

資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部新エネルギーシステム課 御中

令和4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
(多国間枠組における水素エネルギーに関する国際動向調査)
調査報告書 <公表用>

2023年3月 (株)テクノバ

水素は、カーボンニュートラルに必要な不可欠な資源であり、燃料または原料として、運輸・発電・産業など多様な分野の脱炭素化を可能とする。2021年10月に閣議決定された「第6次エネルギー基本計画」では新たな温室効果ガス排出削減目標の実現に向けたエネルギー政策の道筋を示し、水素は新たな資源として明確に位置づけられ、社会実装を加速させていくとしている。

世界でも、多くの国・地域が水素に関する取組を強化している。2017年に日本が世界に先がけて水素基本戦略を策定したが、EUやドイツ、オランダ、豪州など多くの国で、2020年以降、急速に水素の国家戦略が策定されている。

各国・地域が経済対策などで水素分野の支援を強化する中、2018年より毎年開催している水素閣僚会議では日本が大規模需要の創出や国際サプライチェーンの構築を主導する姿勢を明確にした。他方で、国際エネルギー機関（IEA）、国際水素・燃料電池パートナーシップ（IPHE）、グリーンエネルギー大臣会合（CEM）、Mission Innovation（MI）、QUAD（日米豪印首脳会合）等においても、水素分野についてのセッションが設置され、多国間枠組における水素の社会実装に向けた国際的な政策動向等の議論が広がりを見せている。

特に、CO₂フリーや低炭素といった定義づけや水素を製造した際のCO₂排出量の評価に関する議論が活発化してきている。IPHEからはグリーン水素の定義を決定する際に必要な各エネルギー源から水素を製造した際のCO₂排出量の測定方法に関する提案が報告されており、欧州については、様々な取組でグリーン水素の定義付けを行うべく積極的に検討を実施し、特にグリーン投資を判断する基準として用いられる欧州タクソノミーにおいても、グリーン水素の定義が2021年4月に決定されている。水素に包含される環境価値を国際的に共通の指標で適切に評価し、国際水素市場の流動性・透明性を高めることは重要であり、国際動向や各国の政策動向等を正確に把握し、国内の制度等の整合性を確保したうえで、他国間枠組みにおける議論を進めていくことが必要である。

こうした動きを踏まえ、本事業では多国間枠組みでの水素利活用促進のための国際的な議論に積極的に関与し、各国政府との関係を強化するとともに、国際動向についての調査・情報収集を行い、今後の我が国による水素利活用に向けた政策のビジネスの活用方法について分析することを目的とする。

- (1) 多国間枠組の活動への参加を通じた情報収集**
- (2) 多国間枠組が発刊するレポート等の要約**
- (3) 多国間枠組における議論の現状評価と今後の活用方法に関する
報告書・提言の作成**

（１） 多国間枠組の活動への参加 を通じた情報収集

IPHEに関して

国際水素・燃料電池パートナーシップ（International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy : IPHE）は、水素・燃料電池に係る技術開発、基準・標準化、政策情報交換等を促進するための国際協力枠組みの構築を目指して、2003年に米国が提唱して結成された。日本は設立時からの加盟国であり、2003年11月に行われた設立総会（閣僚級会合）には、中川昭一経産大臣（当時）の代理として日下一正資源エネルギー庁長官（当時）が出席し、設立文書に署名している。

初期加盟国：

オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、欧州委員会、フランス、ドイツ、アイスランド、インド、イタリア、日本、ニュージーランド、ノルウェー、韓国、ロシア、英国、米国

2013年以降の加盟国：

南ア（2010年）、オーストラリア（2014年）、オランダ（2016年）、
、チリ（2020年）、スイス（2020年）、UAE（2022）

2013年以降の脱退国：

ニュージーランド（2013年） ※ 担当者の死去に伴い脱退

メンバーシップはく奪：

ロシア（2022年）



2003年11月のIPHE枠組文書調印式

なお当初の名称は「水素経済のための国際パートナーシップ（International Partnership for the Hydrogen Economy）」であったが、2009年12月に名称を「水素燃料電池国際パートナーシップ」に変更した。

当初は10年の期限付き（2003年11月～2012年11月）であったが、2012年5月の運営委員会でさらに10年延長（2013～2022年）が決定している。

加盟条件は、国家として明確な水素燃料電池政策を策定していることであり、既存加盟国の合意をもって参加が認められる。

議長国・事務局

年	議長国	事務局
2003～2006	米国（DOE）	米国（DOE）がホスト
2007～2008	カナダ（天然資源省、産業省）	カナダ（天然資源省、産業省）がホスト
2009～2012	ドイツ（交通デジタルインフラ省）	ドイツ（交通デジタルインフラ省）がホスト
2013～2014	日本（NEDO）	日本・米国・ドイツの共同ホスト
2015～2017	フランス（CEA）	常設事務局（事務局長 Tim Karlsson）
2018～2019	米国（DOE）	常設事務局（事務局長 Tim Karlsson）
2020～2022	オランダ（経済・気候政策省）	常設事務局（事務局長 Tim Karlsson）
2023～	南ア（科学技術省）	常設事務局（事務局長 Laurent Antoni）

組織：

運営委員会（SC：Steering Committee）は毎年2回開催されている（春、秋で日程は不定）
現状でIPHEには、2つのワーキンググループ（常設）と、1つのタスクフォース（アドホック）が設置されている

- Regulations, Codes and Standards, and Safety Working Group：
IPHEの常設ワーキンググループの一つで、水素分野の共通の規制・基準・標準・安全（RCS&S）に関わる活動を行う
- Education and Outreach Working Group：
IPHEの常設ワーキンググループの一つで、教育・アウトリーチ活動を行う
- Hydrogen Production Analysis Task Force：
2020年1月に設立された作業グループで、水素製造に関するGHG排出量を算出する方法論を開発し、関係機関に展開することを目的とする

（２） 多国間枠組が発刊する レポート等の要約

「Breakthrough Agenda Report」の Hydrogen Breakthrough (2022年9月発表、COP27で広く公開)

「Breakthrough Agenda Report」の Hydrogen Breakthrough（2022年9月発表、COP27で広く公開）

TECHNOVA

・ IEA、IRENA等が「Breakthrough Agenda Report」を発表

Hydrogen Breakthrough

2030年までに再エネ・低炭素で安価な水素を入手可能にする

キーマッセージ

- 今日のエネルギーシステムでは水素の役割は小さく、殆どは化石燃料由来。
- 再エネ水素/低炭素水素は、既存の化石燃料由来水素を代替し、脱炭素化が困難な分野で重要な役割を果たす。
- 現在の再エネ・低炭素水素は年間100万トン未満であるが、**2030年には年間1.4～1.55億トンの再エネ水素/低炭素水素が必要。**
そのため、**2023～2030年には水素製造能力を毎年倍増**することが必要。
- 技術課題の克服のため、共通基準、更なる規模で継続的な研究開発投資、化石燃料由来水素を再エネ・低炭素水素に代替するコミットメント等が必要。
- 再エネ・低炭素水素に対する国際連携は、特に過去3～5年で大幅に増加。
- 2030年のブレークスルー目標達成には、今後1～2年間に以下の国際アクションが必要。
 - 再エネ水素/低炭素水素の需要創出に対するコミットメント**と公平な国際貿易
 - 再エネ水素/低炭素水素の国際規格・認証スキーム**への合意
 - 水素のR&Dと実証プロジェクトの大幅強化**と最終用途への適用
 - 途上国における水素プロジェクトの支援**（資金提供国や国際開発金融機関）



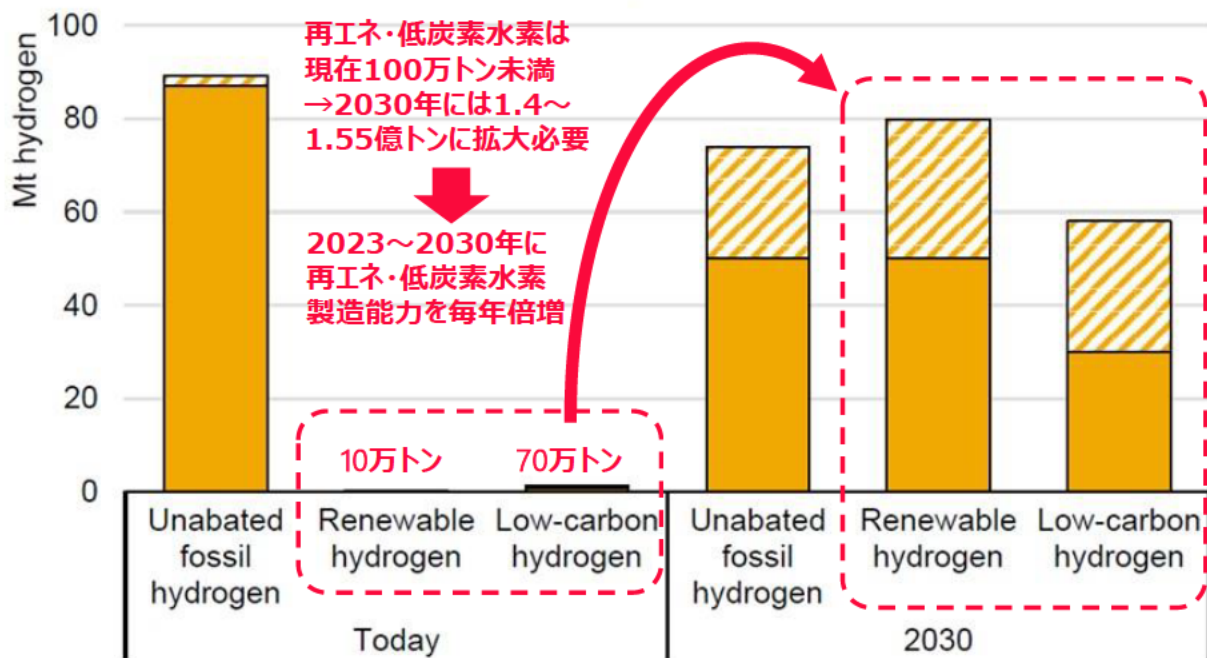
出所：IEA、IRENA、UN CLIMATE CHANGE HIGH-LEVEL CHAMPIONS「THE BREAKTHROUGH AGENDA REPORT」（2022年9月）

<https://climatechampions.unfccc.int/wp-content/uploads/2022/09/THE-BREAKTHROUGH-AGENDA-REPORT-2022.pdf>

「Breakthrough Agenda Report」の Hydrogen Breakthrough（2022年9月発表、COP27で広く公開）

水素供給：2020年→2030年（1.5℃目標達成）のパス

Figure 3.1 Supply of unabated fossil, low-carbon and renewable hydrogen, 2020 and in 2030 in 1.5°C-compatible pathways



Note: Shaded bars represent the range of supply across various scenarios.

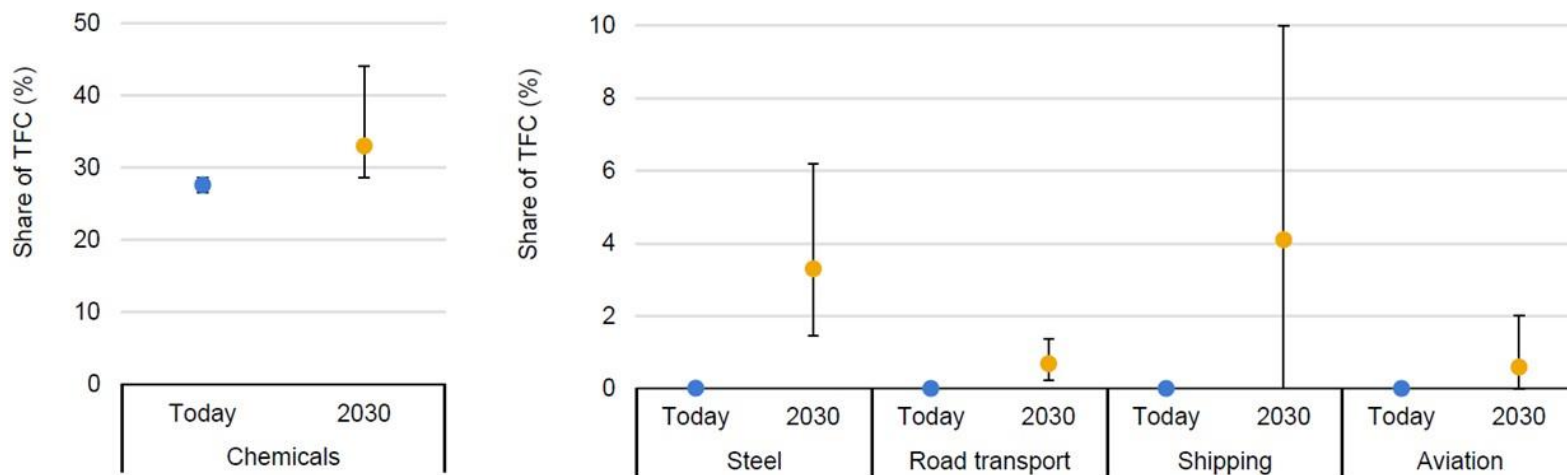
Sources: IEA, 2021b; BNEF, 2021; IRENA, 2022a; and BP, 2022.

「Breakthrough Agenda Report」の Hydrogen Breakthrough（2022年9月発表、COP27で広く公開）

TECHNOVA

特定分野の最終エネルギー消費（total final energy consumption）における水素割合：
2020年→2030年（1.5℃目標達成）のパス

Figure 3.2 Share of total final energy consumption in selected sectors met by hydrogen today and in 2030 in 1.5°C-compatible pathways



Notes: Shipping and aviation include hydrogen derivatives. Hydrogen used for direct reduction of iron with natural gas is excluded.

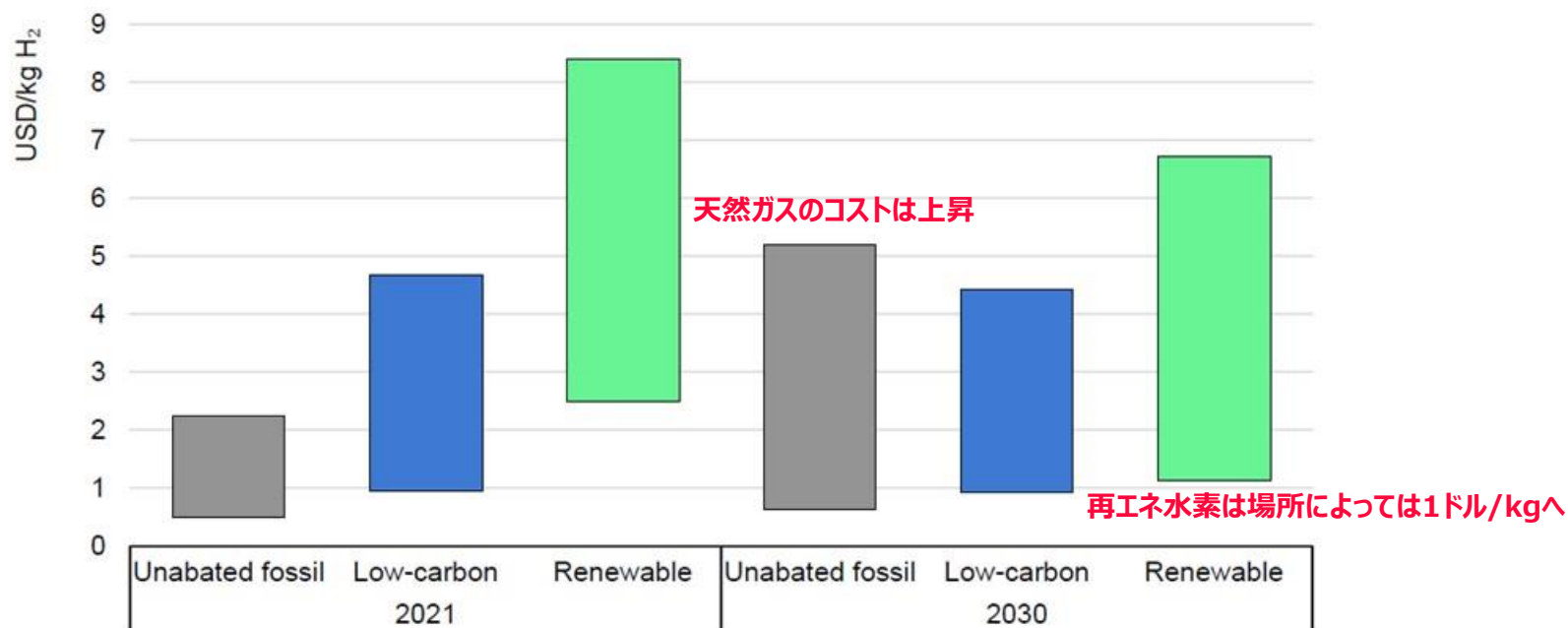
Sources: IRENA, 2022a; BP, 2022; IEA, 2021b; and BNEF, 2021.

「Breakthrough Agenda Report」の Hydrogen Breakthrough（2022年9月発表、COP27で広く公開）

TECHNOVA

水素均等化原価：2021→2030

Figure 3.3 Levelised cost of hydrogen production by technology in 2021 and 2030



Notes: All references were published before gas prices started to rise as a consequence of the current energy crisis. Based on gas prices of USD 200/MWh (vs historical averages of USD 15-20/MWh in Europe), the levelised cost of unabated fossil hydrogen could reach up to USD 10/kg H₂.

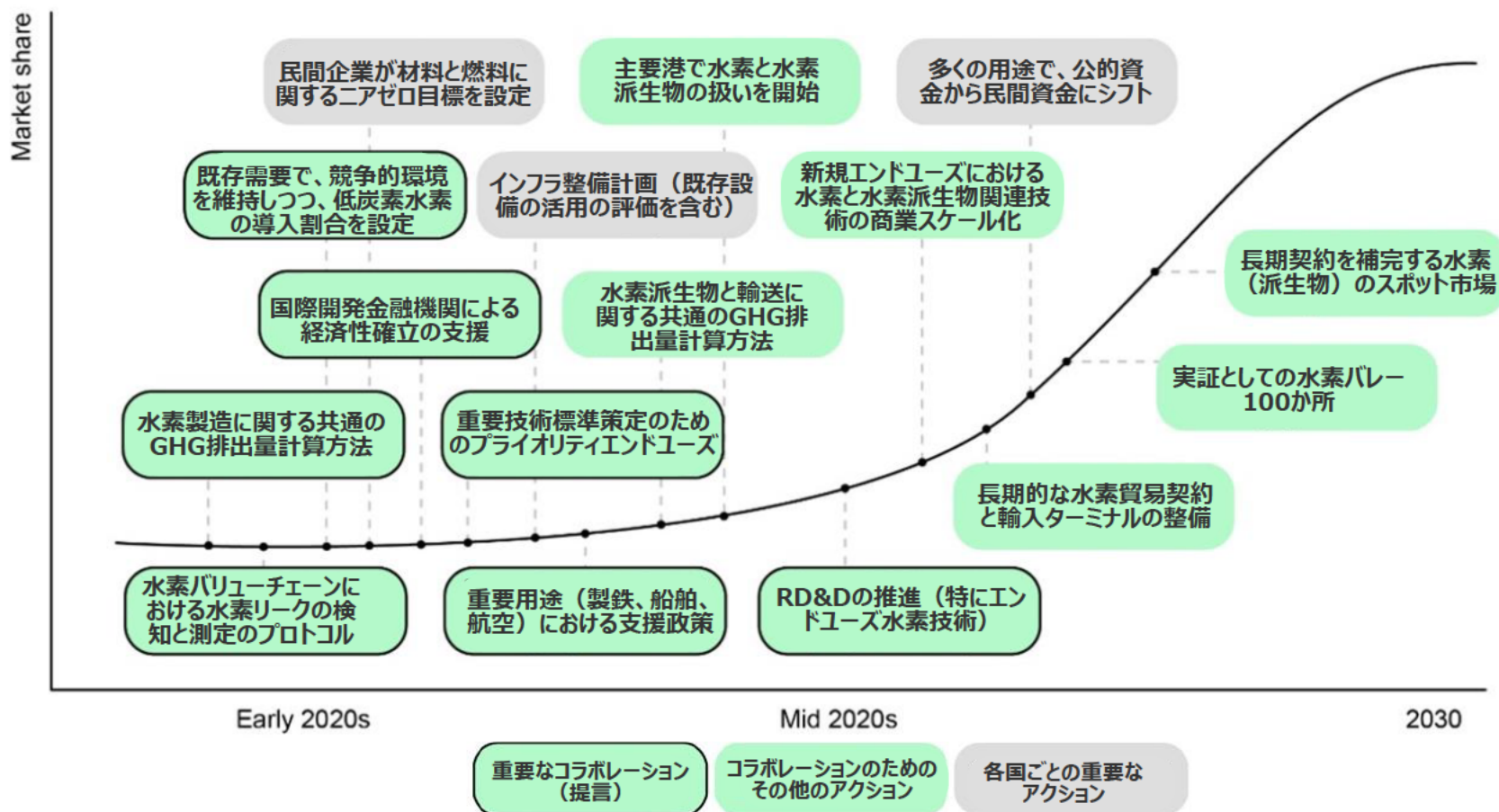
Sources : IRENA 2022c; IEA, 2021a; ETC, 2021; IRENA, 2020; and BNEF, 2020.

「Breakthrough Agenda Report」の Hydrogen Breakthrough（2022年9月発表、COP27で広く公開）

TECHNOVA

低炭素・再エネ水素とその派生物に関する2030年までの重要パス

Figure 3.4 Critical path to 2030 for low-carbon and renewable hydrogen and derivative:



出所：IEA、IRENA、UN CLIMATE CHANGE HIGH-LEVEL CHAMPIONS「THE BREAKTHROUGH AGENDA REPORT」（2022年9月）

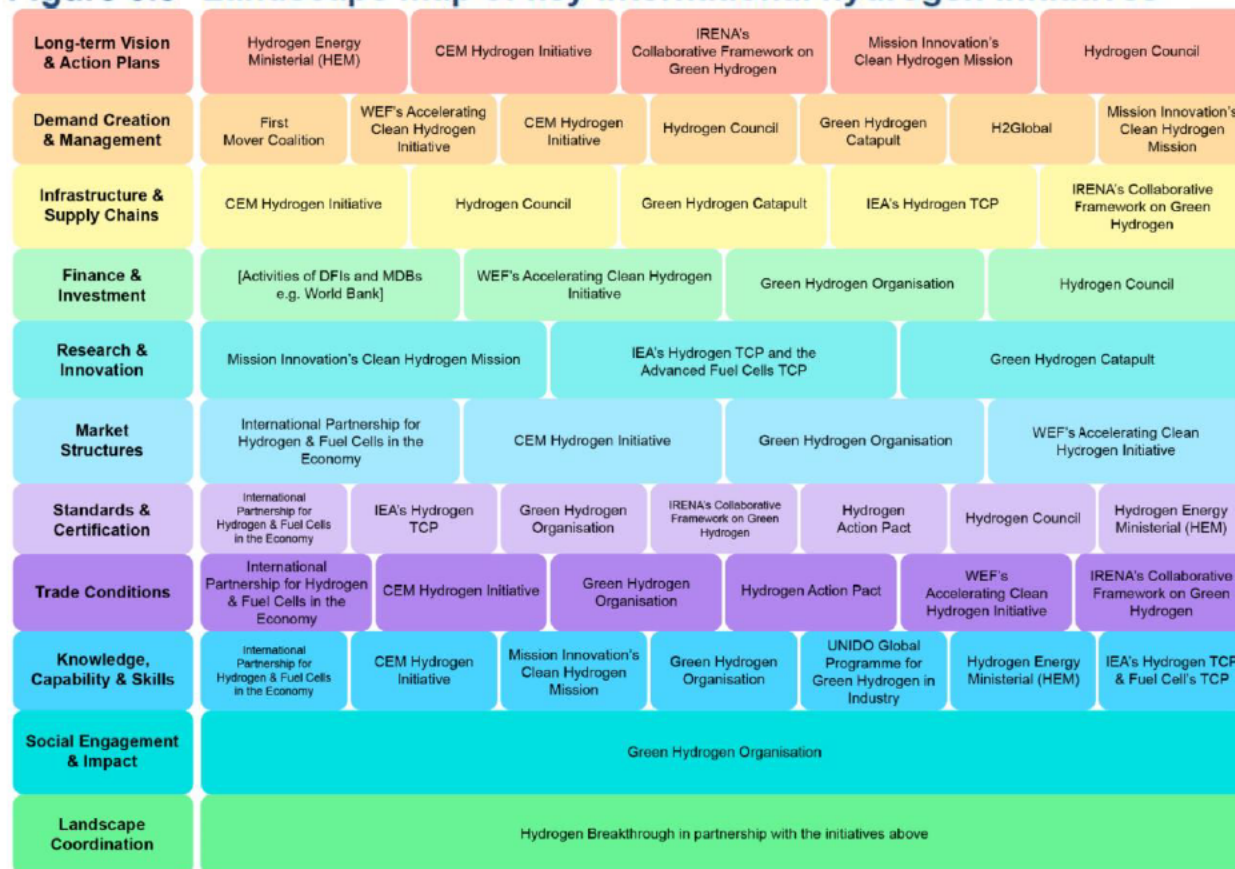
<https://climatechampions.unfccc.int/wp-content/uploads/2022/09/THE-BREAKTHROUGH-AGENDA-REPORT-2022.pdf>

March 2023 / © TECHNOVA .INC All Rights Reserved.

「Breakthrough Agenda Report」の Hydrogen Breakthrough（2022年9月発表、COP27で広く公開）

主要な水素の国際イニシアティブのマッピング

Figure 3.5 Landscape map of key international hydrogen initiatives



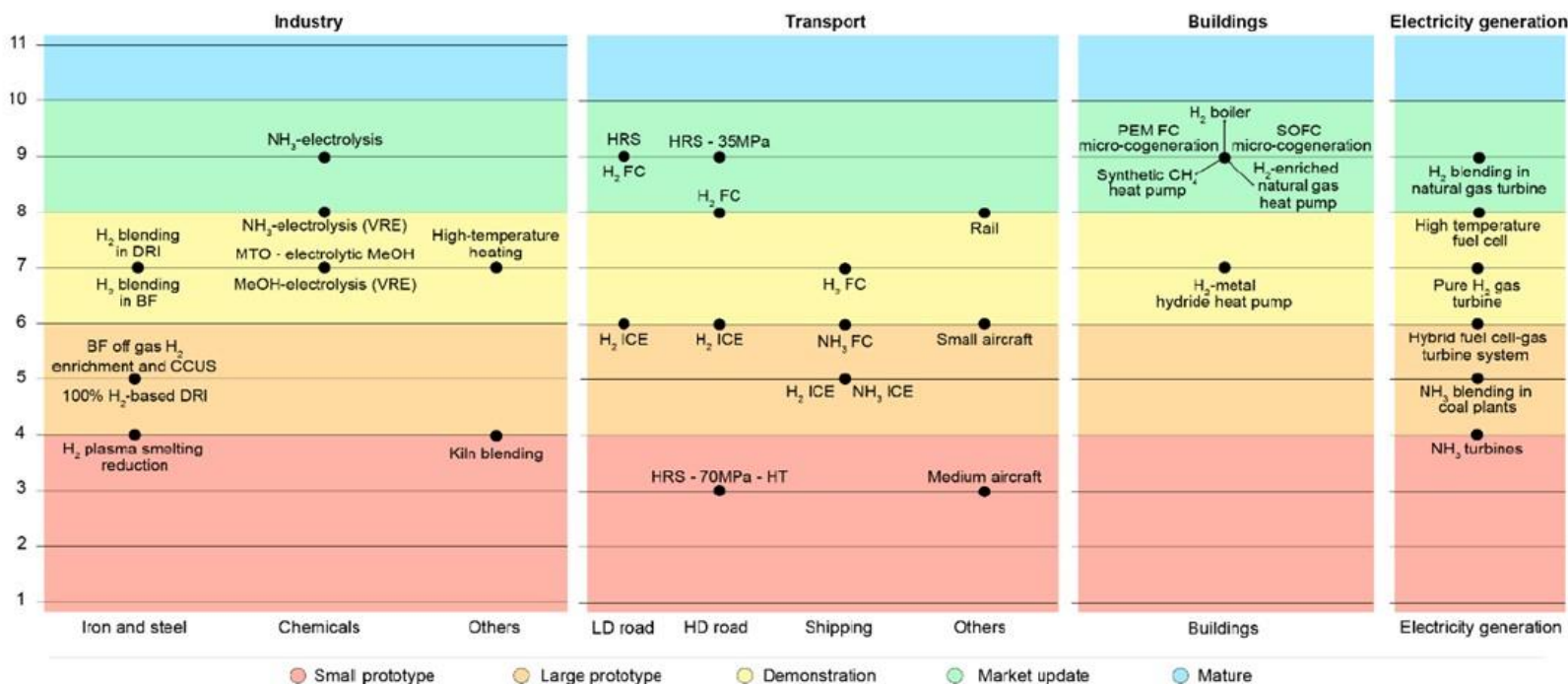
Note: The diagram summarises the roles of many public and private sector initiatives in this sector. Initiatives have been included if they have a global scope, with active members from multiple regions of the world, and have at least one significant work programme specifically focused on accelerating emissions reduction in this sector. The list is not exhaustive and will be updated over time.

出所：IEA、IRENA、UN CLIMATE CHANGE HIGH-LEVEL CHAMPIONS「THE BREAKTHROUGH AGENDA REPORT」（2022年9月）
<https://climatechampions.unfccc.int/wp-content/uploads/2022/09/THE-BREAKTHROUGH-AGENDA-REPORT-2022.pdf>

「Breakthrough Agenda Report」の Hydrogen Breakthrough（2022年9月発表、COP27で広く公開）

主要な水素と水素派生物のエンドユーズのTRL

Figure 3.6 Technology readiness levels of key hydrogen and hydrogen-derivatives end-use technologies



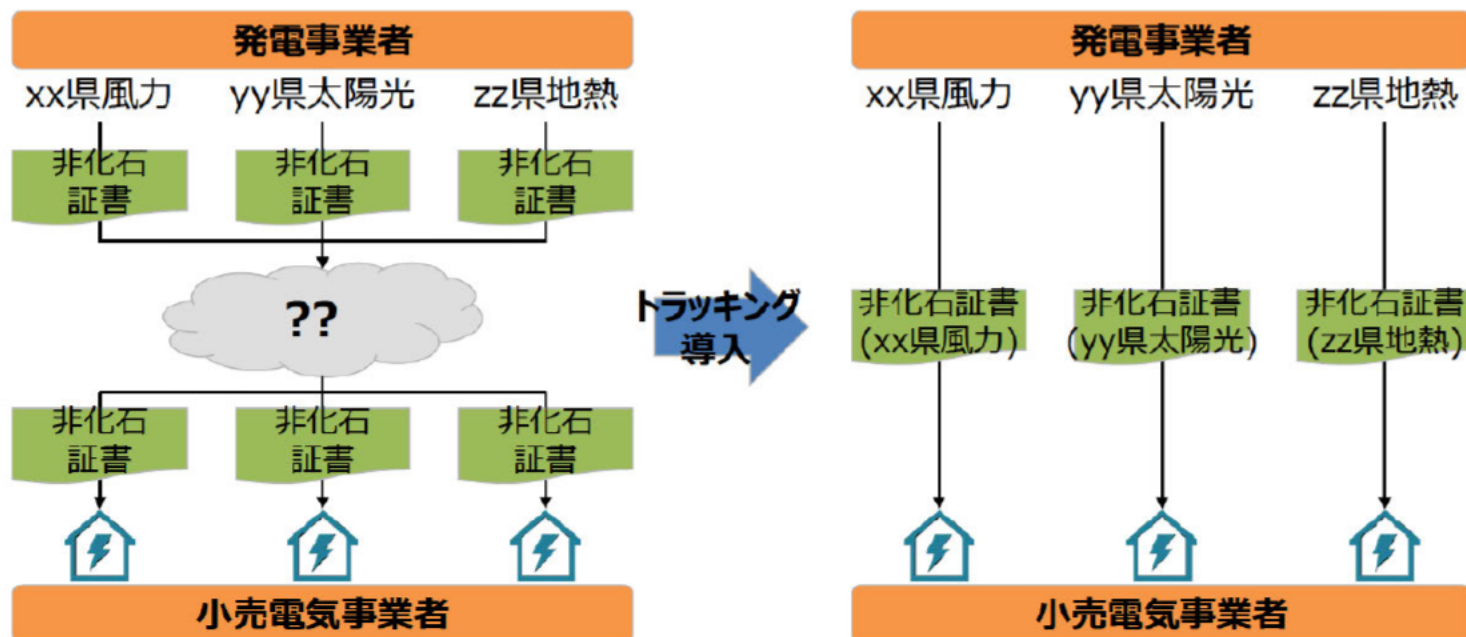
Notes: BF = blast furnace. DRI = direct iron reduction. FC = fuel cell. HRS = hydrogen refuelling station. HD = heavy-duty. HT = high throughput. ICE = internal combustion engine. LD = light-duty. MeOH = methanol. MTO = methanol to olefins. PEM FC = polymer electrolyte membrane fuel cell. SOFC = solid oxide fuel cell. VRE = variable renewable electricity. Cogeneration refers to the combined production of heat and power. TRL classification based on Clean Energy Innovation (2020), p. 67.

最近の水素認証に関わる動き (OECD Webinar資料を中心に)

- 単なる非化石性だけでなく、「トラッキング付き」がRE100には必要

トラッキング付非化石証書販売の趣旨・目的

- 小売電気事業者において購入したFIT非化石証書の由来となった発電所を明らかにします。
- トラッキング付非化石証書については、需要家のRE100に対する報告に活用できます。



出所：資源エネルギー庁「トラッキング付非化石証書の販売にかかる事業者向け説明資料」（2020年4月1日）

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/nonfossil/2019-4-tracking/20200401_manual.pdf

【確認】 CertifHy : 目標 (Book&Claimシステム) TECHNOVA

- 水素の属性を分離し、Book&Claimシステムを導入



【確認】オーストラリアの水素GO制度提案

Product GO

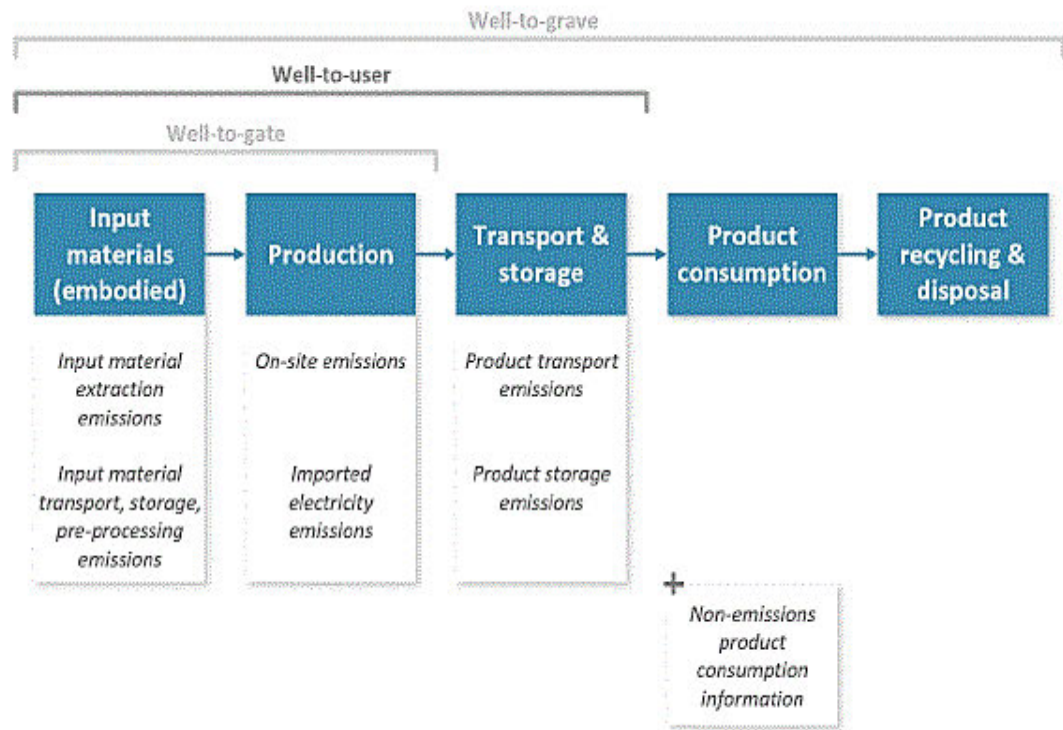
- Product GOは、Scope 1～3の排出を含む（Scope 3の上流と下流を含む）
- システムバウンダリは消費まで
- 生産設備等のCAPEXからの排出量は含まない
- GHG排出量の適格性は、それを計算する方法論があることが唯一の要件

Scope

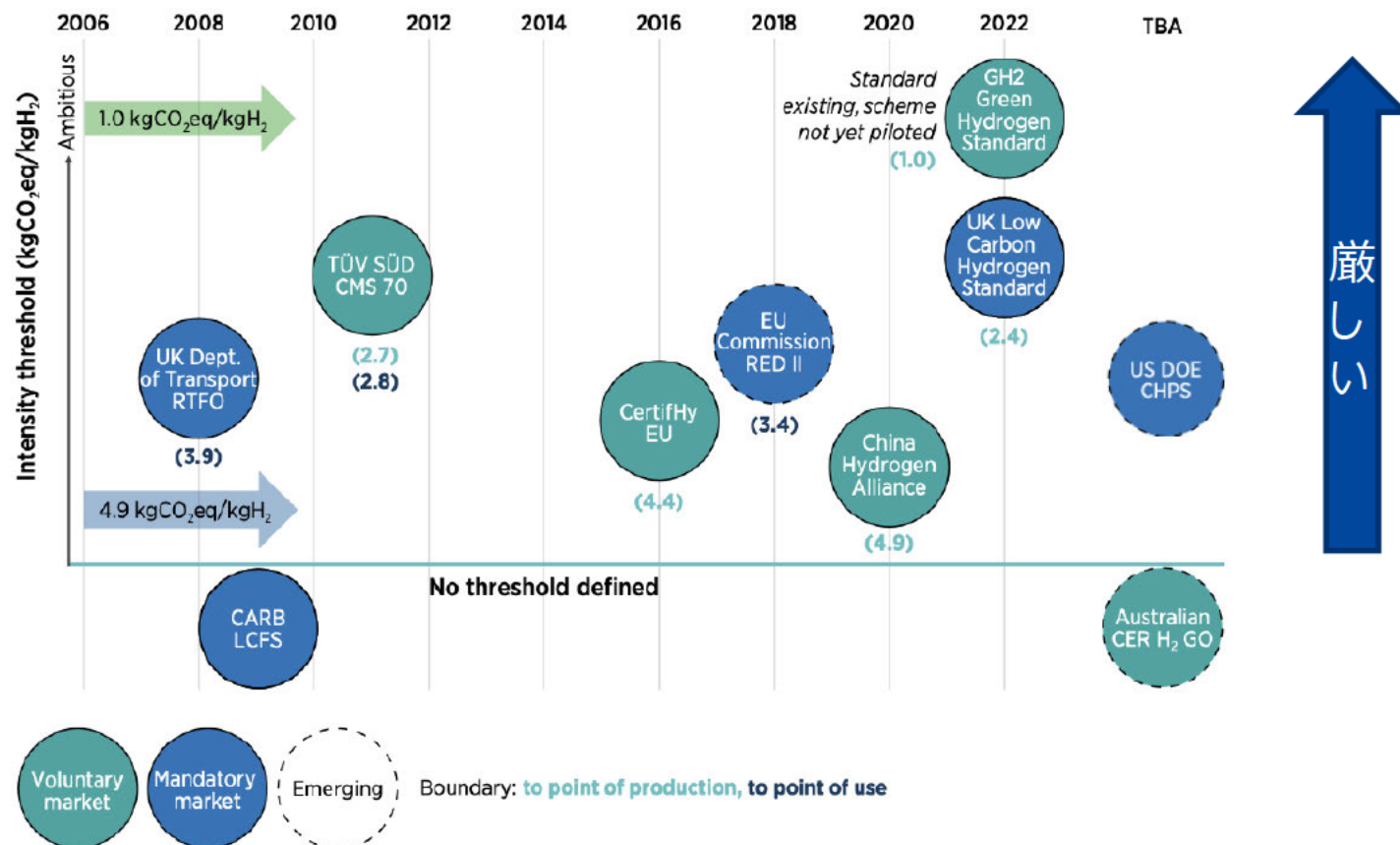
- Emissions intensity incorporates emissions across the supply chain
- Product GOs are product-based not facility/company level
- Broad range of information available on GO – not just emissions intensity e.g. water source

Eligibility

- Eligible to participate if there is a suitable production methodology

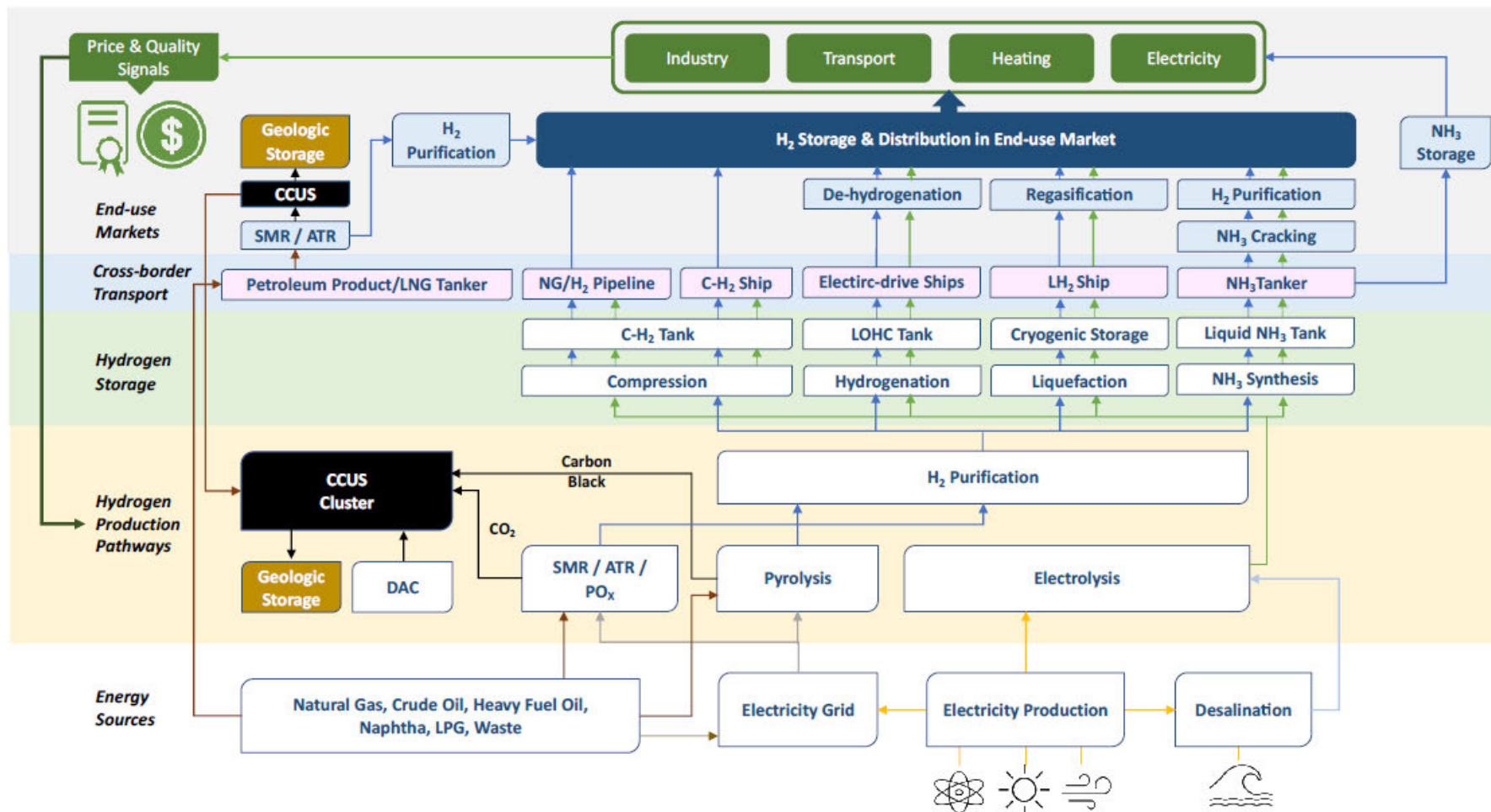


すでに複数の認証制度が乱立している



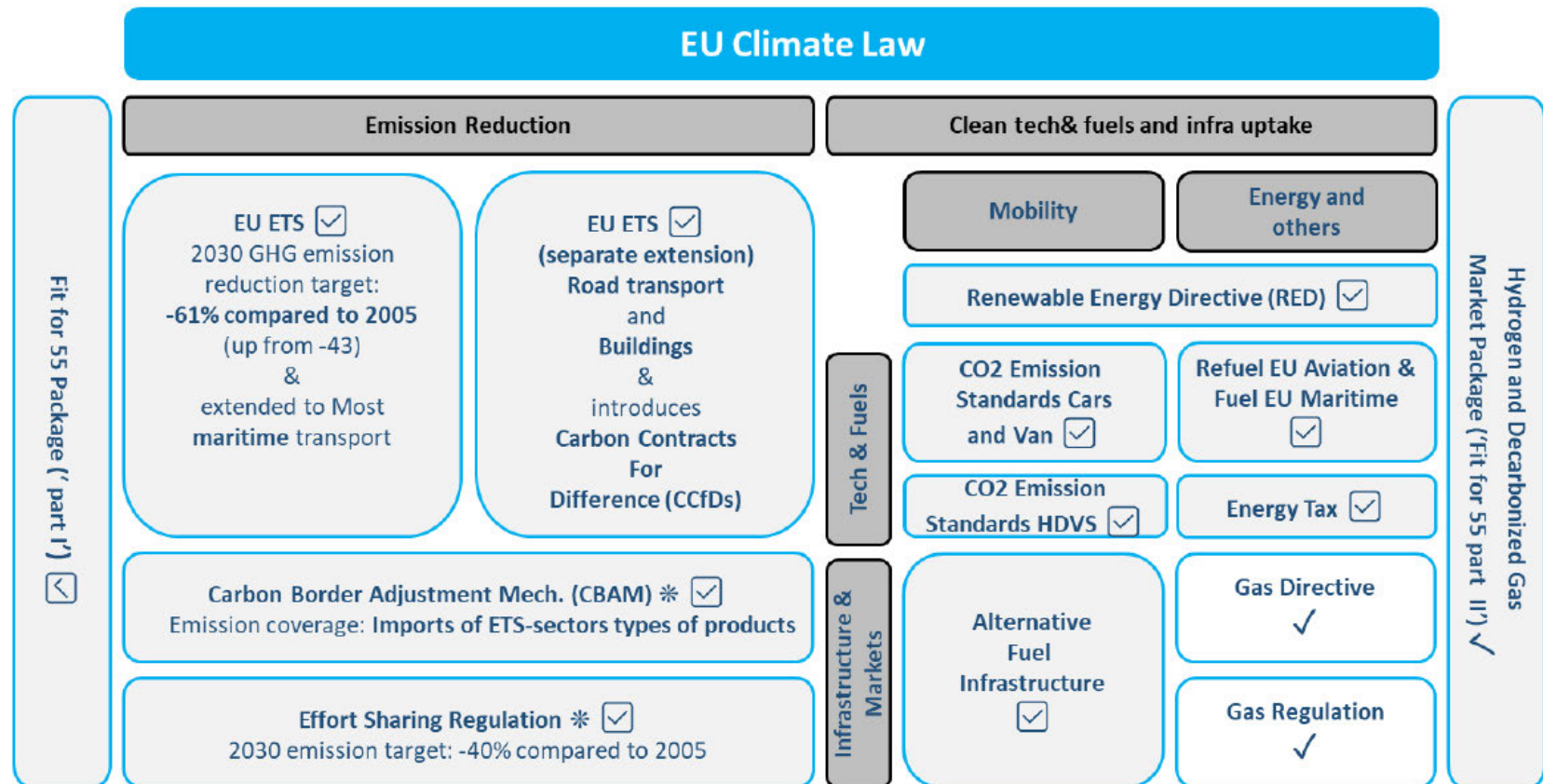
Timeline of emerging and existing voluntary schemes and regulatory mechanisms (RMI/IRENA)

・ 水素システムは電力に比べて非常に複雑



出所 : Certification for facilitating international trade of green hydrogen, 31 January 2023, OECD, Paris
<https://www.youtube.com/watch?v= HKfjs-ZSH4>

- 欧州内でも複数の制度が乱立している→水素に関する整理が必要



Source: Jan Braun, Ad van Wijk, and Kirsten Westphal

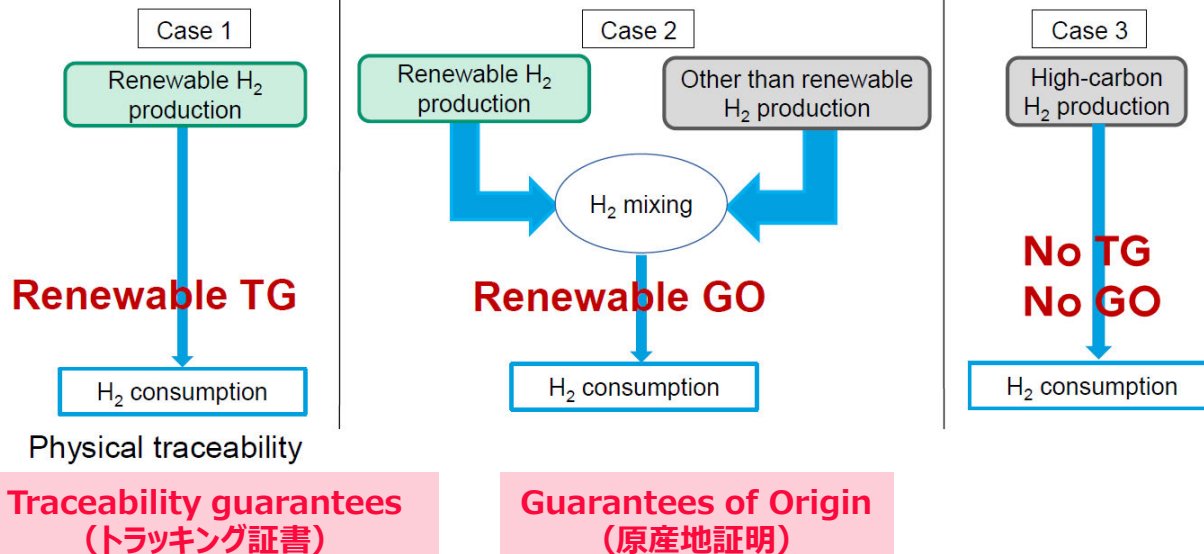
Not just hydrogen, also electricity now under CBAM and REDII/REDIII! Think about the UK!

・ トランキングと原産地証明は目的と制度が異なる

トランキング証書（認証）	原産地証書（証明）
- 単なるサプライチェーンの事実の記述（技術は問わない） - サプライチェーン全体における製品および所有権に関する情報を記載	- 技術、立地、水の使用、CO2含有量、地域社会など、満たすべき基準を定義 - トラッキング証明書に貼付することができる

フランスの 制度設計

Renewable hydrogen TG and GO



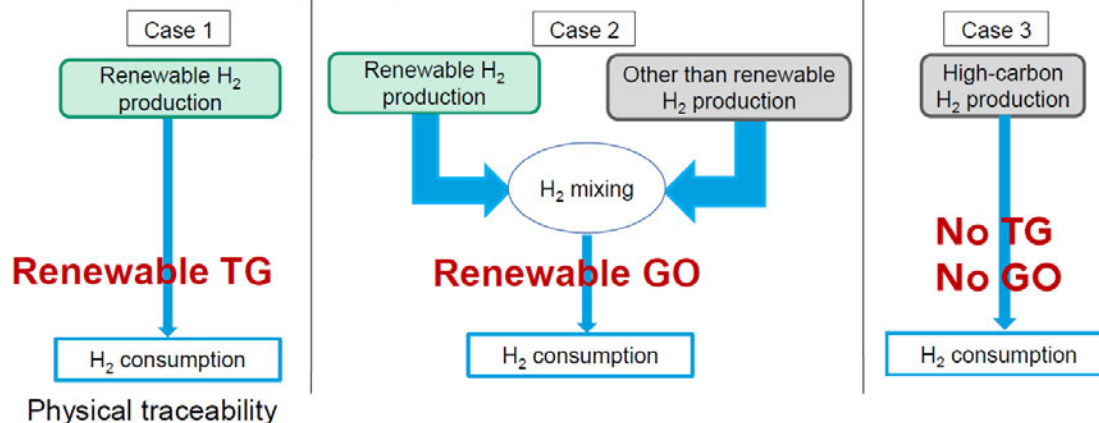
・ 再エネ水素と低炭素水素で、トラッキング（Traceability guarantees）

- ・ 再エネ水素
- ・ 低炭素水素
- ・ （高炭素水素）

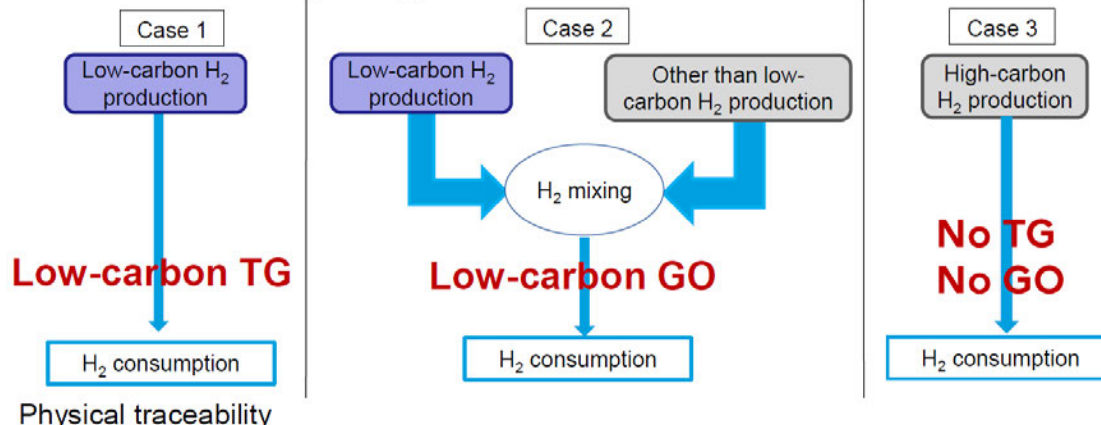


- ・ Traceability guarantees（トラッキング証書）
- ・ Guarantees of Origin（原産地証明）

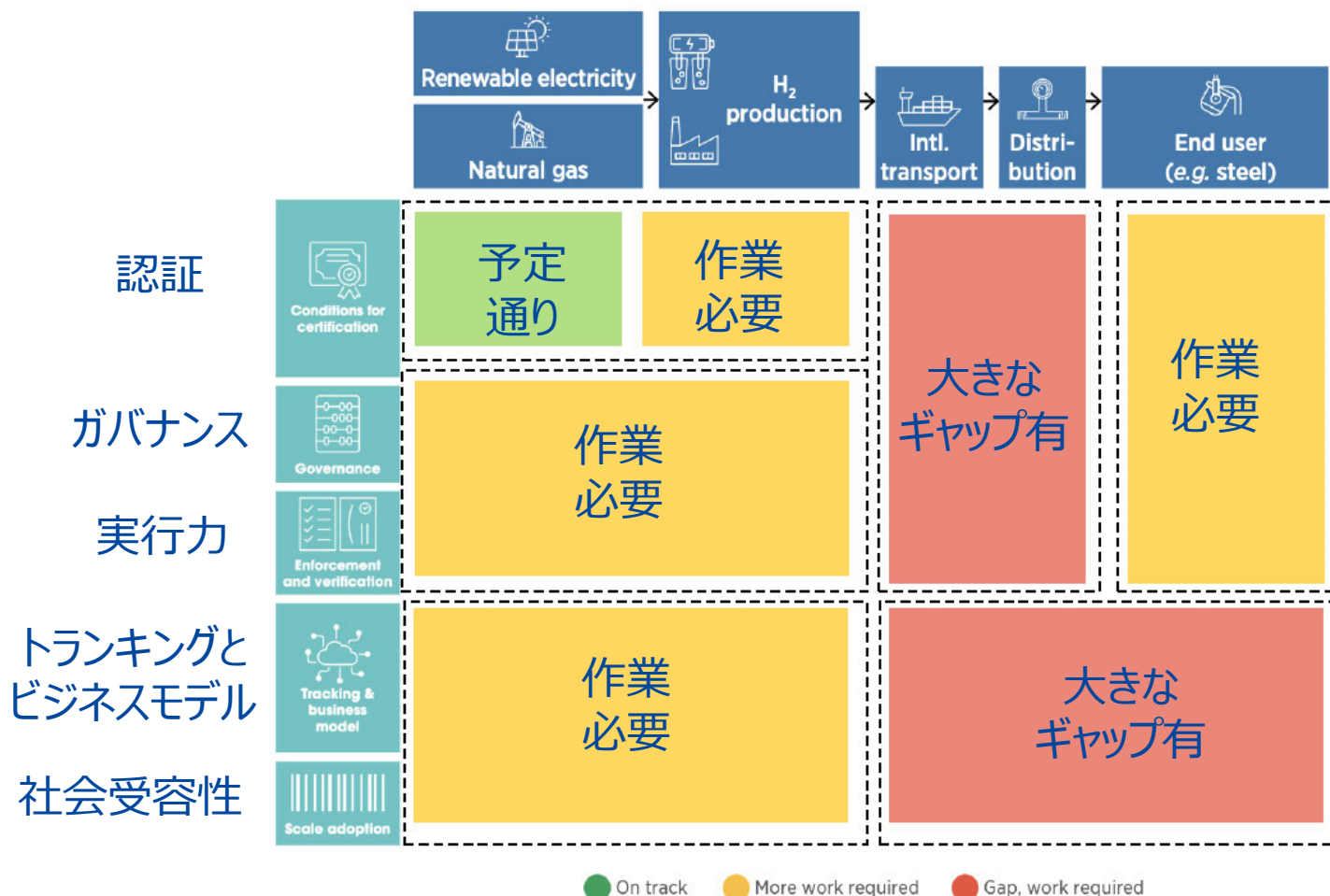
Renewable hydrogen TG and GO



Low-carbon hydrogen TG and GO



- 水素サプライチェーン全体で設計する必要あり



出所 : Certification for facilitating international trade of green hydrogen, 31 January 2023, OECD, Paris
<https://www.youtube.com/watch?v=HKfjs-ZSH4>

米国：バイデン政権における水素イニシアティブ (全体)

グリーン水素電解プログラム（Clean Hydrogen Electrolysis Program）：10 億ドル

- 水電解の研究、開発、実証、商業化、展開までのイノベーション全体を支援
- 2026年までに2ドル/kgをめざす

グリーン水素製造・リサイクルRDD&D（Clean Hydrogen Manufacturing and Recycling RDD&D）：5 億ドル

- 主要部品の国内サプライチェーン構築を支援
- グリーン水素装置の国内製造を支援

地域グリーン水素ハブ（Regional Clean Hydrogen Hubs）：80億ドル

公募開始

- グリーン水素の製造、消費、インフラネットワークの実証と展開
- 持続可能で公平な地域利益と市場参入機会を支援

グリーン水素製造基準（Clean Hydrogen Production Standard : CHPS）

今回発表

- DOEの実証プロジェクト（地域グリーン水素ハブ等）やR&Dプログラムにおける選定の基準（規制ではない）

米国グリーン水素戦略&ロードマップ（National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap）

今回発表

- グリーン水素の製造、輸送、貯蔵、利用を促進するための、技術的・経済的に実現可能な国家戦略とロードマップ（3年毎に改定）

米国の「グリーン水素戦略&ロードマップ」 (9月22日発表)

クリーン水素戦略&ロードマップ（2022年9月発表）**TECHNOVA**

・ 米国の「クリーン水素戦略&ロードマップ」はまだドラフト公開

・ 3つの優先戦略

(1) クリーン水素を戦略的・インパクトが大きい用途にフォーカス

- ・ 産業部門、大型輸送、長期エネルギー貯蔵等
- ・ 長期的にはクリーン水素・水素キャリアの輸出（同盟国のエネルギー安全保障に貢献）

明示していないが、日本への輸出を想定

(2) クリーン水素のコスト削減：

- ・ Hydrogen Shot（2031年に1ドル/kg）の達成のため、水素サプライチェーン開発を加速し、クリーン水素のコスト低減を図る
- ・ クリティカルマテリアルやサプライチェーン脆弱性に対応する
- ・ 効率性、耐久性、リサイクル性を考慮する

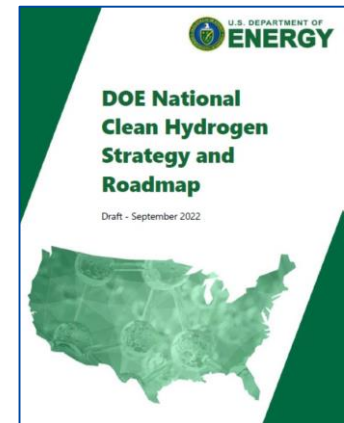
具体的な方策無し

(3) 地域ネットワークを重視：

- ・ 地域クリーン水素ハブ：大規模なクリーン水素のサプライチェーンの構築
- ・ 優先課題：短期的なインパクト、雇用創出、国内製造業・民間投資の活性化

今回、公募を開始

米国は雇用を重視（バイデン政権の選挙対策）

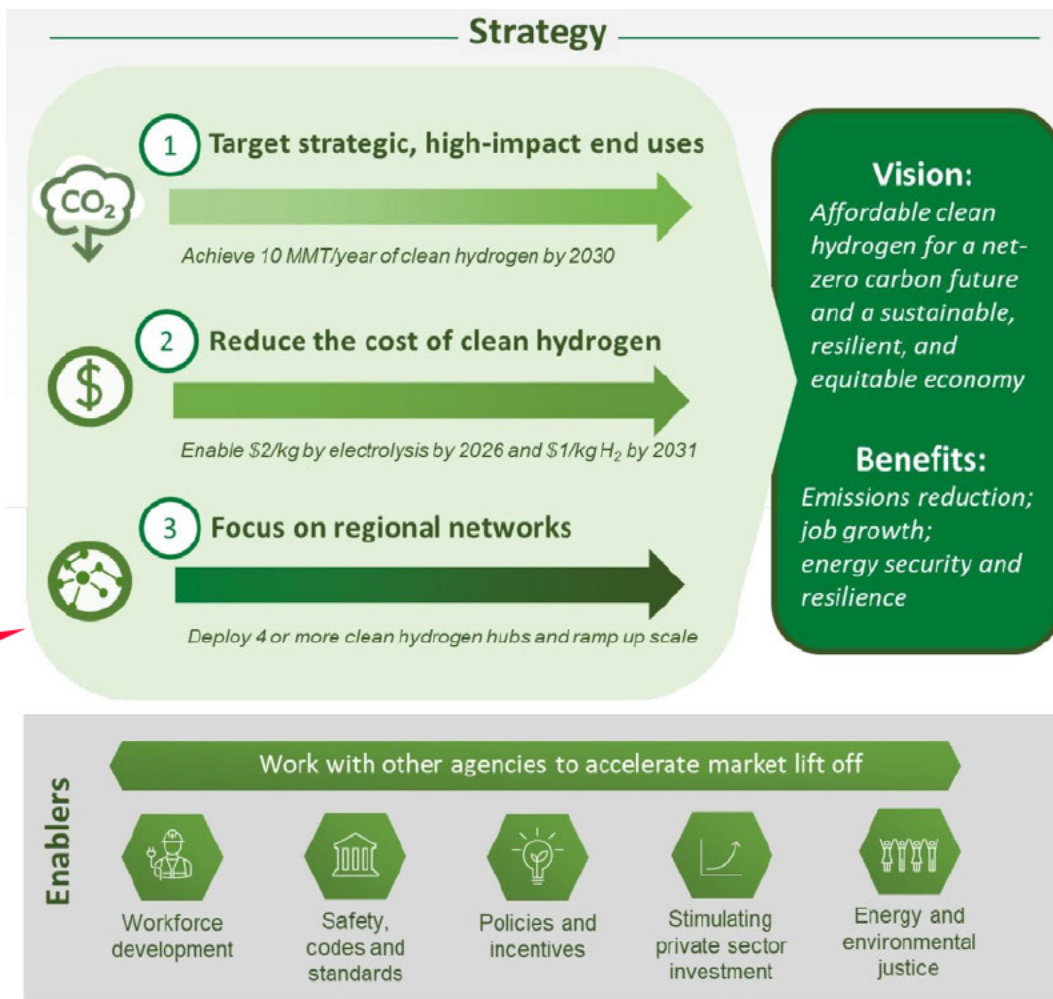


・ 戦略は3つ（特定需要、コスト低減、地域ハブ）

クリーン水素戦略

- (1) クリーン水素を戦略的かつインパクトが大きい用途にフォーカス：
2030年に1000万トンを達成
- (2) クリーン水素のコスト削減：
2026年に2ドル/kg、
2030年に1ドル/kgを達成
- (3) 地域ネットワークを重視：
4か所以上の水素ハブを展開

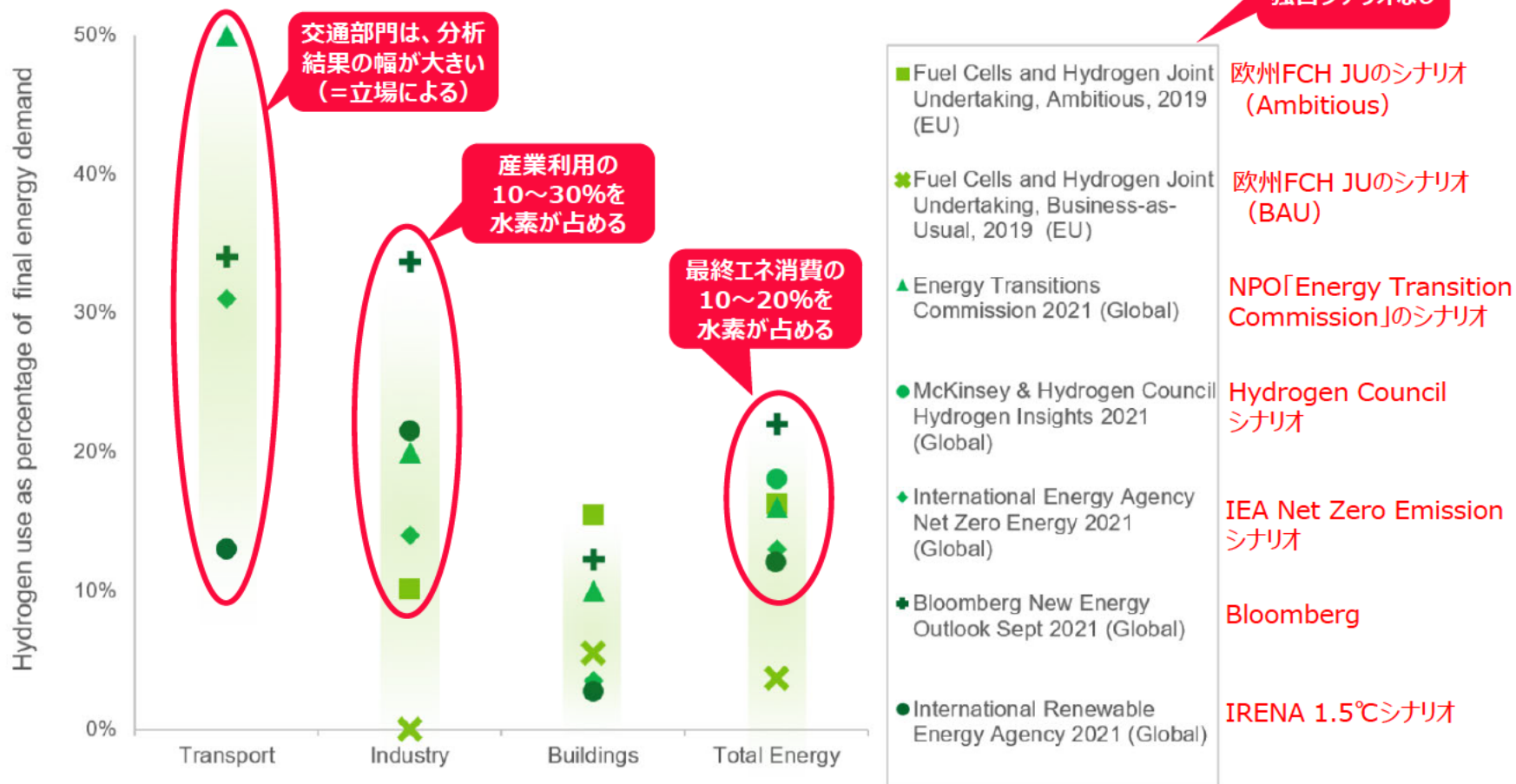
「戦略」的な図は
これくらいしかない



- 世界の分析では、2050年に水素は最終エネルギーの10～20%を占める

水素のエネルギーにおける割合

米国の
独自シナリオなし



グリーン水素戦略&ロードマップ：目標

- 現状：グレー水素 1000万トン/年 → 2030年 グリーン水素 1000万トン/年

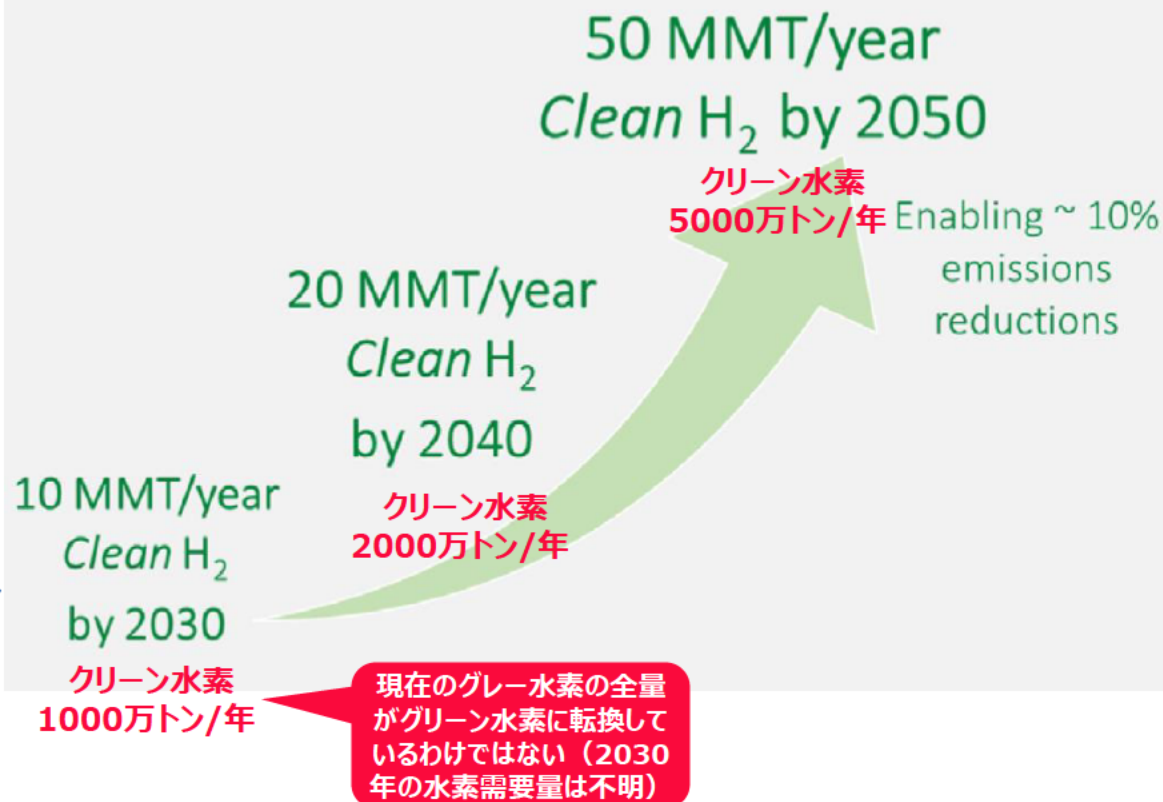
米国の水素需要
(2021年、1000万トン/年)

Hydrogen consumption in the U.S. by end use



Refining
Ammonia and methanol
Metals
Other

米国「グリーン水素戦略」における
グリーン水素の普及目標

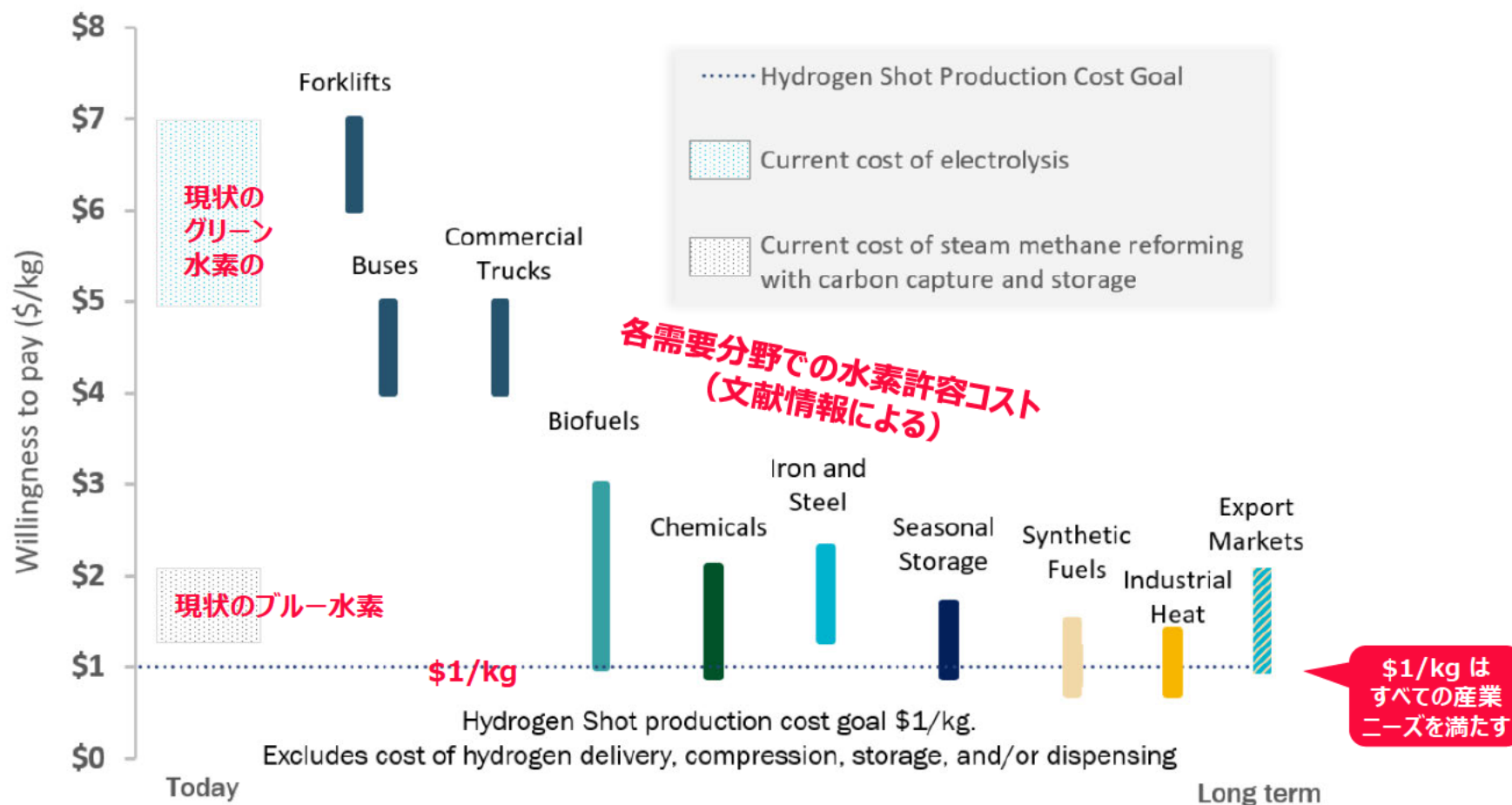


クリーン水素戦略&ロードマップ：クリーン水素の価格

TECHNOVA

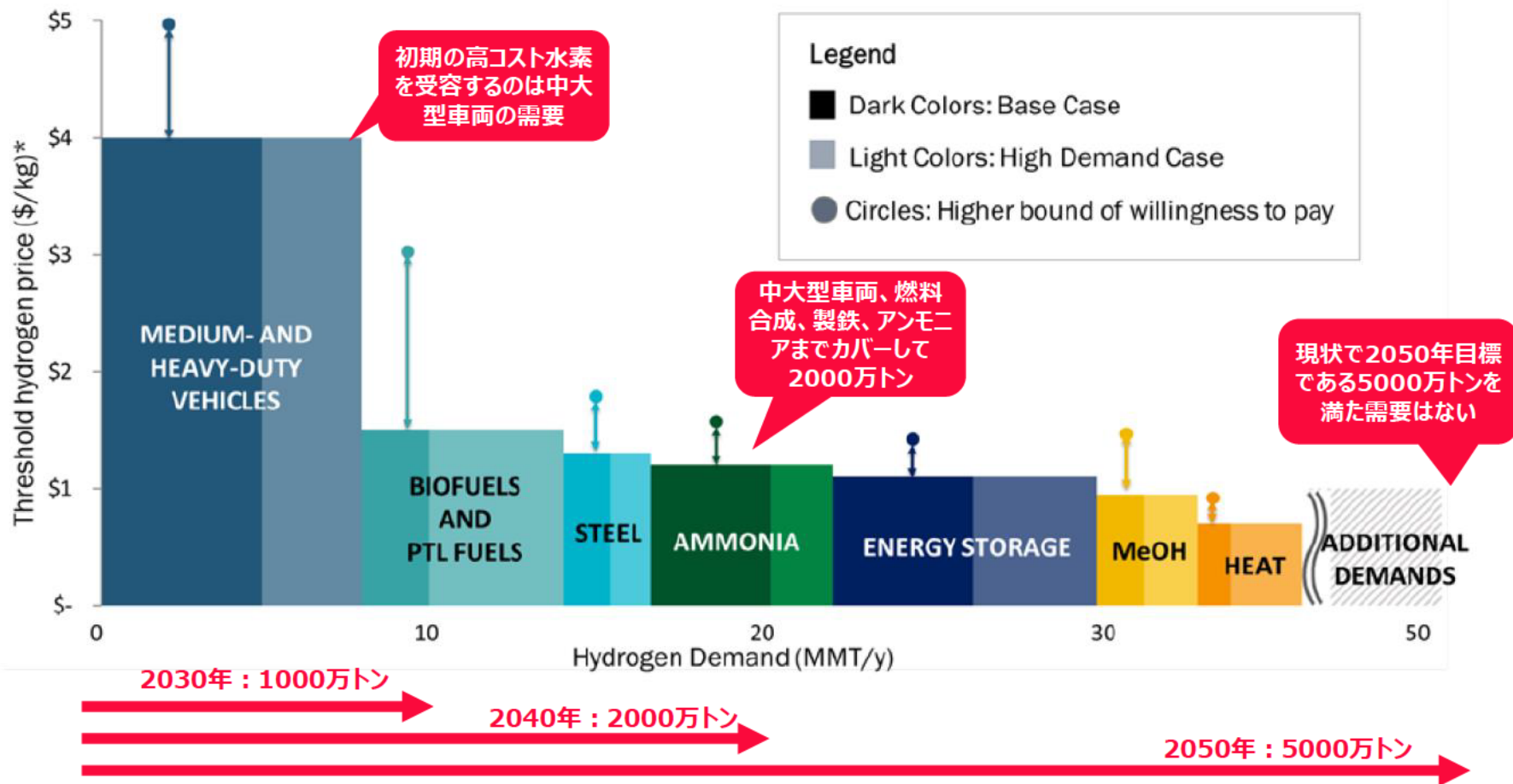
- 1ドル/kgは産業界による支払意思額の最下限

水素の支払意思額 (willingness to pay)



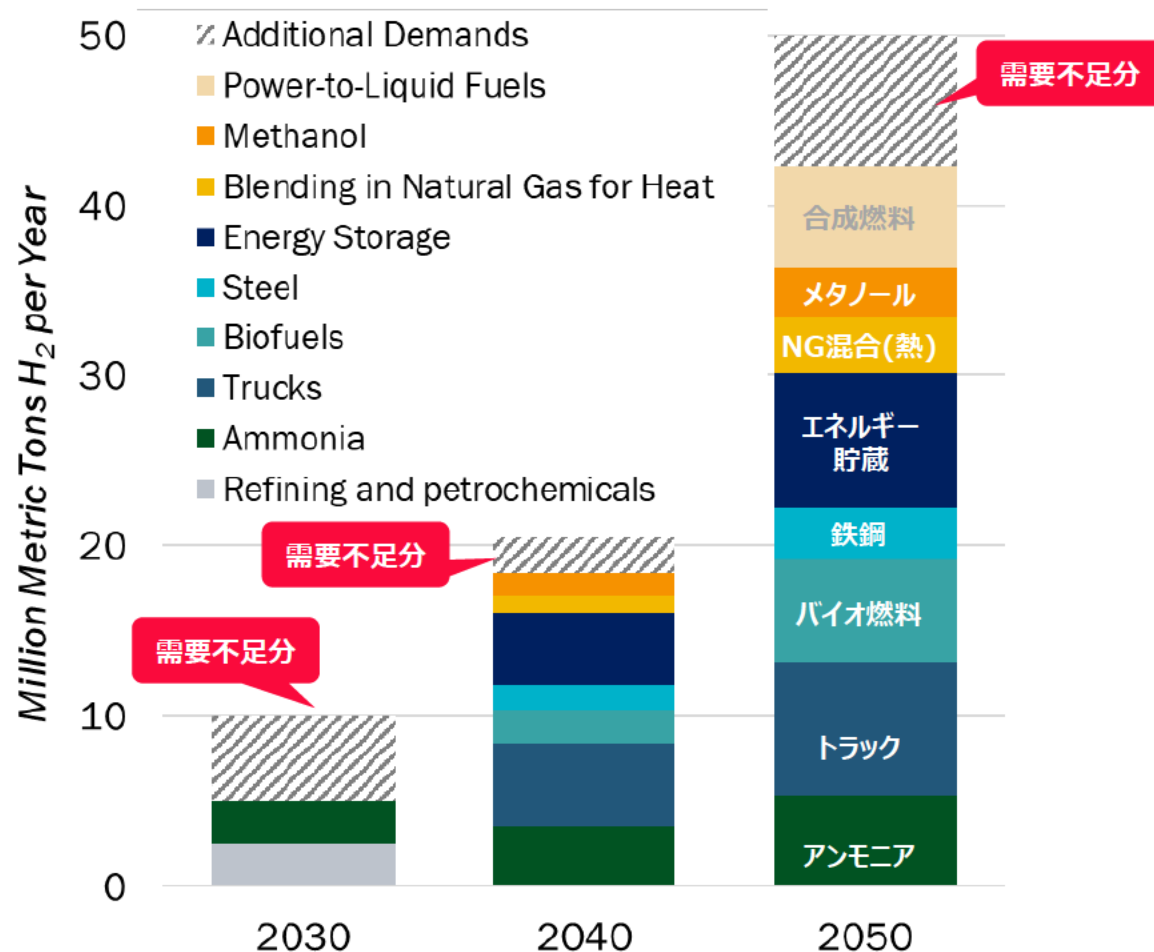
- ・ 初期的には運輸部門と燃料部門がクリーン水素のオフテイカー

クリーン水素の主要セクターにおける需要と支払意思額



- ・ グリーン水素の目標に対しては「additional demand」が必要

グリーン水素の需要見込 (2030~2050)



キーとなるDOEプログラムの目標

	2022-2023	2024-2028	2029-2036
水素製造	- Hydrogen Shot達成のためのパスを3以上特定 - SOEC: 10,000時間 - CO2のLCA分析: 3パス以上を評価 - 水素製造: 原子力+1.25MW水電解 - 条件付融資プログラム: 2件以上	- デモ10以上: 再エネ(洋上風力含む)、原子力、廃棄物・化石燃料+CCS等 - 水電解によるグリーン水素: 2026年までに2ドル/kg - 低温水電解: 51 kWh/kg、8万時間、250ドル/kW - 高温水電解: 44 kWh/kg、6万時間、300ドル/kW - 原発由来の熱の活用(20MW)	- グリーン水素量: 1000万トン以上(多様な水素源) - グリーン水素コスト: 1ドル/kg(多様な資源、大規模生産) - 低温水電解: 46 kWh/kg、8万時間、100ドル/kW - 高温水電解: 水素製造効率維持、8万時間、200ドル/kW
サプライチェーン	- HDV用充填装置: 10kg/分 - 液化水素ステーション: 設置面積40%削減(2016年比) - 水素用シール・金属: 耐久性50%向上(2018年比) - 高圧コンプレッサー・クライオポンプ: 400kg/時 - 水素流量計: 20kg/分で精度5%以上	- 水素液化効率: 7kWh/kg - 水素貯蔵容器用炭素繊維コスト: 50%削減(2020年比) - FC用MEAのリサイクル: 膜/イオンマー材料50%、PGM 95%超 - 水電解槽製造能力: 3GW以上	- 水素コスト(大規模): 4ドル/kg(製造、輸送、水素ステーションでの供給含む) - FC用MEAのリサイクル: 膜/イオンマー材料70%、PGM 99% - 環境とエネルギー公正を満たしつつ排出削減できるパスを3以上特定
エンドユース、エネブラー	- HDV用FCコスト: 170ドル/kW - バス用FC: 18,000時間 - データセンター: 1.5MW以上の水素FC導入 - 船舶利用: 水電解1 MW規模+燃料供給 - 不利益を被っているコミュニティでFCトラック15台展開(排出量削減・雇用創出) - アンモニア製造のための統合水素実証1件以上	- 大型トラック用FC: 140ドル/kW - FC用Pt族: 2020年比で50%削減 - 水素製鉄: 1トン/週→5000トン/日へ 100%水素タービン: NOx量 9ppm→触媒還元で2 ppm - 水素FCスーパートラックプロジェクト3件完了 - 先住民とのパイロットプロジェクト: 2以上 4件のコミュニティ利益協定締結 4以上の地域グリーン水素ハブ(多様な資源、複数の戦略的最終用途)	- 大型トラック用FC: 80ドル/kW、高耐久性、高性能 - 定置用FC: 900ドル/kW、4万時間、燃料フレキシブル 4以上の最終用途(鉄鋼、アンモニア、貯蔵など)で大規模デモを実施 - 国家水素戦略が目標とする戦略的市場で1000万トン以上のグリーン水素活用

米国の「グリーン水素スタンダード」 (9月22日発表)

米国の「グリーン水素スタンダード」(9月22日発表)

• 米国の水素基準は4.0 kgCO₂e/kgH₂

• CHPSの概要：

• 規制基準ではない

(DOEは実証・プロジェクトに対して基準達成は求めない)
地域水素ハブではサプライチェーン全体で可能な限り排出を低減し、
「実証的」にCHPSを達成することが求められる。
(将来のDOE公募ではCHPSが審査の基準に加えられる可能性あり)

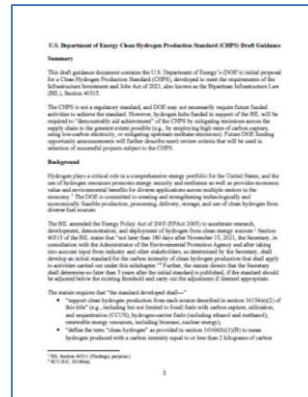
• 基準値：

- 超党派インフラ法：水素製造サイトで2 kgCO₂e/kgH₂以下
インフレ抑制法：ライフサイクルで4 kgCO₂e/kgH₂以下

- DOE提案 (CHIPS)：4.0 kgCO₂e/kgH₂
水素製造2 kgCO₂e/kgH₂
+ その他のプロセス2 kgCO₂e/kgH₂

- 達成の見込み：SMR：CCS 95%、電力はUS平均、上流メタンリーク1%以下
水電解：電力の15%はUS平均、85%は再エネ

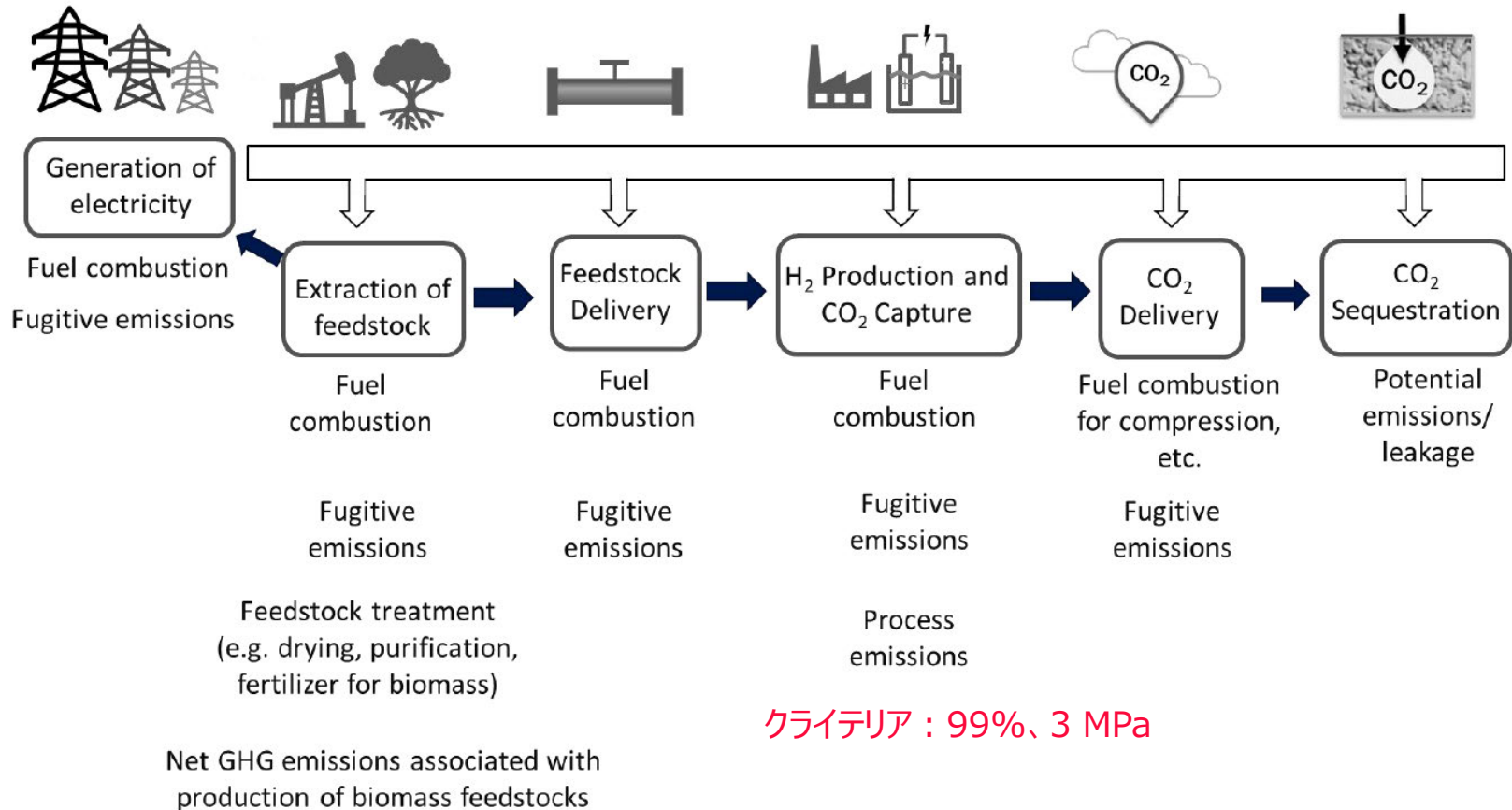
• パブコメ：10月20日まで



米国の「クリーン水素スタンダード」(9月22日発表)

- CHIPSのシステムバウンダリはWell-to-Production Gate (製造段階まで)

システムバウンダリ



米国の「地域クリーン水素ハブ」公募 (9月22日発表)

米国の「地域クリーン水素ハブ」公募（9月22日発表）

- 米国の「地域水素ハブ」の公募では、6～10か所を採択予定
- 2021年11月の超党派インフラ法に基づくRegional clean hydrogen hubs (H2Hubs) の公募開始
- 目標
 - 2035年までに電力をカーボンフリー化、2050年のネットゼロに貢献
 - 2031年の1ドル/kg-H₂の達成
 - 水素需要増加
(2030年に1000万トン、2040年に2000万トン、2050年に5000万トン)
 - コミュニティを重視
- 実施フェイズ
 - Phase 1 : 技術・経済性を考慮したコンセプト提示（地域ステークホルダーと連携）
←今回の公募の対象（Go/No Go判断あり）
 - Phase 2 : エンジニアリングデザイン・ビジネスモデル設定、場所・労働者確保、オフテイクとの合意、許認可取得
 - Phase 3 : 建設
 - Phase 4 : 運用と拡大、データ収集と分析
- 採択数：6～10か所
- 予算：総額60～70億ドル
(超党派インフラ法は80億ドル→残る10～20億ドルは将来のHUBの公募のために残す)

出所：DOE「Full Funding Opportunity Announcement」（2022年9月22日）

<https://oed-exchange.energy.gov/FileContent.aspx?FileID=e159ff1f-5572-437e-b02d-b68acb461893>

米国の「地域クリーン水素ハブ」公募（9月22日発表）

- 提案におけるプロジェクト期間は8～12年と長い
- プロジェクト総額：8～25億ドル/か所
DOEを含めた連邦政府の割合：50%以下
（DOE助成額：5～10億ドル/か所、条件付きで最大12.5億ドル/か所）
非連邦政府の割合：50%以上（州等の地域政府支援含む）
- プロジェクト期間：8～12年（運用期間は2～4年）
- スケジュール：

公募開始：	2022年9月22日
コンセプト提案：	2022年11月7日
提案書（フル）：	2023年4月7日
レビュー：	2023年5月22日～5月31日

米国の「地域クリーン水素ハブ」公募（9月22日発表）TECHNOVA

- ・ 公募では、ハブの多様性（水素源、最終用途）を重視

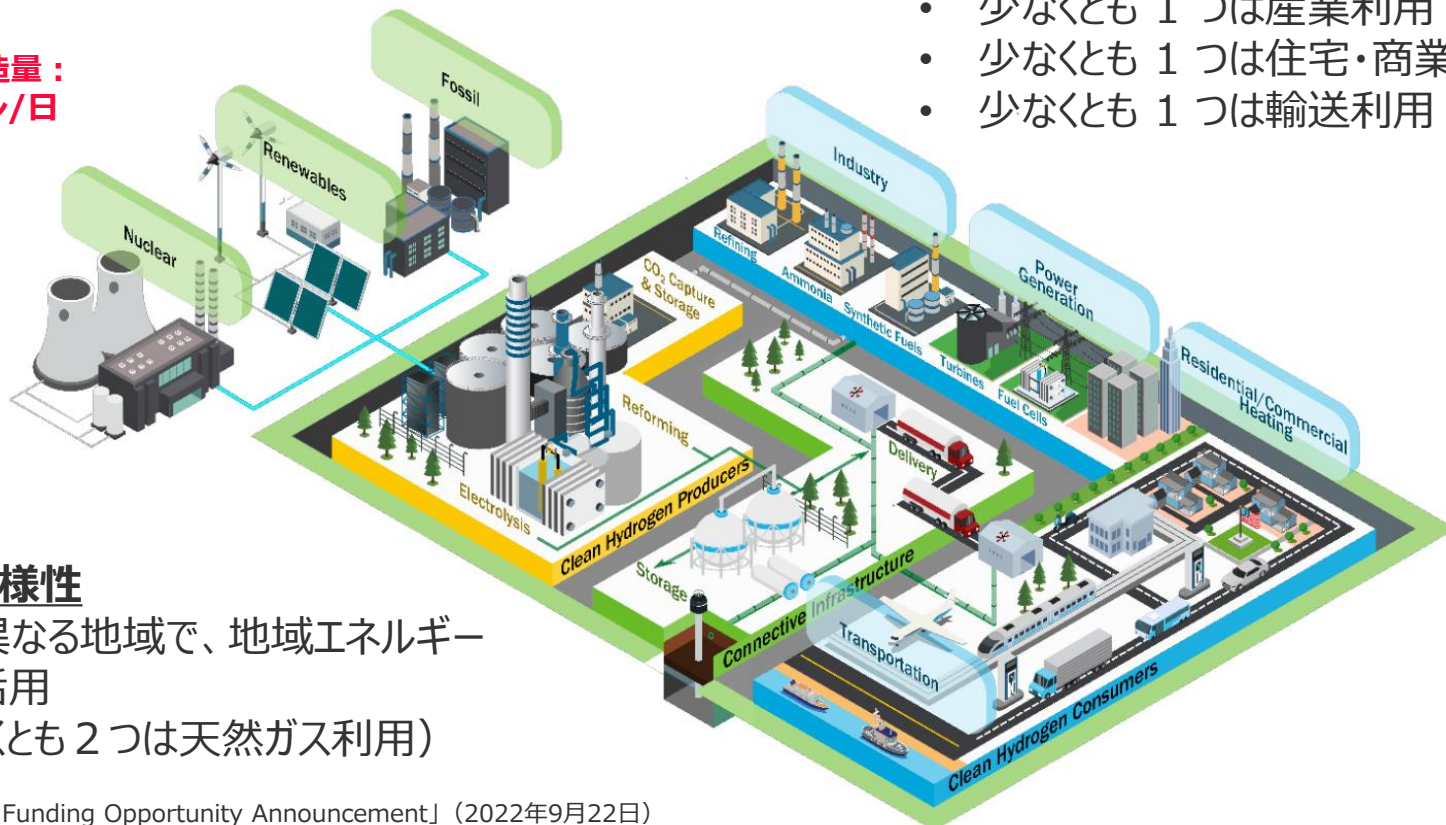
水素源の多様性

- ・ 少なくとも 1 つは化石燃料由来
- ・ 少なくとも 1 つは再生可能エネルギー由来
- ・ 少なくとも 1 つは原子力エネルギー由来

最低水素製造量：
50～100トン/日

最終用途の多様性

- ・ 少なくとも 1 つは発電利用
- ・ 少なくとも 1 つは産業利用
- ・ 少なくとも 1 つは住宅・商業暖房利用
- ・ 少なくとも 1 つは輸送利用



地理的な多様性

- ・ 米国の異なる地域で、地域エネルギー資源を活用
（すくなくとも 2 つは天然ガス利用）

出所：DOE「Full Funding Opportunity Announcement」（2022年9月22日）

<https://oced-exchange.energy.gov/FileContent.aspx?FileID=e159ff1f-5572-437e-b02d-b68acb461893>

DOE「Hydrogen Shot Incubator Prize」 第一弾（2022年10月11日）

- Hydrogen Shotの革新的水素製造：海水電解、SOECあり
- DOEはHydrogen Shot（1 1 1）を達成するために、Hydrogen Shot Incubator Prizeを実施し、今回第1期受賞者を発表
 - 9チームを選定：今回は「Propose!」段階
(現金 1万ドル+国研でのブラッシュアップ資金5万ドルを受理)



- **BoMax Hydrogen** (Sanford, FL)—a system that integrates light-activated nanoparticles with an enzyme to produce clean hydrogen from sunlight
水素製造機能を有する酵素をナノ粒子に固着させ、太陽光によって水素製造
- **Gold Hydrogen Team** (Houston, TX)—a process using dark fermentation to biologically produce hydrogen in spent oil wells
枯渇油田における微生物の暗発酵による水素製造
- **Electro-Active Hydrogen** (Knoxville, TN)—a system that integrates solar energy with algal hydrothermal liquefaction and microbial electrolysis to generate clean hydrogen, leveraging the chemical energy from organic matter
藻場や有機物（廃棄物）を活用した微生物電気分解による水素製造
- **Evolve Hydrogen Inc.** (East Northport, NY)—a novel electrolyzer system design that can use seawater as a feedstock without the need for precious metal materials
海水の直接電解による水素製造
- **H3** (Palo Alto, CA)—a system that integrates high-temperature solid oxide electrolyzers with thermal energy storage to enable continuous hydrogen production even when using intermittent renewable resources
蓄熱機能を有するSOECと変動性再エネを用いた水電解

- **Biomass Super Gasifier** (Indianapolis, IN)—an indirectly-heated pyrolytic gasification process to convert carbon-based feedstocks into syngas from which hydrogen can be extracted—with the remaining syngas used in a solid oxide fuel cell to generate power to run the system
廃棄物の熱分解による水素抽出。プロセスに要する電力は、残ガスをSOFCに供給して発電
- **NX Fuels Inc.** (Ann Arbor, MI)—a technology that harnesses sunlight to produce hydrogen from seawater using a photoelectrochemical process
海水からの光化学的水素製造
- **PAX H2(O)** (Richmond, CA)—a technology that could reduce the capital and operating expenses of an electrolysis system by producing clean water using waste heat from the electrolyzer
水電解からの廃熱を用いた浄水による設備費用と運用費用の削減
- **The Hope Group** (Lubbock, TX)—in-situ microwave-assisted catalytic heating to crack methane and generate hydrogen directly from depleted natural gas reservoirs
マイクロ波を用いたメタン熱分解による水素製造

米国DOEの通常プログラム以外の水素関連公募

- DOEは、Hydrogen and Fuel Cell Technologies Officeの通常のプロジェクト公募とは別に、Hydrogen Shotと超党派インフラ投資法に基づく公募を実施

Hydrogen Shot
(2021年6月7日発表)

超党派インフラ投資計画法 (2022年11月15日成立)

地域グリーン水素
ハブの構築
80億ドル
(2022～2026年)

クリーン水素水電解
プログラム
10億ドル
(2022～2026年)

クリーン水素製造・
リサイクル
5億ドル
(2022～2026年)

「Support of the Hydrogen
Shot and a University
Research Consortium on
Grid Resilience」
に関する公募

2022年7月27日 公募予告
2022年8月27日 公募開始
2022年9月23日 CP締め切り
2022年12月1日 FA締め切り

CP : コンセプトペーパー
FA : フルアプリケーション

「Regional Clean
Hydrogen Hubs」
に関する公募予告

2022年6月2日 公募予告
総額60～70億ドル*

* 残りの10～20億ドルは、将来のHub
公募や支援事業公募を行う予定

「Clean Hydrogen Electrolysis,
Manufacturing, and Recycling」
に関する公募予告

2022年12月17日 公募予告
総額7.5億ドル*

* 残りの7.5億ドルは、別途公募やプライズを実施予定

「Support of Hydrogen
Shot」
に関する公募予告
2022年12月23日 公募予告

欧州の「European Hydrogen Backbone」 イニシアティブの状況

European Hydrogen Backbone (2022年4月) : イニシアティブと提言の概要

TECHNOVA

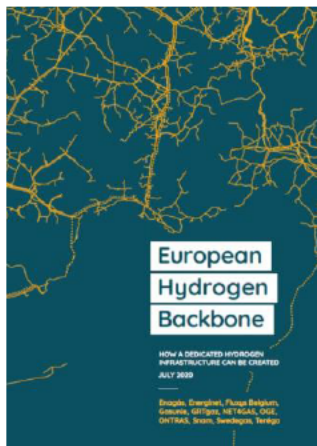
・ 欧州のガスTSO 31社が汎欧州水素網構築構想のためにイニシアティブを設立

2020年7月 :

Gas for Climate*が汎欧州水素網構築構想を発表

* 欧州主要ガス輸送事業者 (TSO)
11社とバイオガス3団体からなるガスイニシアティブ「Gas for Climate」

「European Hydrogen Backbone」(2020年7月)



出所 : Gas for Climate「European Hydrogen Backbone」(2020年7月)
https://ehb.eu/files/downloads/2020_European-Hydrogen-Backbone_Report.pdf



2021年6月 :

新イニシアティブ「European Hydrogen Backbone」(EHB) 設立
汎欧州水素網の実現を目指す新イニシアティブが設立 (現在TSO 31社)

2022年4月 :

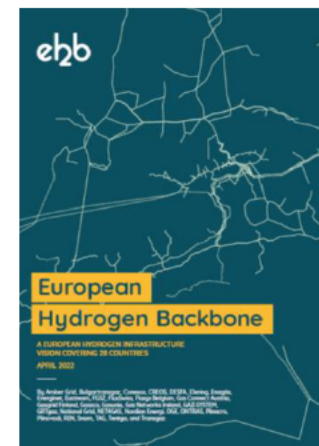
「European Hydrogen Backbone」構想をアップデート

脱ロシアを目指すECの「REPowerEU」(2022年3月、5月)を受け、汎欧州水素網構築提案をアップデート (28ヶ国の政策も記載)

European Hydrogen Backbone
のメンバー



「European Hydrogen Backbone」(2022年4月)



出所 : European Hydrogen Backbone「European Hydrogen Backbone」(2022年4月)
<https://ehb.eu/files/downloads/ehb-report-220428-17h00-interactive-1.pdf>

EHB「European Hydrogen Backbone」(2022年4月) TECHNNOVA

今回の「アップデート版」の要点

- 2040年に全長53,000kmの水素網を構築
 - 2030年までに5本の水素コリドーを整備
 - 産業クラスター、港、地域 (Hydrogen Valley) を結合
 - 再エネ・低炭素の水素市場 (2000万トン) を支援
 - 水素輸入：北アフリカ (船舶の場合は液化水素、アンモニア、メタノール)
 - 2040年までに全長約53,000km (60%は既存天然ガス網の改修)
 - 水素輸入：ナミビア、チリ、豪州、中東を追加
 - 2040年までの推定総投資額800～1430億ユーロ
 - 水素輸送コスト (1,000kmパイプライン)：陸上輸送で0.11～0.21ユーロ/kg、海底輸送で0.17～0.32ユーロ/kg
 - 欧州全体のエネルギーシステムのレジリエンス、自給率向上、供給安定性、欧州産業活性化に寄与
 - 水素コリドー確立を政治目標として推進することを求める
 - EU全体と加盟国レベルで水素・天然ガス・電力の統合エネルギーシステム計画を確立
 - 既存の天然ガスインフラを、水素専用インフラに効率よく改修する政策
 - 再エネと水素関連プロジェクトの許可手続きの簡素化
 - 水素インフラ整備の加速のための投資メカニズム (例 Connecting Europe Facility、Important Projects of Common European Interest (IPCEI)、Horizon Europe)
 - 欧州内外でのエネルギー・水素パートナーシップの構築

EHB「European Hydrogen Backbone」(2022年4月) TECHNOMA

今回の「アップデート版」の要点

2030

水素パイプライン

- 天然ガス網の改修
- 新設
- 海底設置
- 輸出入
- UKの2030年計画
(水素クラスター選定に依存)

水素貯蔵

- 岩塩洞窟貯蔵
- 帯水層貯蔵
- 枯渇ガス田貯蔵
- 岩石洞窟貯蔵

その他

- 都市(需要地)
- エネルギーハブ/洋上風力での水素製造
- 既存・計画中の天然ガス輸入ターミナル

北海コリドー
既に計画済みのプロジェクトをベースに、水素の海上輸送・輸入を加速(高設備利用率も期待)

北欧・バルト海コリドー
洋上風力・陸上風力の広大なポテンシャルがあり、水素需要地となる産業クラスターが存在

西南欧&北アフリカコリドー
スペインとポルトガルは水素製造ポテンシャルが高く、フランスは水素貯蔵ポテンシャルが高い

北アフリカ&南欧アコリドー
北アフリカと南イタリアでグリーン水素を製造し中欧に輸送

東欧・南東欧コリドー
最近の天然ガスの状況を受け、東欧のエネルギー需要が高い地域に水素を供給

2040

水素パイプライン

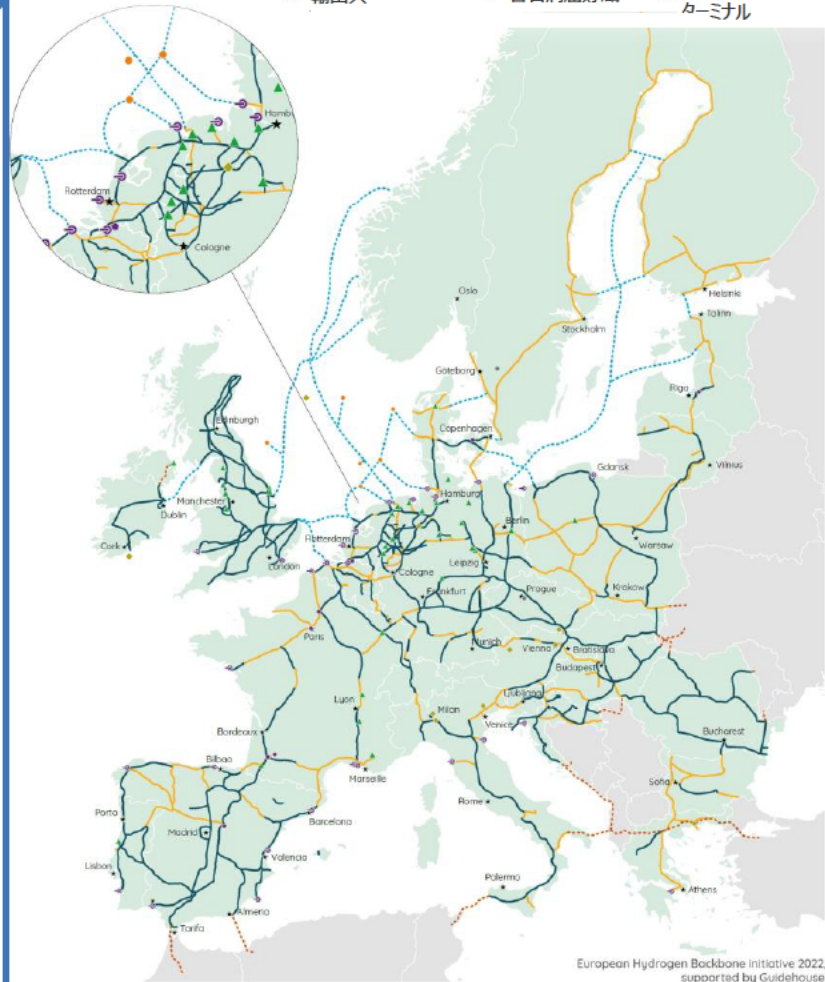
- 天然ガス網の改修
- 新設
- 海底設置
- 輸出入

水素貯蔵

- 岩塩洞窟貯蔵
- 帯水層貯蔵
- 枯渇ガス田貯蔵
- 岩石洞窟貯蔵

その他

- 都市(需要地)
- エネルギーハブ/洋上風力での水素製造
- 既存・計画中の天然ガス輸入ターミナル



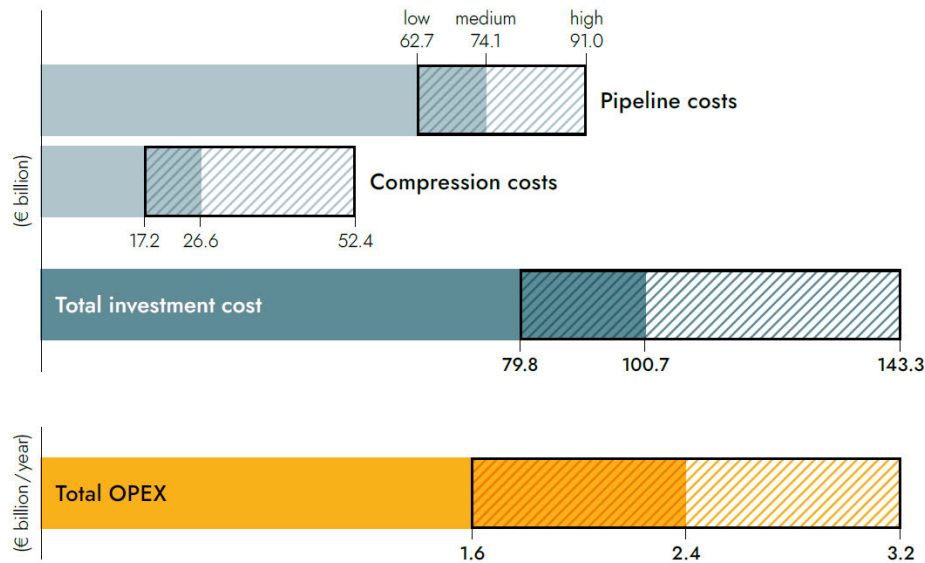
出所: Gas for Climate「European Hydrogen Backbone」(2022年4月)
<https://ehb.eu/files/downloads/ehb-report-220428-17h00-interactive-1.pdf>

EHB「European Hydrogen Backbone」(2022年4月) TECHNNOVA

今回の「アップデート版」の要点

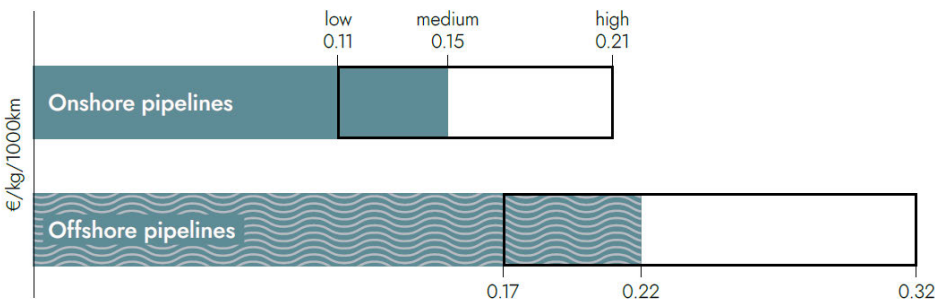
European Hydrogen Backbone (2040年) の投資・運用コスト

投資コスト (パイプライン整備+圧縮装置整備) で798~1433億€



陸上輸送と海上輸送の基幹部の平均水素輸送コスト

陸上輸送で0.11~0.21€/kg、海底輸送で0.17~0.32€/kg



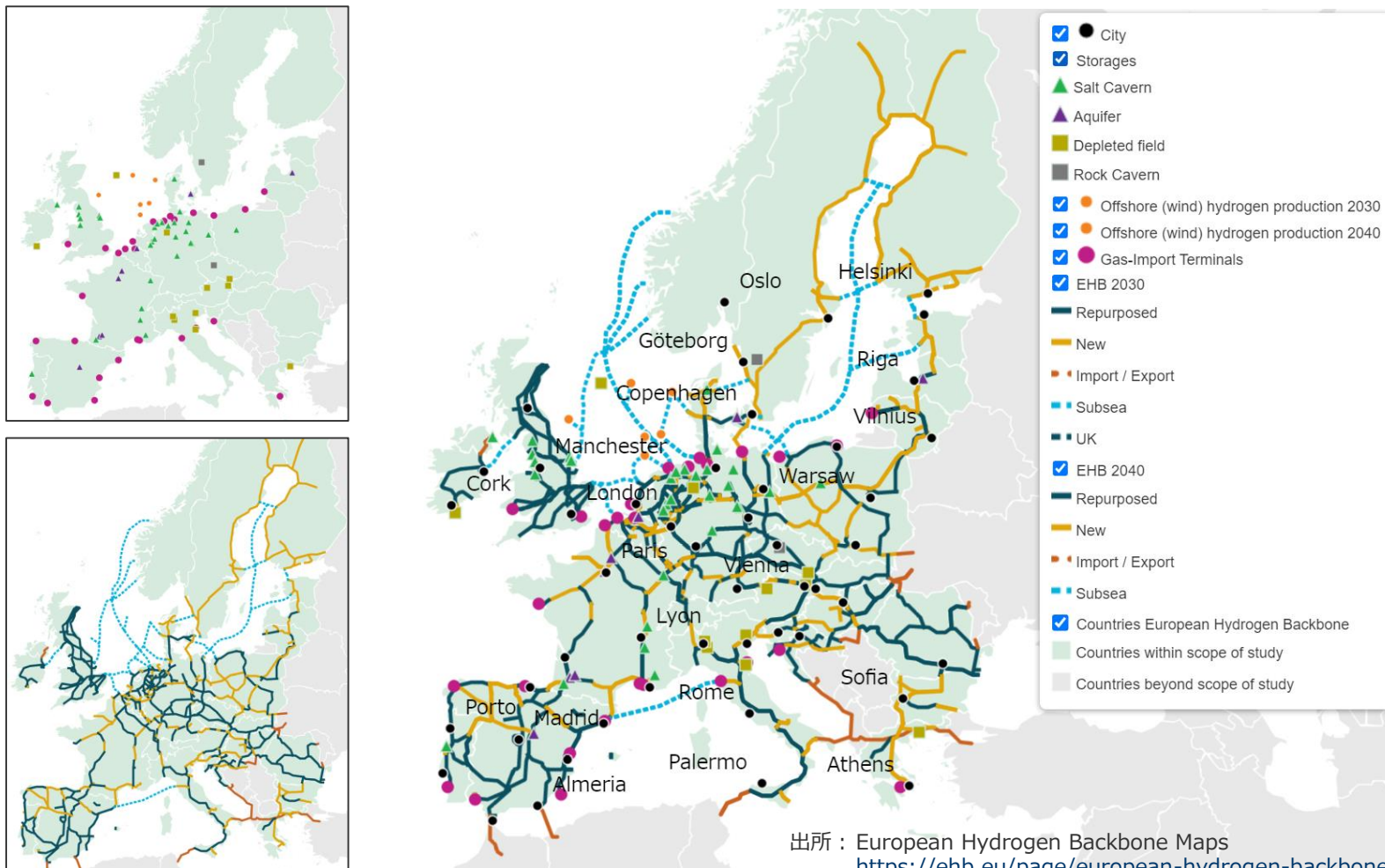
試算条件

Cost parameter	Low	Medium	High	Unit
Pipeline Capex, new	Small	1.4	1.5	1.8
	Medium	2.0	2.2	2.7
	Large	2.5	2.8	3.4
	Offshore Medium	3.4	3.7	4.6
	Offshore Large	4.3	4.8	5.8
Pipeline Capex, repurposed ²⁷	Small	0.2	0.3	0.5
	Medium	0.2	0.4	0.5
	Large	0.3	0.5	0.6
	Offshore Medium	0.3	0.4	0.5
	Offshore Large	0.4	0.5	0.6
Compressor station Capex	2.2	3.4	6.7	ME/MW _e
Electricity price	40	60	80	€/MWh
Pipeline operating & maintenance costs	0.8	0.9	1.0	€/year as % of Capex
Compressor operating & maintenance costs	1.7	1.7	1.7	€/year as % of Capex
Weighted average cost of capital	5.0			%
Depreciation period pipelines	40			Years
Depreciation period compressors	25			Years

【注】 small : 20-inch (~500 mm)
medium : 36-inch (~900 mm)
large : 48-inch (~1200 mm)

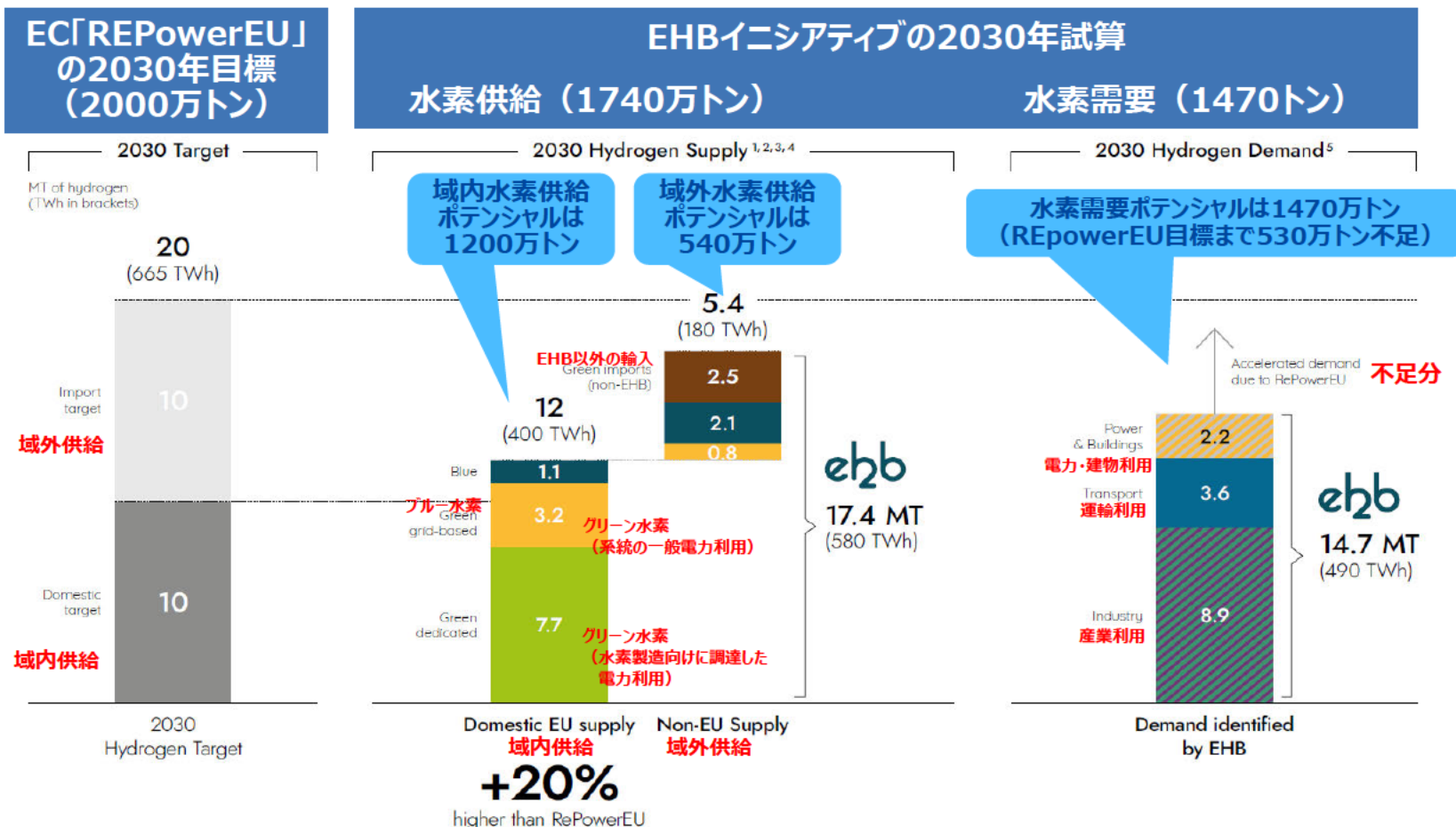
出所 : Gas for Climate「European Hydrogen Backbone」(2022年4月)
<https://ehb.eu/files/downloads/ehb-report-220428-17h00-interactive-1.pdf>

- EHBは「汎欧州水素網構築」実現のために、ビジョンと進捗をビジュアライズしたインタラクティブマップを発表（新規のアイデアやイニシアティブの取り込みを図る）



EHBが想定する2030年の水素需給

- EHBの試算では、域内水素供給量はREPowerEUの想定以上だが、域外水素供給供給量と域内水素需要がまだ少ない



出所：European Hydrogen Backbone「Five Hydrogen Supply Corridors for Europe in 2030」(2022年5月)
<https://ehb.eu/files/downloads/EHB-Supply-corridor-presentation-Full-version.pdf>

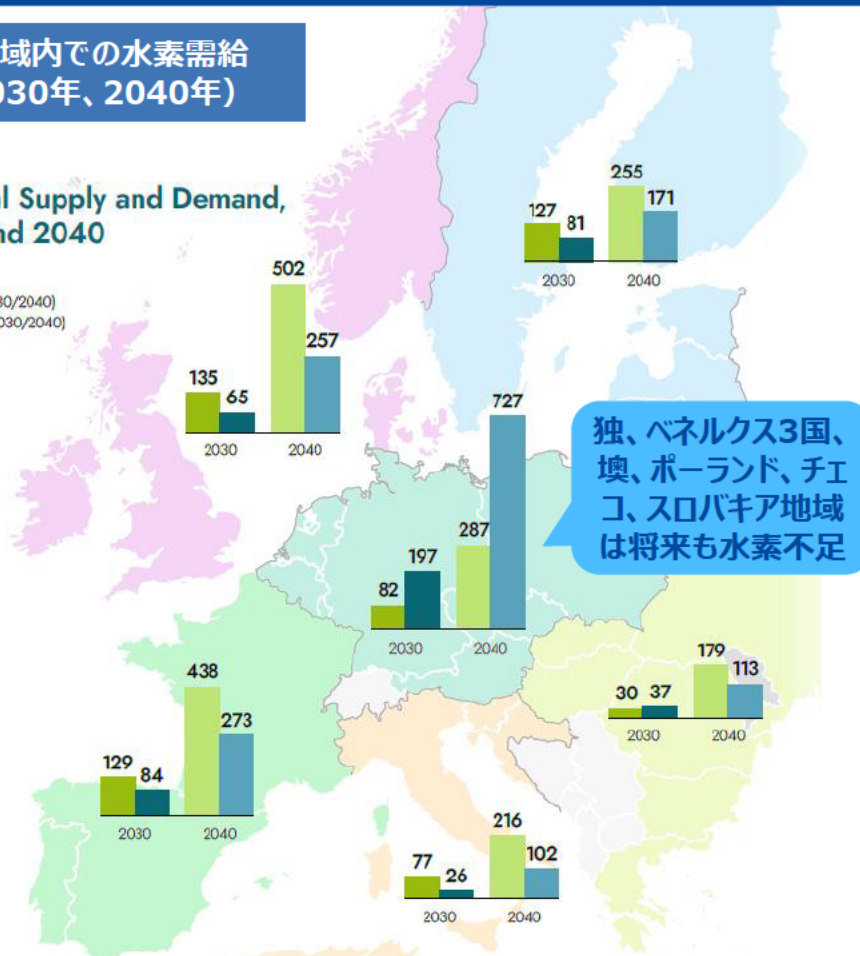
- 水素需給ではドイツを中心とする地域は将来も水素不足→コリドー（水素パイプライン）が必要

欧州域内での水素需給
(2030年、2040年)

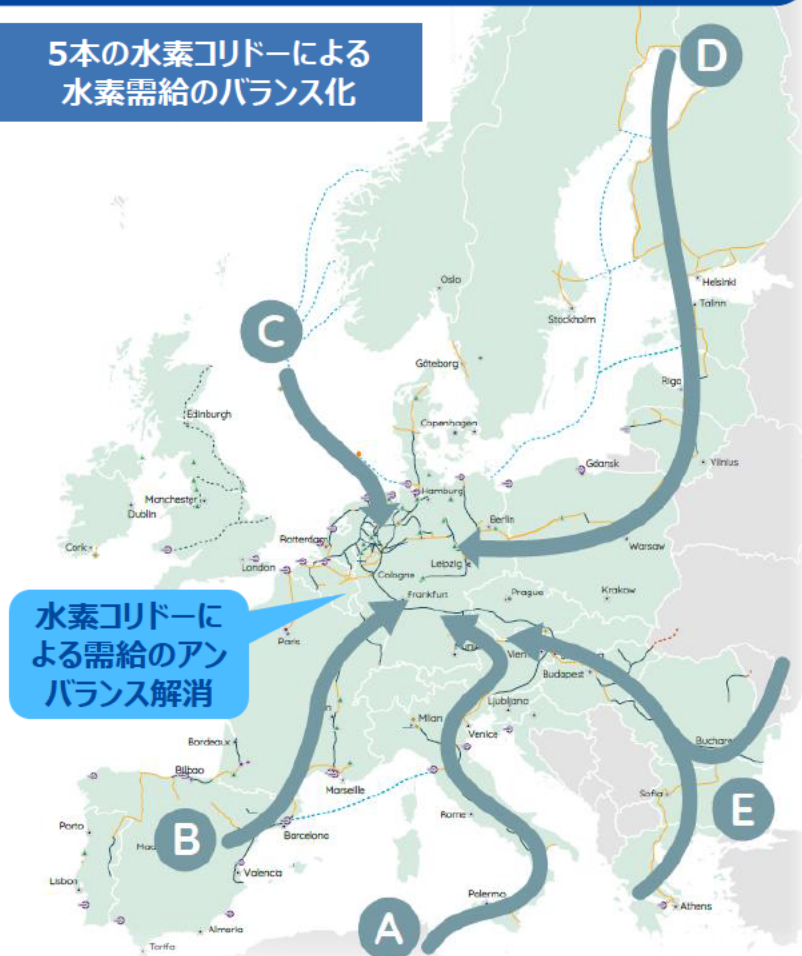
Regional Supply and Demand,
2030 and 2040

(TWh)^{1,2,3}

■ Supply (2030/2040)
■ Demand (2030/2040)



5本の水素コリドーによる
水素需給のバランス化



出所：European Hydrogen Backbone「Five Hydrogen Supply Corridors for Europe in 2030」(2022年5月)

<https://ehb.eu/files/downloads/EHB-Supply-corridor-presentation-Full-version.pdf>

EHBが想定する2030年の水素需給と水素コリドー

- 5本の水素コリドーには整備主体がいる

水素コリドー



水素コリドーの整備主体

北アフリカ&南欧アコリドー

Corridor A —
North Africa
& Southern Europe



西南欧&北アフリカアコリドー

Corridor B —
Southwest Europe
& North Africa



北海コリドー

Corridor C —
North Sea



北欧・バルト海コリドー

Corridor D —
Nordic and
Baltic regions



東欧・南東欧コリドー

Corridor E —
East and South-East
Europe



EHBが想定する2030年の水素需給と水素コリドー

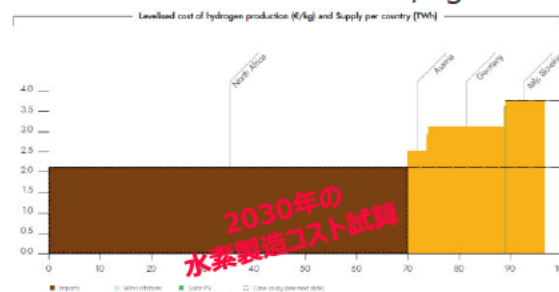
- 5本の水素コリドーが供給する水素の製造コストは2030年で1.6～4.5€/kg、2040年で1.4～3.1€/kg

水素製造コストの試算 (2030年、2040年)

北アフリカ&南欧アコリドー

2030年：2.1～3.8€/kg

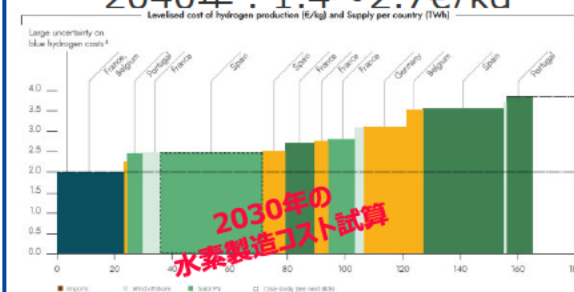
2040年：1.4～2.8€/kg



西南欧&北アフリカアコリドー

2030年：2.0～3.8€/kg

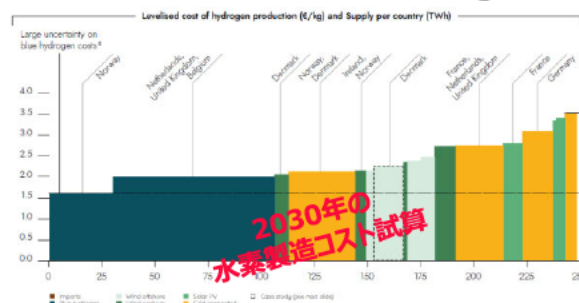
2040年：1.4～2.7€/kg



北海コリドー

2030年：1.6～3.5€/kg

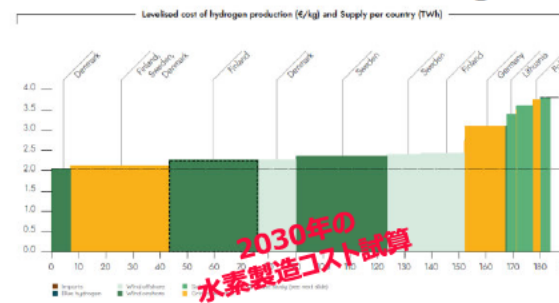
2040年：1.5～2.6€/kg



北欧・バルト海コリドー

2030年：2.1～3.8€/kg

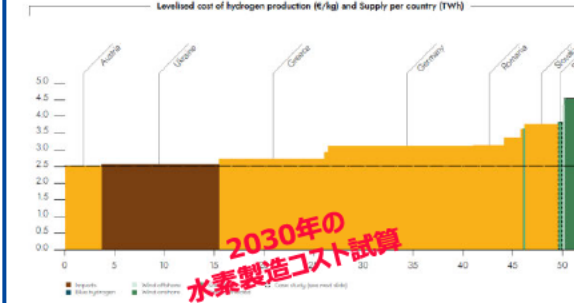
2040年：1.5～2.7€/kg



東欧・南東欧コリドー

2030年：2.5～4.5€/kg

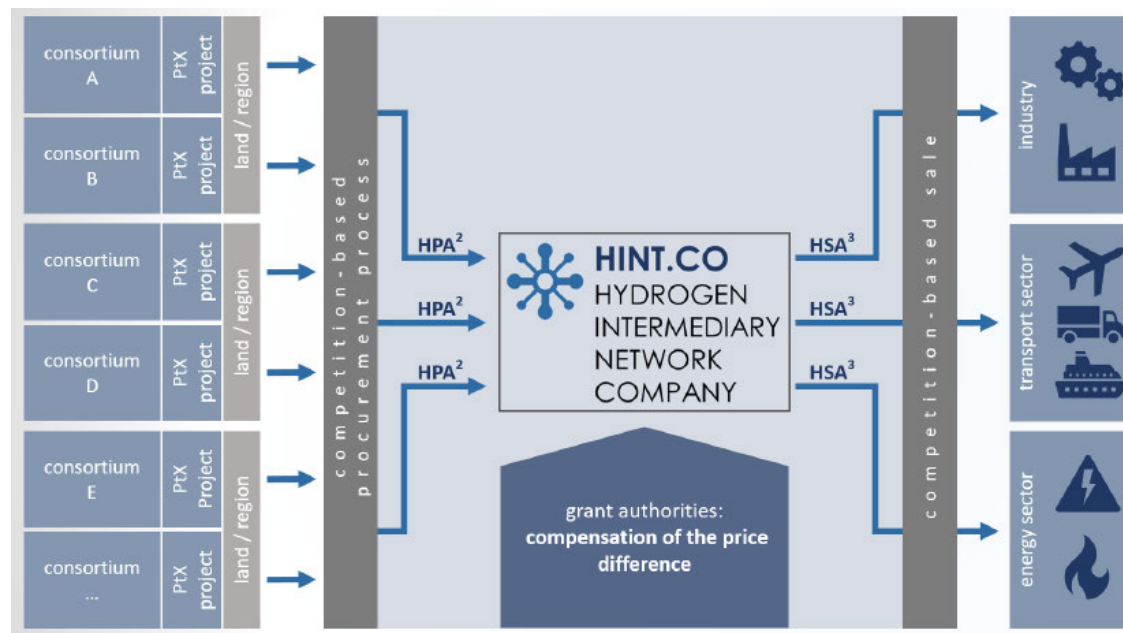
2040年：1.7～3.1€/kg



独の水素コスト補填制度 「H2Global」の直近の公募

・ H2Global : 海外でのグリーン水素製造・輸入の資金調達プログラムを立ち上げ

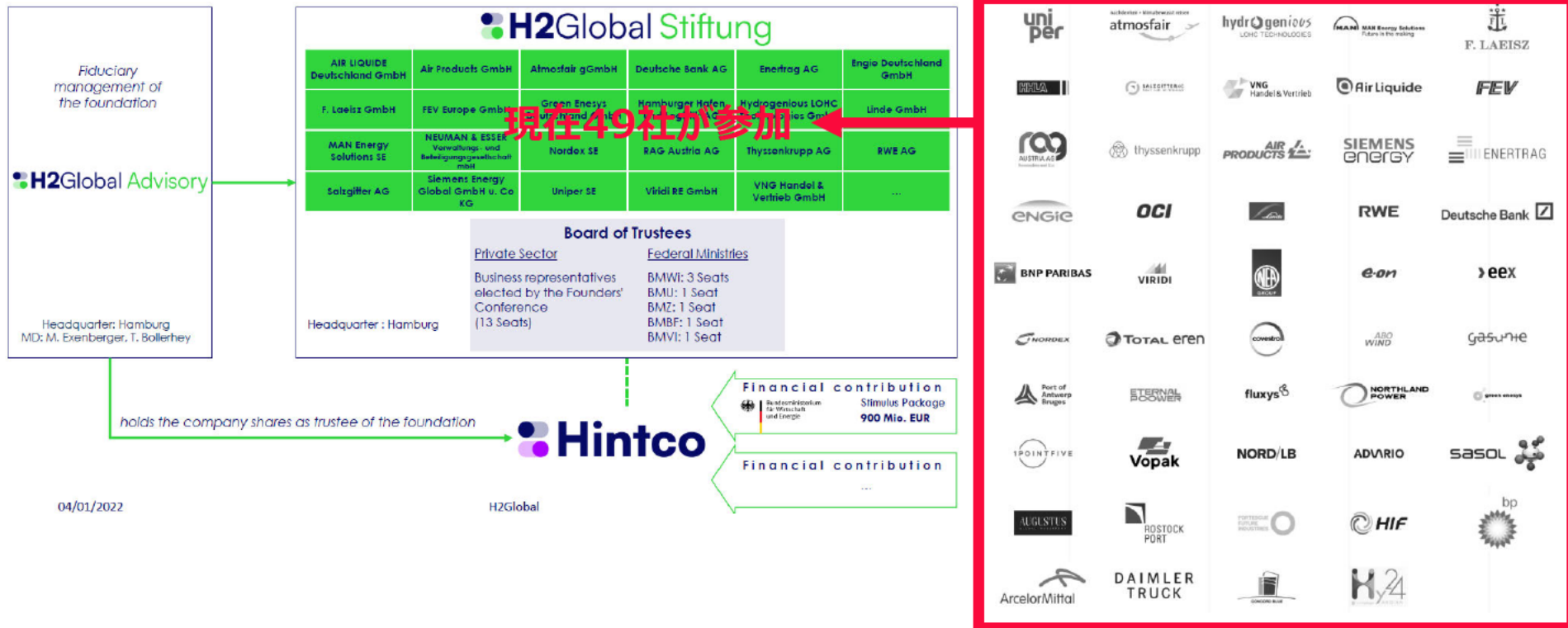
- ドイツ国際協力公社（GIZ）と民間組織（ドイツ水素燃料電池協会等）が協力し、**H2Global**を2021年6月に立ち上げ（連邦経済・気候保護省が9億ユーロ提供）
設立メンバー：Siemens Energy、Thyssenkrupp、VNG、Deutsche Bank、Salzgitter、Uniper、Hamburger Hafen und Logistik、Neuman & Esser、Reederei F. Laeisz、Viridi RE、Enertrag、Nordex、Green Enesys、MAN Energy Solutions、Hydrogenious LOHC Technologies GmbH、Linde
- 支援制度：
 - 供給側オークション：
長期購入契約（10年間）
 - 需要側オークション：
短期再販契約
- プロジェクト要件：
 - 水電解規模
100～150MW ×4～5件
 - 2021年度は約500MWを予定
 - 2024年から供給開始



出所：H2 Global「Shaping the global energy transition」(The Indo-German Energy Forum、2021年11月8日)

https://www.energyforum.in/fileadmin/user_upload/india/media_elements/Presentations/20211108_German_funding_schemes_for_Green_Hydrogen_Projects/20211108_H2Global.pdf

- **H2Global**：現在49社が資金を提供



出所：H2GLOBAL STIFTUNG

<https://www.h2-global.de/>

H2Global Advisory[Shaping the global energy transition]

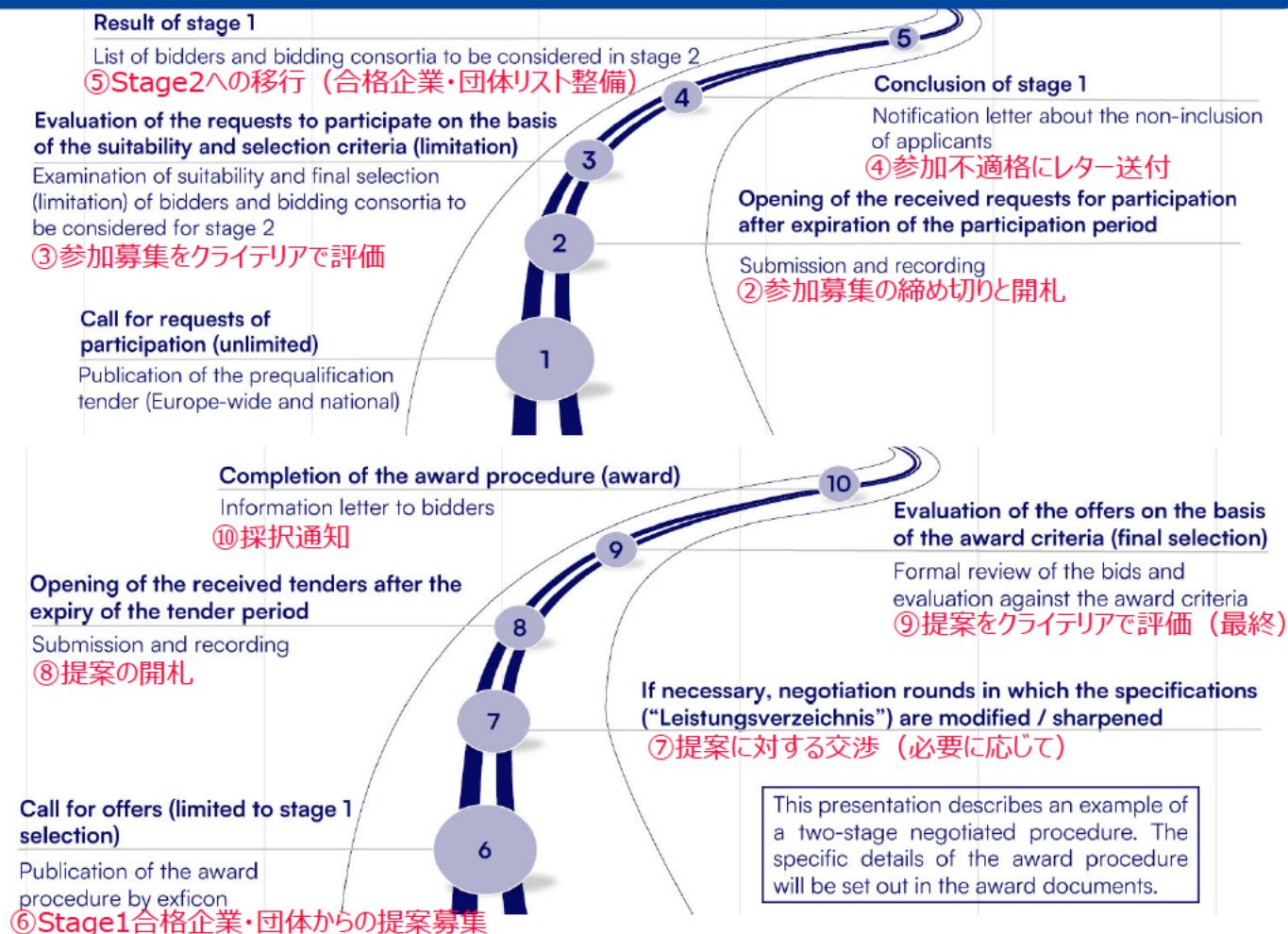
https://norddeutschewasserstoffstrategie.de/wp-content/uploads/2022/01/Exenberger-Slides_H2Global_Dec-2021_EN1.pdf

・ H2Globalの公募はErnst & Youngが実施

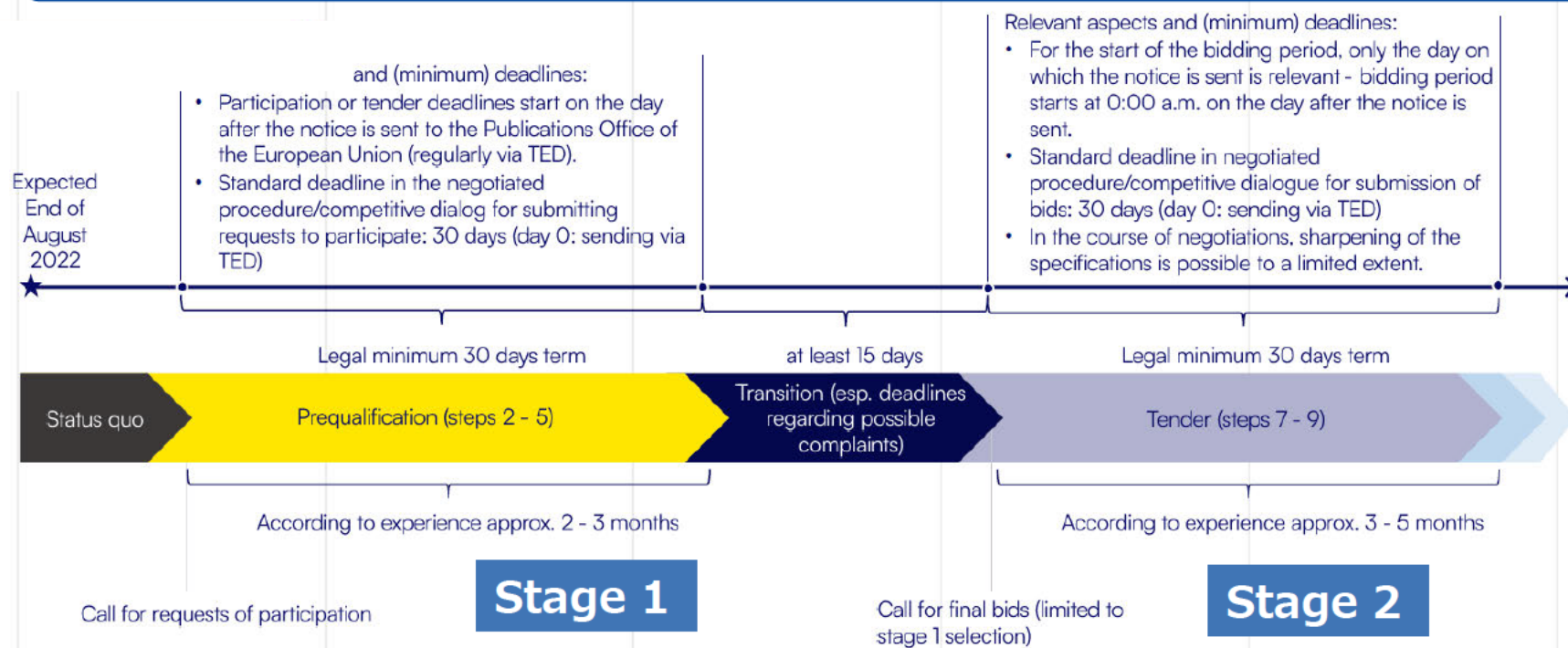
Stage 1



Stage 2



• Stage1で2～3か月、Stage 2で4～6か月



- **2022年夏～秋：** 公募プロセスの開始
- **2022年末～2023年初頭：** 最初の供給契約（HPA）締結
- **2024年末～2025年初頭：** 最初の輸入
- **2024年末～2025年初頭：** 最初の需要契約（HSA）締結

出所：H2Global「H2GLOBAL – IDEA, INSTRUMENT AND INTENTIONS」(2022年8月)

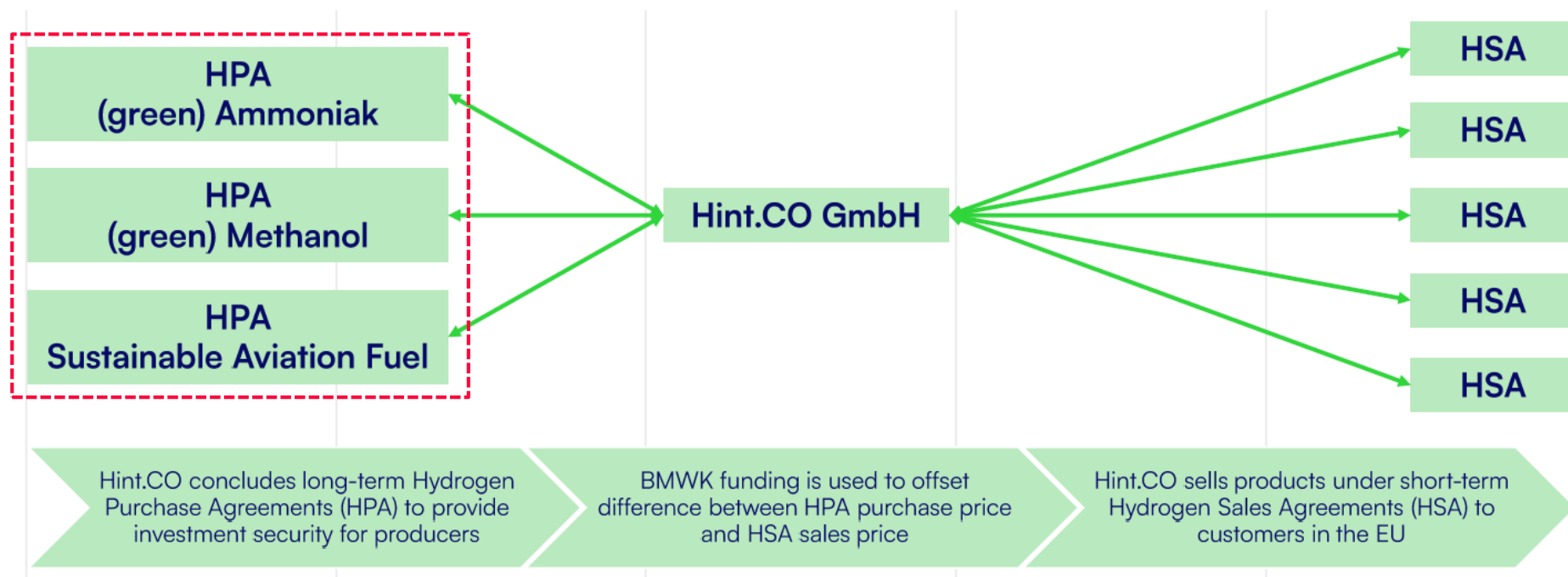
http://files.h2-global.de/H2Global-Stiftung-Policy-Brief-01_2022-EN.pdf

Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Protection, H2Global Foundation, Hydrogen Intermediary Network Company GmbH「International Market Consultation on the 1st H2Global Bidding procedure」(2022年7月13日)

https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/h2global/international-market-consultation-on-the-1st-h2global-tender.pdf?__blob=publicationFile&v=6

独「H2Global」現在の公募（供給側）

- 募集第一弾は、グリーンアンモニア、グリーンメタノール、再エネベースのSAF（ウクライナ危機を受けて、緊急性の高い物質に変更か）



（３）多国間枠組における議論の現状評価と今後の活用方法に関する報告書・提言の作成

- 現状でも今後も水素関連の多国間枠組みはかなり多く、すべての活動はある程度のオーバーラップを持っている。特に水素の認証分野は、世界的な脱炭素化への強化もあり、どの機関も興味を持っている。
- また、民間組織であるHydrogen Councilも水素認証制度に力をいれつつある。
- 同様に最近ではIRENAもグリーン水素の展開（認証枠組みなど）にも力をいれつつある。
- 多くの多国間イニシアティブの中でも、IPHEは、水素に特化した政府間組織として一定の存在力と影響力を有している。