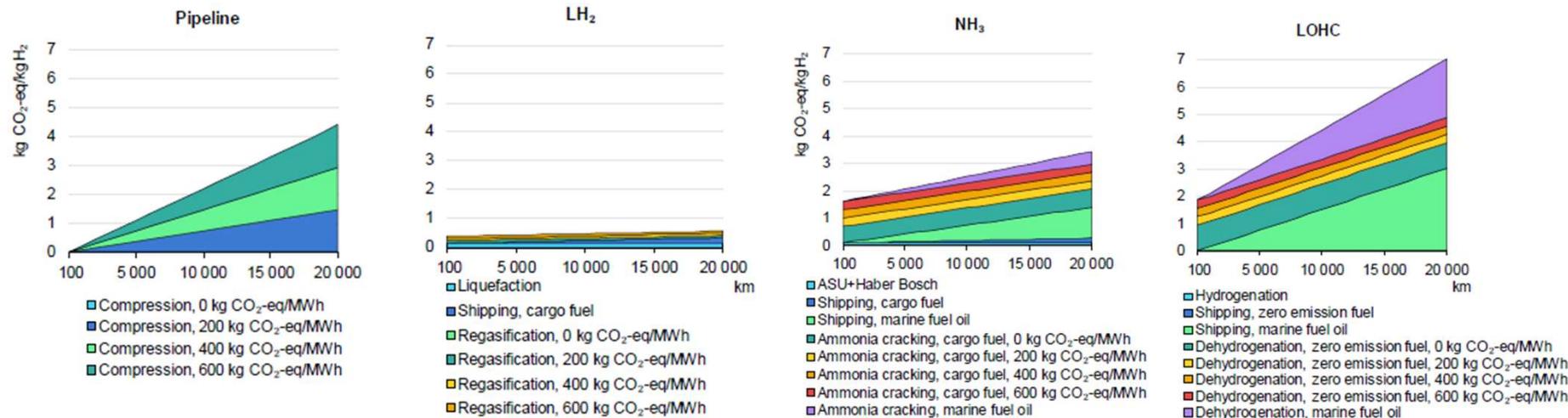


図4.9 水素輸送における輸入地域までの距離とグリッドでの排出係数

IEA, CC BY 4.0.

第1章 はじめに

第2章 水素利用

第3章 水素製造

第4章 売買とインフラ

第5章 投資、ファイナンス、イノベーション

第6章 政策

5. 投資、ファイナンス、イノベーション／水素セクターへの投資

運転中・建設中の低炭素水素セクタープロジェクトへの投資

- 2022年の水電解装置への投資額が2021年の2倍に増加したと推定（3億米ドル⇒6億米ドル）。(図5.1)
- 2050年までのネットゼロシナリオで想定されている2030年における水電解装置への設備投資が410億米ドルが必要であり、毎年1.7倍の投資額増加が必要。
- FIDを実施した案件のうち最大規模はサウジアラビアのNEOMグリーン水素プロジェクト（2GW）。続いてオマーンのグリーン水素・グリーンアンモニアプロジェクト（320MW）であり、いずれも2026年からの輸出用アンモニアの生産を目指している。

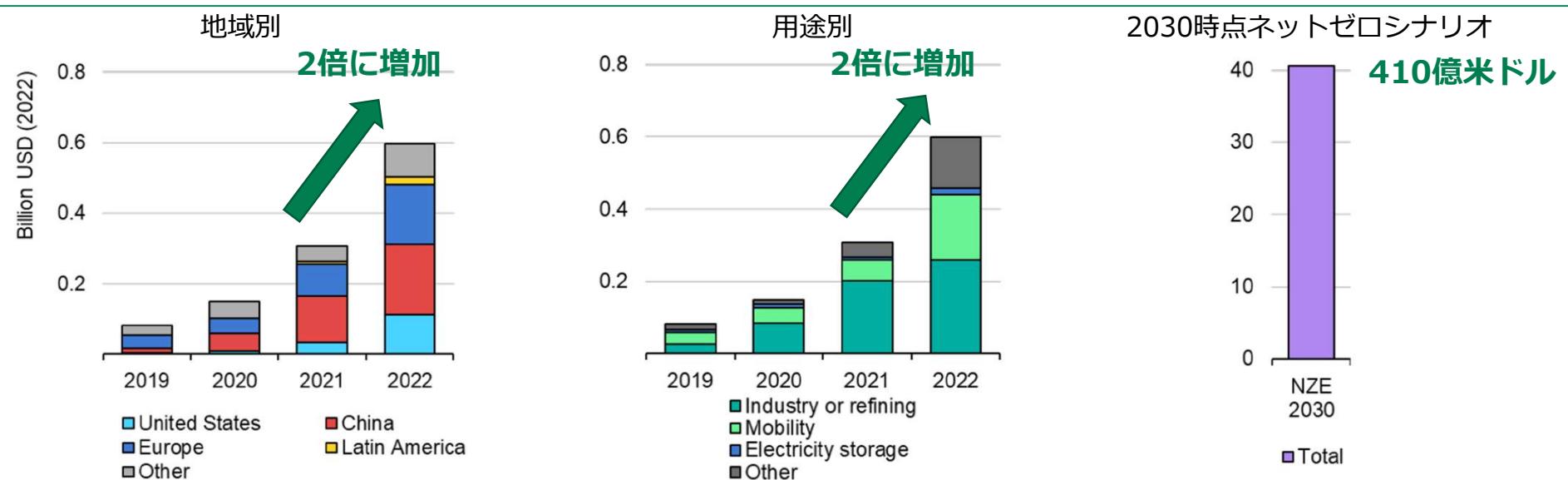


図5.1 水電解装置設置の投資額

5. 投資、ファイナンス、イノベーション／水素セクターへの投資

低炭素水素の世界市場の規模

- IEAが公表している2030年の政策シナリオ(STEPS)は、水素関連投資の市場規模は120億米ドルに上昇。これは2022年の欧州の洋上風力発電への支出に相当。
- ネットゼロシナリオでは、はるかに急速に上昇し、2022年のアジア太平洋地域の屋上太陽光発電設備の市場規模とほぼ同じ1170億米ドルに到達。

(億米ドル)

水素関連投資の市場規模

	2022	STEPS	2030	NZE
水電解装置設置	7	47	410	
CCUS搭載工場	5	6	160	
インフラ	2	55	360	
水素燃料製造	0	2	250	
合計	14	120	1170	
2022年のエネルギーセクターに相当する部分	アフリカと欧州のLNGインフラ	ヨーロッパの洋上風力	アジア太平洋地域の屋根上太陽光発電設備	

5. 投資、ファイナンス、イノベーション／水素セクターへの投資

新規投資に対する政策支援

■ 欧州、北米における投資増加の要因

➤ 米国における支援策

- 米国インフレ抑制法(2022年)・・・水素の生産と投資に長期かつ大規模な税額控除制度を創設
- 米国水素ハブ構想(2021年)・・・全米に7拠点の水素ハブに70億ドルの補助金を拠出
- Loan Program Office予算拡大・・・米エネルギー省（DOE）がクリーン水素の展開を支援

➤ 欧州連合 (EU) における支援策

- 欧州水素銀行を設立(2023年)
 - EUの環境基準を満たす水素に対して、既存のイノベーション基金からの資金を最低入札者に与えるリバースオークション方式で入札者を決定。
 - 最初のオークションの予算は8億ユーロ（約8.4億米ドル）。

5. 投資、ファイナンス、イノベーション／水素セクターへの投資

新規低炭素水素プロジェクトのインフレコスト

- 2022年以来、世界経済を襲ったインフレによりディベロッパーの以下のコストが上昇。

- 設備投資コスト
- 設置・運営にかかる人件費
- 融資の金利
- EPCコントラクターとの競争
- 燃料費と電気料金の上昇

- コスト上昇（特にCAPEX）は、計画中プロジェクトの水素製造コストに強い影響を与えている。

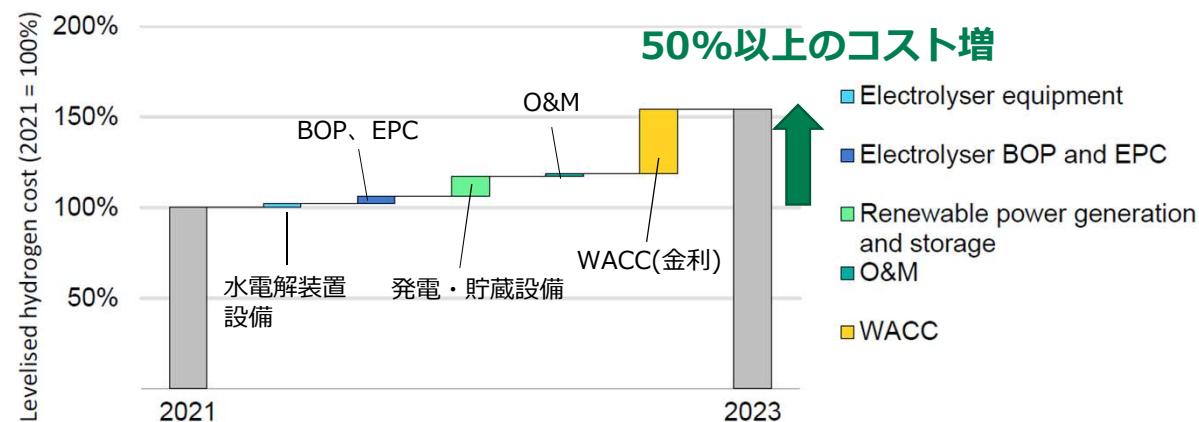


図5.2 2021年以降の水電解装置設置のコスト上昇要因

5. 投資、ファイナンス、イノベーション／水素セクターへの投資

多数国間ファイナンスコミットメントの拡大

- 国際開発金融機関は、**2022年に水素分野における財政面のコミットメントを強化し、2023年もそのペースは継続。**（図5.3）
- 世界銀行グループは2022年11月に「水素開発パートナーシップ（H4D）」を立上げ、途上国における低炭素水素の普及に向けた能力開発や規制面での解決策、ビジネスモデル、技術開発を支援。
- 他の国際開発金融機関も、輸出機会を模索している国の水素戦略を支援
 - EIB（欧州投資銀行）はEU諸国からブラジルに約10億米ドル、ナミビアに5億米ドル以上、インドに10億米ドル以上をコミット。
 - ドイツの開発銀行KfWは、途上国の水素開発プロジェクトのための信用基金を創設し、2023年にチリに1億米ドルをコミット。

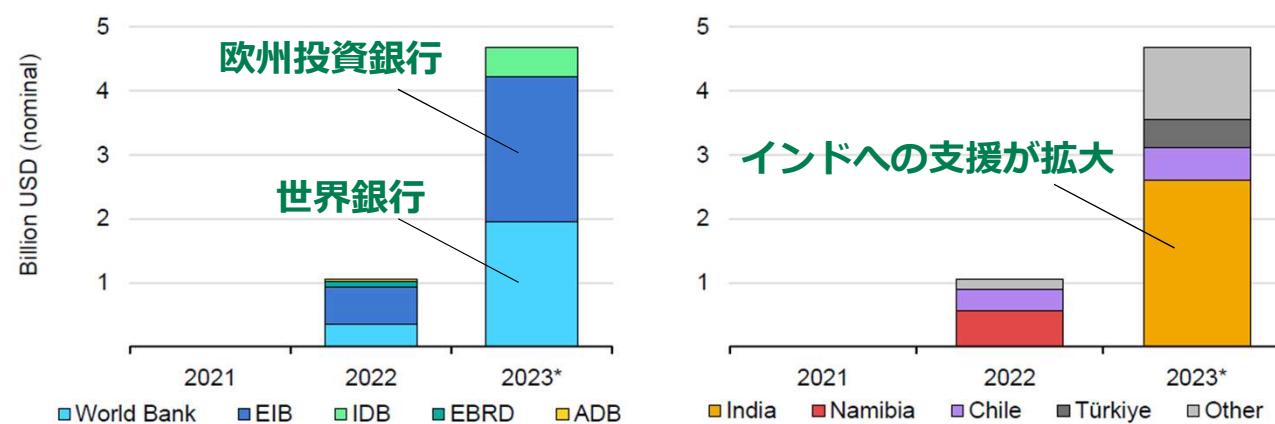


図5.3 発表年別国際開発金融機関による水素への財政的なコミット額（左：金融機関別、右：パートナー国別）

5. 投資、ファイナンス、イノベーション／水素セクターへの投資

ベンチャーキャピタル投資

- 水素関連の技術や事業に取り組むスタートアップ（アーリーステージ、グロースステージ）は、**2022年に過去最高額の出資金調達を達成**。
 - 2021年におけるアーリーステージスタートアップ企業の取引（6億7000万米ドル）は、2020年のはぼ5倍の水準となった。（図5.5）
- 水素企業は、2022年に他のセクターよりも高いベンチャーキャピタル資金調達成長率を達成したが、ベンチャーキャピタルの大幅な減速により、2023年の継続的な成長の見通しは暗くなっている。
- 水素関連スタートアップ企業への投資額は、燃料電池（大半が中国企業）とプロジェクト開発（大半が欧州企業）を除くすべての分野で、米国が大半を占めている。（図5.6）

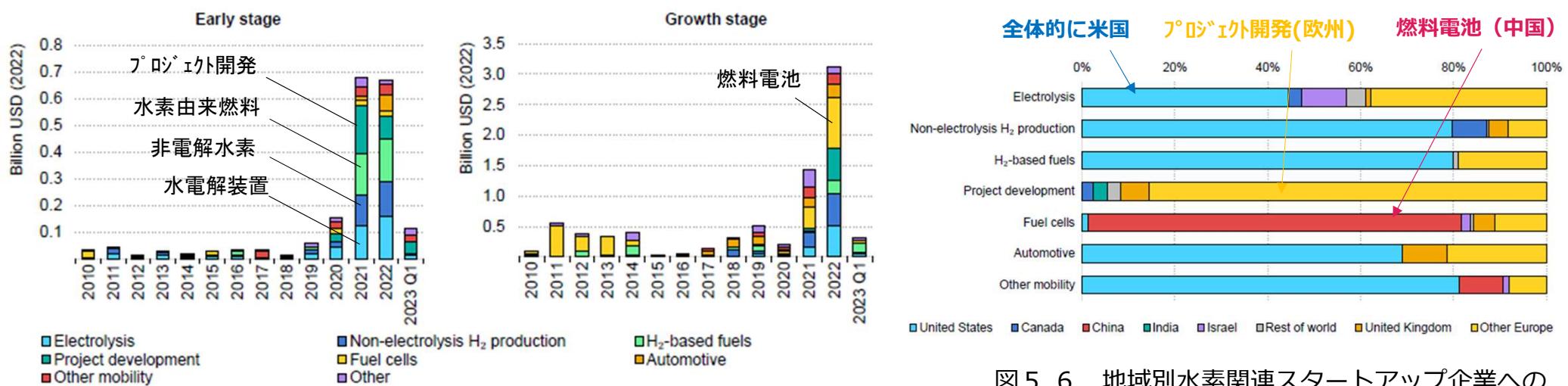


図5.5 水素関連スタートアップ企業へのベンチャーキャピタル投資額

図5.6 地域別水素関連スタートアップ企業への投資額 (Early Stage, Growth Stage)

5. 投資、ファイナンス、イノベーション／水素技術のイノベーション

- 水素関連技術の成熟度はサプライチェーン全体で大きく異なり、**低炭素水素供給の技術は、最終用途よりもはるかに発展している。**
- 低炭素水素の製造技術は十分に開発されており、いくつかの水素製造技術はすでに商業化されている。
- 水素輸送と貯蔵の技術は、まだ小規模であるが成熟しているものの、商業化にはさらなる革新が必要。
- 最終用途技術では状況が異なり、CO₂排出量を削減しにくい分野や、脱炭素化のために水素がより重要な役割を果たすことが期待される分野では、技術の成熟度が低く、技術革新のペースも遅い。主要な最終用途の水素技術はほとんど商業化されておらず、イノベーションはほとんどの分野でゆっくりと進行している。
- しかし、2022年に産業用水素利用のための研究開発および実証に前向きな進展の兆候が見られた。
 - アルミニウムと鋼の補助的工程での水素利用を実証するために、欧州12カ国の30の国際パートナーが、「HyInHeat」を立ち上げた。
 - 東京ガスとLIXILは、アルミニウムの熱処理に天然ガスの代わりに水素を使用し、これが製品の品質に悪影響を及ぼさないことを実証した。

5. 投資、ファイナンス、イノベーション／水素技術のイノベーション

特許出願の追跡

- 2023年1月、IEAと欧州特許庁(EPO)は、2000年から2020年までの水素特許の動向を評価した共同報告書「Hydrogen patents for a clean energy future」を発表。
- 2000年代以降、IPF(International Patent families)に申請された世界の水素特許は、年平均成長率5%で急増しており、2011年から2021年の間に出願されたすべてのIPFのうち、**欧州連合(EU)**と日本は、それぞれ**28%**と**24%**を占め、成長を主導している。
- 電気分解、CCUSを用いた天然ガス由来の水素製造の台頭により、水素製造技術の特許申請が急速に増加し、過去10年間で、水電解装置関連のIPF申請は倍増している。

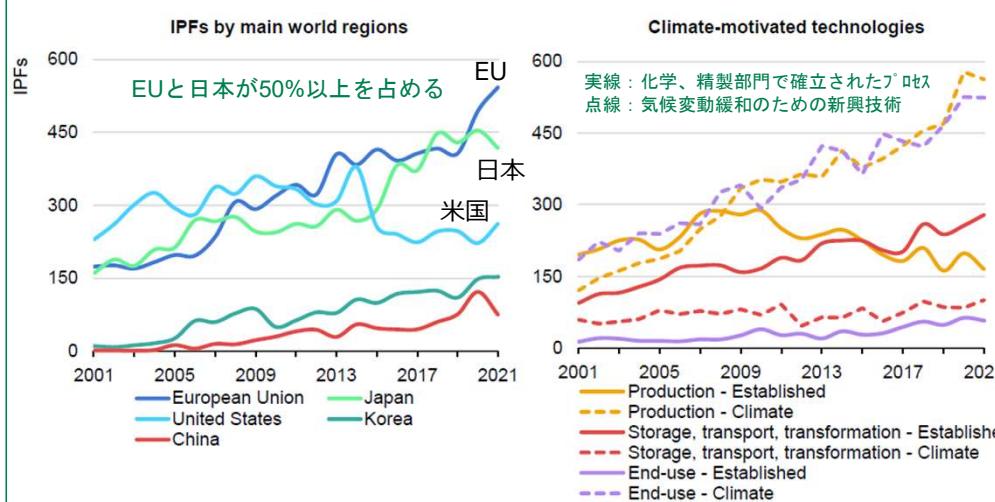


図5.9 地域別 水素関連特許の動向

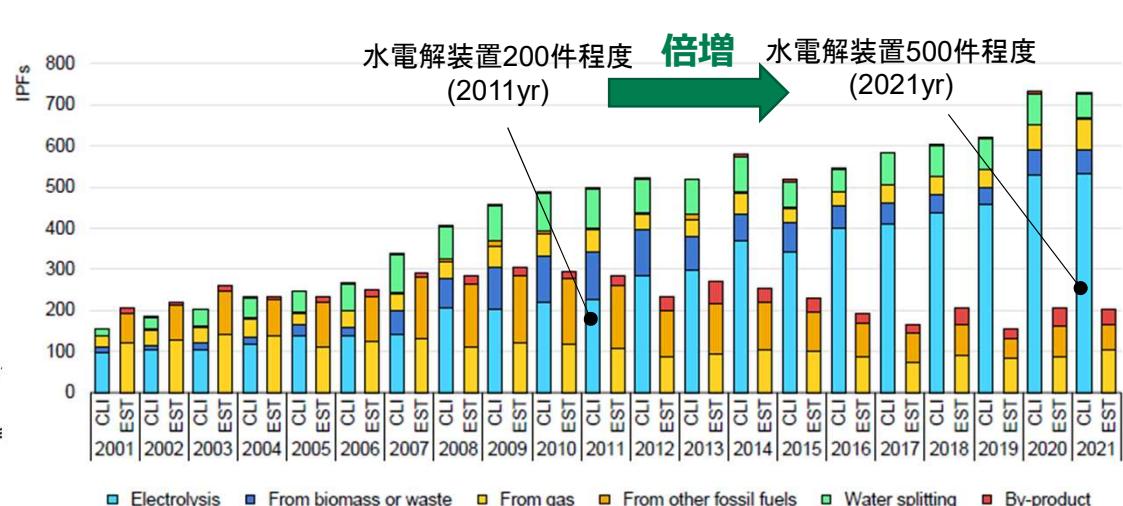


図5.10 テクノロジー別 水素製造特許の動向（2001-2021）

第1章 はじめに

第2章 水素利用

第3章 水素製造

第4章 売買とインフラ

第5章 投資、ファイナンス、イノベーション

第6章 政策

6. 政策／戦略とターゲット

- 2022年9月以降に発行された水素ロードマップと戦略は、以下のとおりで、日本・韓国を除いて、生産量として設定（主要国のみ抜粋）
- 2030年までのターゲット（一部仮定含む）を世界全体で集計すると、低炭素水素製造：27-35Mt程度、産業界の低炭素水素利用割合：2.5-5%強、燃料電池車台数：110-120万台程度

国	内容	国	内容
エクアドル	• 3GWの水電解装置導入@2040	ベルギー	• 欧州における再生可能水素の輸入・輸送ハブ化、技術リーダーシップの拡大、強固な国内市場確立、国際協力の4本柱
インド	• 5Mtのグリーン水素生産、再エネ125GW追加導入@2030	ドイツ	• 水電解装置を10GW@2030 設置 • 1,800km以上のパイプラインで産業・交通セクターの天然ガス需要を転換
シンガポール	• 太平洋で水素・水素燃料のハブ化 • 水素発電で需要の50%を賄う@2050	日本	• 水素需要を3Mt@2030, 12Mt@2040, 20Mt@2050へと拡大 • 既存ガスパイプラインへの合成メタン混入を、ガス需要に対し1%@2030, 90%@2050と拡大 • 燃料電池車から特に鉄鋼や石油化学産業での利用に、用途をシフト
トルコ	• 水電解装置を2GW@2030, 5GW@2035, 70GW@2053 設置	韓国	• 水素・アンモニアによる発電量を2.1%@2030, 7.1%@2036と拡大 • クリーン水素認証メカニズムの枠組みを作成し、2023年末までに公開
UAE	• 再エネと原子力による電気分解、CCUSによる天然ガスとの混合により、水素を1.4Mt@2030, 7.5Mt@2040, 15Mt@2050		
USA	• クリーン水素を10Mt@2030, 20Mt@2040, 50Mt@2050 製造 • 目標は3年ごとの更新が法律で義務付け		
ウルグアイ	• 水電解装置を1-2GW@2030, 10GW@2040 設置		

6. 政策／戦略とターゲット

- 前シートでは水素量にW・t表記が混在していたところ、日本の目標と合わせて1GW=0.17Mtとt表記に統一すると、以下赤字のとおり（算定条件は参考シート参照）

国	内容
エクアドル	<ul style="list-style-type: none"> • 0.5Mtの水電解装置導入@2040
インド	<ul style="list-style-type: none"> • 5Mtのグリーン水素生産、再エネ 125GW追加導入@2030
シンガポール	<ul style="list-style-type: none"> • 太平洋で水素・水素燃料のハブ化 • 水素発電で需要の50%を賄う@2050
トルコ	<ul style="list-style-type: none"> • 水電解装置を0.3Mt@2030, 0.9Mt@2035, 12Mt@2053 設置
UAE	<ul style="list-style-type: none"> • 再エネと原子力による電気分解、CCUS による天然ガスとの混合により、水素 を1.4Mt@2030, 7.5Mt@2040, 15Mt@2050
USA	<ul style="list-style-type: none"> • クリーン水素を10Mt@2030, 20Mt@2040, 50Mt@2050 製造 • 目標は3年ごとの更新が法律で義務付け
ウルグアイ	<ul style="list-style-type: none"> • 水電解装置を0.2-0.3Mt@2030, 2Mt@2040 設置

国	内容
ベルギー	<ul style="list-style-type: none"> • 欧州における再生可能水素の輸入・輸送ハブ化、技術リーダーシップの拡大、強固な国内市場確立、国際協力の4本柱
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> • 水電解装置を2Mt@2030 設置 • 1,800km以上のパイプラインで産業・交通セクターの天然ガス需要を転換
日本	<ul style="list-style-type: none"> • 水素需要を3Mt@2030, 12Mt@2040, 20Mt@2050と拡大 • 既存ガスパイplineへの合成メタン混入を、ガス需要に対し1%@2030, 90%@2050と拡大 • 燃料電池車から特に鉄鋼や石油化学産業での利用に、用途をシフト
韓国	<ul style="list-style-type: none"> • 水素・アンモニアによる発電量を2.1%@2030, 7.1%@2036と拡大 • クリーン水素認証メカニズムの枠組みを作成し、2023年末までに公開

6. 政策／需要創出

■ 水素の需要創出は、化石燃料から水素への転換において重要であるにもかかわらず、その他アクションに比べて著しく遅れている。しかしながら、以下の取組みが進展を見せている

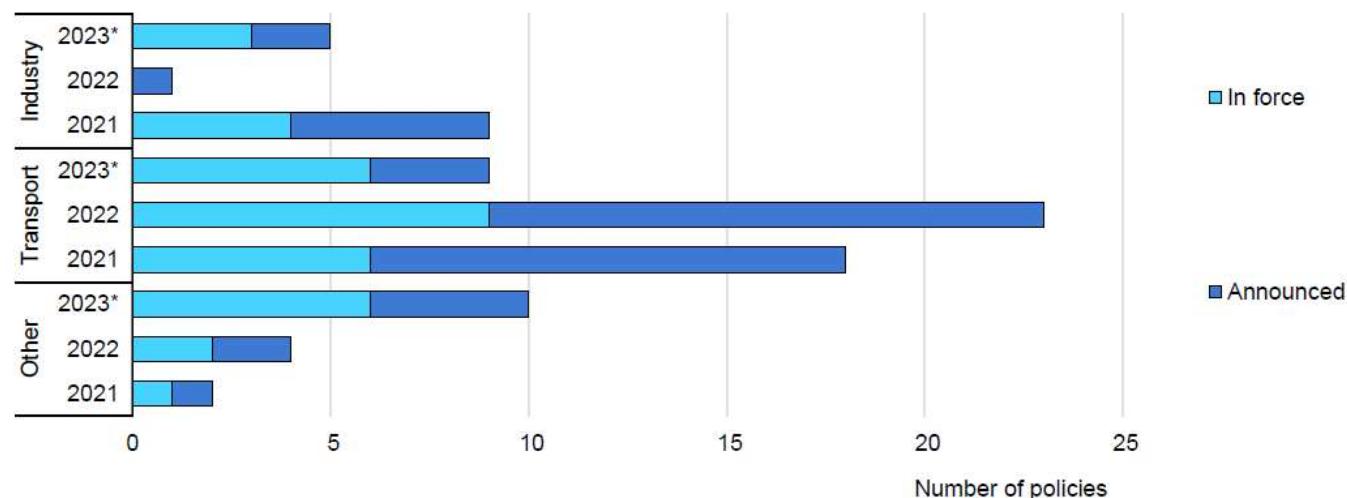
- 欧州委員会、理事会、議会の政治的合意：産業・運輸セクターにおける水素需要の義務的目標の設定を、加盟国に義務付け
- FuelEU 海事イニシアティブ：2031年までに海上燃料における非バイオ由来再生可能燃料の割合が1%に達してない場合、2034年からターゲットを2%に格上げする可能性（化石燃料を非バイオ由来再生可能燃料に転換という意味で、バイオ由来から非バイオ由来再生可能燃料へ転換ではない。バイオ由来は量的な制約があるため、非バイオ由来再生可能燃料に対して目標を定めているものと想定 訳者注記）

■ 需要創出の支援

- 今日の水素需要のほぼすべてを産業と精製が占めているにもかかわらず、これまで、燃料電池車の購入や水素補給ステーションの開発に対する補助金が大半を占めてきた
- 現在、カリフォルニア州の低炭素燃料基準が、精製における低炭素水素需要の促進を目標とした、唯一の政策である。EUが合意した、交通セクターにおける非バイオ由来再生可能燃料使用の強制目標へ、期待が集まる
- 発電での混焼・専焼では、政策行動は（化石燃料発電からの早期脱却が困難な 訳者挿入）東南アジアに集中しており、日本と韓国が主導している
 - 韓国：世界初の水素発電の入札市場を導入、2023年8月に落札者を発表
 - 日本：水素とアンモニアの混焼など低炭素技術の容量入札（長期脱炭素電源オークション 訳者注記）

6. 政策／需要創出

Figure 6.2 Number of policies to support hydrogen demand creation announced and entering in force by sector, 2021-2023



IEA. CC BY 4.0.

Notes: "Other" includes use in buildings, electricity generation and grid blending. 2023* = year to August 2023 only.

Policies for demand creation remain limited and highly concentrated in the transport sector.

6. 政策／投資リスクの低減

■ 投資リスク削減策としては、以下が挙げられる。

- 税制優遇：USAのインフレ抑制法案/IRA（2022年可決）では、水素および水素由来燃料の生産に対する税額控除が含まれる。その他に、カナダのクリーン水素投資税額控除/Clean Hydrogen Investment Tax Credit、エジプトの税金還付/tax rebatesがある
- 差額決済/CfD：イギリスのUK Low Carbon Hydrogen Business Model、ドイツのCarbon CfD（低炭素水素を使用してGHG排出量を削減）、日本のCfD（炭素価格基準を設けず、化石燃料価格と水素製造コストの差分を補填）などがある
- 水素製造向けの競争入札制度：インド、オランダ、デンマークなどでは、一定期間、水素製造に対して直接支払いを行う

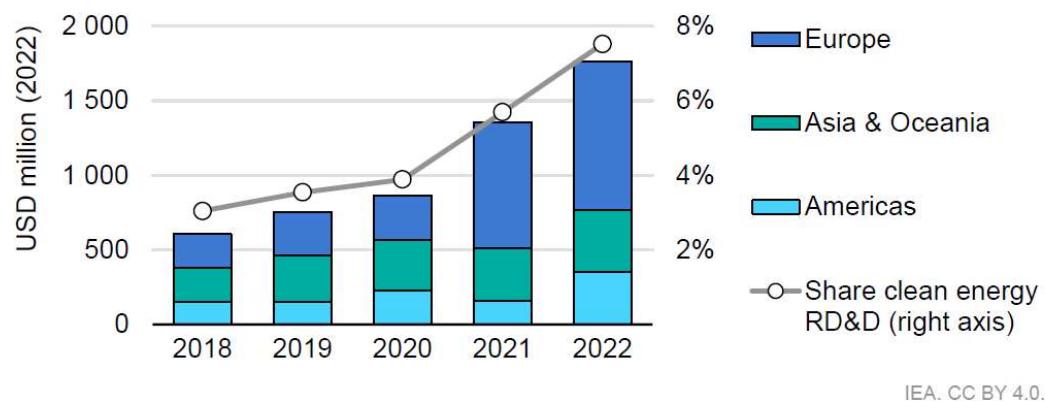
■ 水素技術の国産化を支援する産業政策

- 各国政府は、国内クリーンテックを産業戦略の中心に据えるようになり、投資の拡大やサプライチェーンの多様化に取り組んでいる
- これは、世界的なクリーンテック関連の重要鉱物の大半の加工・精製を、中国が握っていることを反映したものである

6. 政策／研究・開発・実証とナレッジ共有の推進

- 水素技術の研究・開発・実証（RD&D）への政策投資は2022年に大きく伸び、USAがリードしている
- 新たな実証プログラムの数は以前より減少しているが、最終用途として、特に水素が重要な役割を果たせる用途に焦点を当て始めている

Figure 6.3 Government RD&D spending for hydrogen technologies by region, 2018-2022



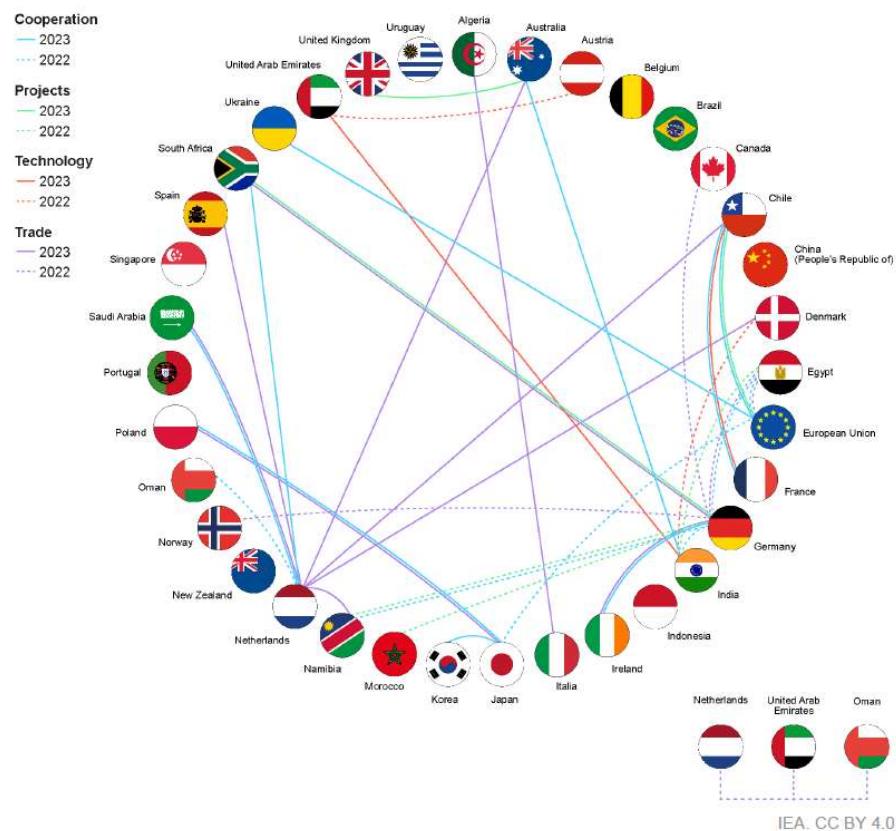
国	技術実証プロジェクト支援対象（抜粋）
豪州	・ 水素直接還元鉄製造
ベルギー	・ 水素輸入
デンマーク	・ e-SAF（国内線用）
ドイツ	・ 産業実証
韓国	・ アンモニア混焼実証 他
スペイン	・ CO2削減困難なセクター向けの水素地産地消の実証
イギリス	・ 船舶内・沿岸インフラの実証 ・ 炭素回収貯蔵 ・ 建設・採掘・採石現場での低炭素実証 ・ E2Eの産業用燃料の水素への切替実証
USA	・ 水素キャリア、車載貯蔵、液体水素と水電解膜電極アセンブリ向けの輸送と燃料供給 ・ クリーン水素の水電解、製造、リサイクル

6. 政策／研究・開発・実証とナレッジ共有の推進

■ 国際協力

- エネルギーセキュリティと供給の多様化の面から、水素に関する国際協力が強まっている
- 世界各国の間で31の水素に特化した二国間協力協定が署名されている

Figure 6.4 Co-operation agreements between governments on hydrogen since August 2022.



- クリーンエネルギー大臣水素イニシアティブ（2023年7月、インドのゴアにて）
 - 国際水素貿易フォーラムを設立するための共同宣言に、14か国が署名
- G7 気候・エネルギー・環境大臣コミュニケ
 - 国際規格や認証制度を含む世界市場の開発に関する取組みの強化、水素の安全な利用促進環境の構築について約束
- G20 エネルギートランジション大臣会合
 - 透明で強靭な世界水素市場に関する5つのハイレベル自主原則に合意
- COP27
 - 需要シグナルの強化、国際標準と関連認証スキーム開発のための協調プログラムに向け活動することに合意

6. 政策／標準、認証、規制

- 国際水素燃料電池パートナーシップによる、水素の生産、転換、輸送に関連するGHG排出量の算定の方法論は、ISOにより、2024年末までに国際規格ドラフトが発行される予定
- グローバル市場での取引には、規制の枠組みと認証の相互運用性が向上していることが不可欠
 - 2003年7月に、IEA水素技術協力プログラムは、認証の相互承認に向けた新たなタスクを開始
 - 認証の相互認証の必要性は、G20大臣会合、G7大臣コミュニケでも認識されたところ
- 水素及び水素燃料に関する規制の枠組みや認証制度は、以下のとおり、排出原単位や再エネ電気由来であることを指定している

国	基準
豪州	水素製造の排出量計算の方法論の適用のみ
カナダ	水素・アンモニア製造における排出原単位
EU	再エネ電気または低炭素系統電気由来であること
フランス	低炭素水素、再生可能水素製造の排出原単位
日本	水素製造の排出原単位
韓国	水素製造の排出原単位
インド	製造元再エネの排出原単位

国	基準
デンマーク	再エネ電気由来であること
イタリア	再エネ電気由来であること
オランダ	再エネ電気由来であること
スペイン	再エネ電気由来であること
イギリス	水素製造の排出原単位 製造元再エネの排出原単位
USA	排出原単位別で、投資税額控除支援のレベルが決まる

6. 政策／標準、認証、規制

■ 運用・安全基準

- 水素バリューチェーンの構築には、環境特性以外に、安全性、技術互換性、運用上の問題を扱う包括的な国際基準ポートフォリオが必要となる
- 欧州クリーン水素アライアンス：2023年3月に、水素標準化に関するロードマップを公表
- 欧州水素安全パネル：EUの水素および燃料電池プロジェクトにおける安全の計画と管理に関するガイドラインを更新
- SAE International（米国を拠点とする標準開発組織）：水素燃料供給プロトコルの報告書を2023年10月に発行予定
- 中国国家標準化委員会：水素製造、貯蔵、輸送、最終利用の安全性と運用面をカバーする標準ガイドラインを発表
- 水素リークの測定・報告・検証プロトコル、水素リークを検出し修復する基準については、目立った進展がない

■ インフラ、許認可等に関する規則

- オーストラリア政府：既存のガスパイプライン規制の枠組みを、水素やその他再生可能ガスにも拡大
- 欧州：関連3機関が2023年末までの交渉完了を目指している
- ベルギー：パイプライン網を通じた再生可能水素の輸送を規制する「水素法」を可決し、グリッドオペレーターの機能を導入した

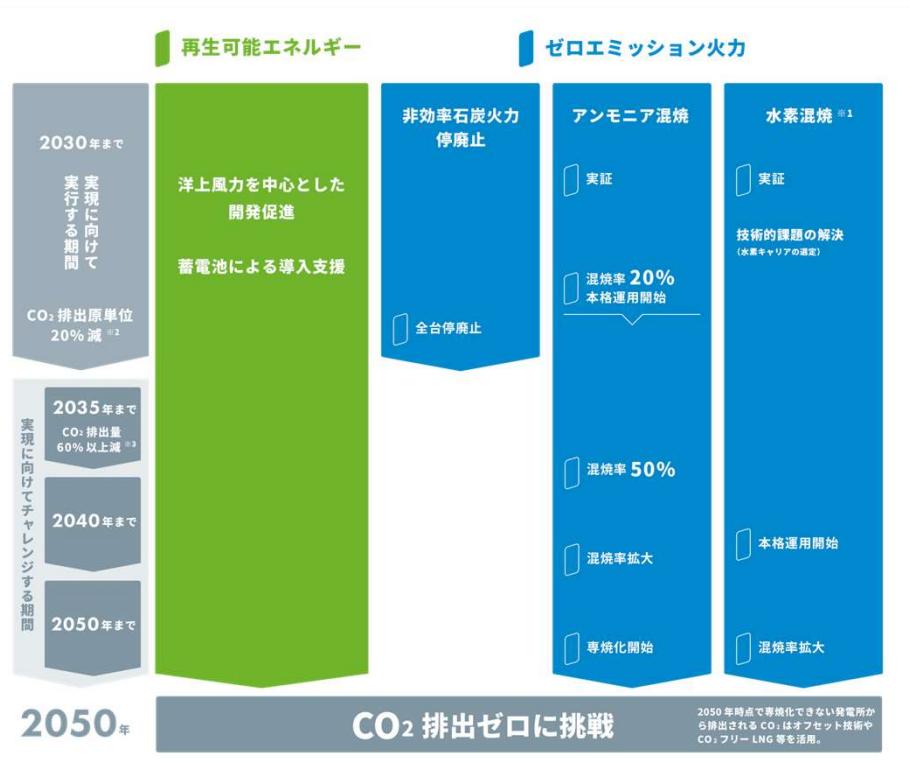
【参考】IEAのNZEシナリオ

- 本レポートで多々言及のあるNZEシナリオについては、以下を参照のこと
 - 原文 : <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
 - 日本語（by 環境省） : <https://www.env.go.jp/content/000137757.pdf>
- 2030NZEとは、2050NZEが最初にある前提での2030年版との位置づけ

【参考】日本の水素関連の数値（海外との比較用）

■ 第6次エネルギー基本計画

- 2030年電源構成において、水素・アンモニアが占める割合が1%（石炭火力へのアンモニア混焼やガス火力への水素混焼）



出典：JERAウェブサイト
JERAゼロエミッション2050実現に向けて ロードマップ
(2022年5月更新版)

碧南火力発電所でのアンモニア利用

- 愛知県碧南市にある国内最大の石炭火力発電所
- 新たにアンモニア高混焼バーナを開発し、同バーナを碧南火力発電所4号機または5号機に実装し、アンモニアの混焼率を50%以上に拡大させることを目指す
- 当社およびIHIはNEDOの助成を受け、2023年度に4号機で世界初となる20%の燃料アンモニアを利用する計画

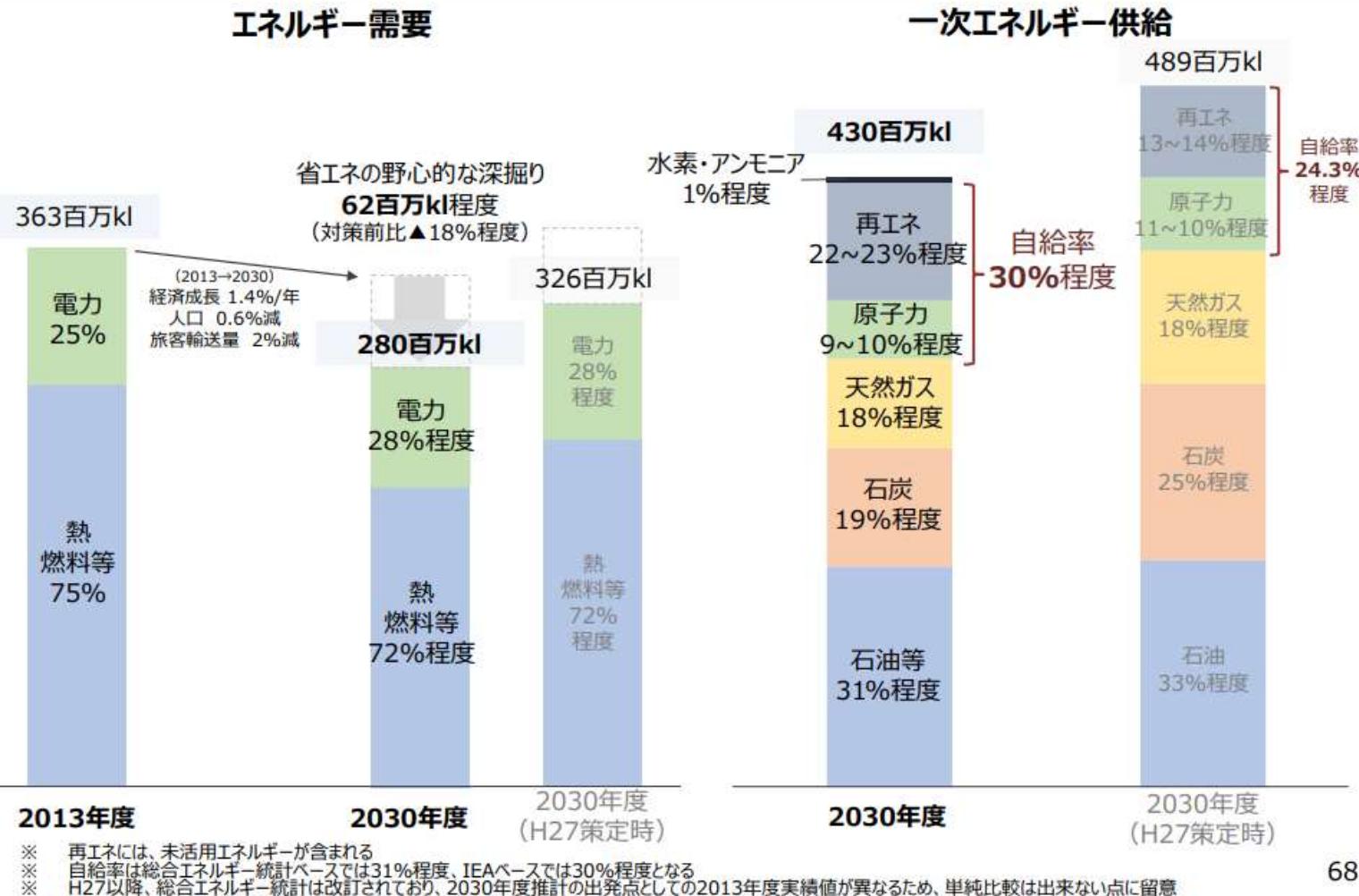
関連リンク
①碧南火力発電所におけるアンモニア混焼率向上技術の実証の採択について
②碧南火力発電所のアンモニア混焼実証事業における大規模混焼開始時期の前倒しについて



出典：JERAウェブサイト

【参考】日本の水素関連の数値（海外との比較用）

エネルギー需要・一次エネルギー供給



出典：第6次エネルギー基本戦略

【参考】日本の水素関連の数値（海外との比較用）

■ 第6次エネルギー基本計画・水素基本戦略

- 発電用途以外も含めた水素供給量：現状約200万t/年を、2030年300万t/年、2040年1,200万t/年、2050年2,000万t/年
- アンモニア供給量：2030年300万t/年（水素換算50万t/年）、2050年3,000万t/年
- 供給コスト（海上輸送含む）：2030年30円/Nm³、2050年20円/Nm³

■ 水素の単位換算

- W→Wh
 - 設備利用率90%、水電解装置変換効率70%と仮定
 - 1GWをGWhへ： $1\text{GW} \times 8,760\text{h/yr} \times 0.9 \times 0.7 = 5,519\text{GWh}$
- Wh→t
 - 1kgで120MJ(LHV)の発熱量 → $1\text{t} = 33,000\text{kWh}_{\text{th}}$
 - ✓ 水素の燃焼ガスは100°C以上で利用との仮定 ⇒ 潜熱の回収はできないため低位排熱量（LHV）を採用
 - ✓ kWhは電力量に使う単位につき、熱であることを示すため、thermalを付与
 - $1\text{GW} = 5,519\text{GWh} = 0.17\text{Mt}$

【参考】日本の水素関連の数値（海外との比較用）

■ 米倉山P2Gの製造量

- 水電解装置の機器スペック
 - $500\text{kW} \times 3\text{台} = 1,500\text{kWe}$
 - PEM型
- 製造量
 - $300\sim400\text{Nm}^3/\text{h} \Rightarrow 350\text{ Nm}^3/\text{h} \times 3\text{ kWhth/Nm}^3 = 1,050\text{ kWhth/h}$
 - $1,050 / 1,500 = 0.7 \Rightarrow \text{効率}70\%$

No.	Hydrogen property	Approx. 3digit	Round 8digit
1	HHV MJ/kg	142	142.18845
2	LHV MJ/kg	120	119.83349
3	Density kg/Nm3	0.0899	0.089882508
4	#1 x #3 = HHV MJ/Nm3	12.8	12.780254
5	#2 x #3 = LHV MJ/Nm3	10.8	10.770935
6	Unit conversion kWh/MJ	0.278	0.27777777
7	#4 x #6 = HHV kWh/Nm3	3.55	3.5500705
8	#5 x #6 = LHV kWh/Nm3	2.99	2.9919262

【参考】日本の長期脱炭素電源オークション

(参考) 長期脱炭素電源オークションの概要

- 近年、既存電源の退出・新規投資の停滞により供給力が低下し、電力需給のひっ迫や卸市場価格の高騰が発生。
- このため、脱炭素電源への新規投資を促進するべく、脱炭素電源への新規投資を対象とした入札制度（名称「長期脱炭素電源オークション」）を、2023年度から開始予定（初回の応札を2024年1月に実施）。
- 具体的には、脱炭素電源を対象に電源種混合の入札を実施し、落札電源には、固定費水準の容量収入を原則20年間得されることとすることで、巨額の初期投資の回収に対し、長期的な収入の予見可能性を付与する。

出典：第81回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会
電力・ガス基本政策小委員会 制度検討作業部会 資料7

