

Strategy realized

# 「グリーン」水素を通じて 次のゼロエミッション革命 を創り出すには？



The better the question.  
The better the answer.  
The better the world works.

**EY**

Shape the future  
with confidence

# 「グリーン」水素を通じて 次のゼロエミッション革命を創り 出すには？

新たなテクノロジー、コストの低下、適切なインセンティブ政策により、グリーン水素は世界の脱炭素化に向けて、今まで以上に重要な役割を果たすことができるようになる。

## マネジメントが将来を 見極める際の3つの「問い合わせ」

1. 「グリーン」水素の新規事業化が急務となっているのはなぜか？
2. その恩恵を最も受けるのは誰か？
3. どうすればエネルギー企業・インフラ企業はグリーン水素への移行を加速させることができるか？

地球上で最も豊富に存在する元素は水素ですが、クリーンエネルギー源として活用することが実現可能かどうかについて数十年にわたって議論が重ねられた末、ようやく注目を集めつつあります。

エネルギーに関する議論では、長い間、木材、天然ガス、石油、電気などが中心でした。最近になっても、脱炭素化の主役争いでは、コスト、テクノロジー、安全性の面から、グリーン水素は現実的な候補にあがらないことがほとんどです。グリーンエネルギーの取り組みのほとんどが、太陽光・風力・地熱に関するものでしたが、各国が国際的な脱炭素目標を達成するためには、再生可能エネルギー・システム（RES）を利用して大規模な電化を実現する必要があります。



# 水素ビジネスのバリューチェーンに携わる各種プレーヤーの事業機会

「グリーン」水素は、もしそれが本当に「グリーン」であるならば、バリューチェーンの各段階において魅力的な投資対象となる可能性を秘めています。

水素は水素のままで、あるいはアンモニアに変換して、すでに産業利用されています。そのため、製造(主に炭化水素の水蒸気改質や酸化)、バーチャルパイプライン(トラック)、工場に近接した貯蔵所を中心としたバリューチェーンがすでに構築されています。

図1: 水素ビジネスに係るバリューチェーン概要



Source: EY analysis

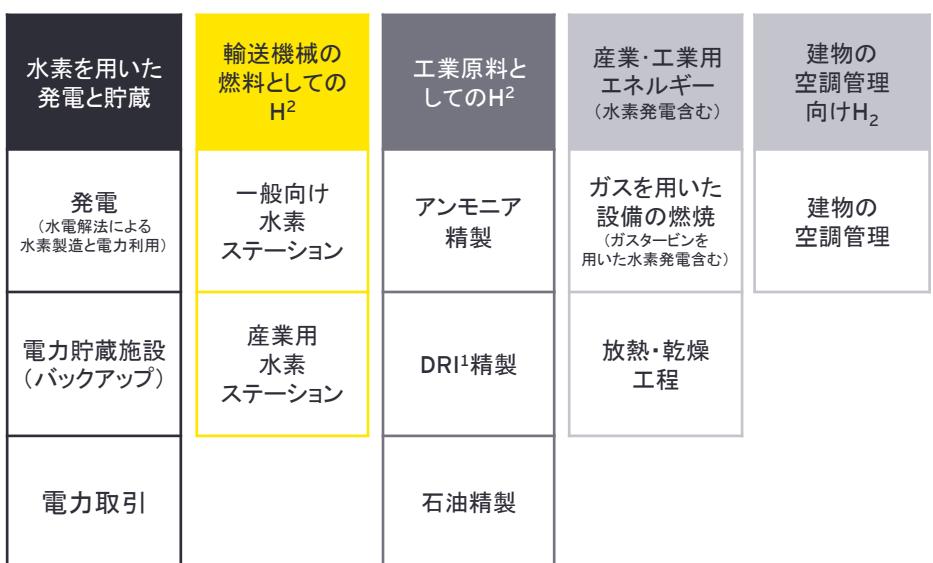


その一方で、よりグリーンなエネルギーの生成が求められるほか、取引量の増加が予想されること、さらに用途が新たに生まれたり拡大したりすることで、セクターの現在の構造を改革する必要が生じるでしょう。この結果、以下のような投資機会がバリューチェーン全体にもたらされます：

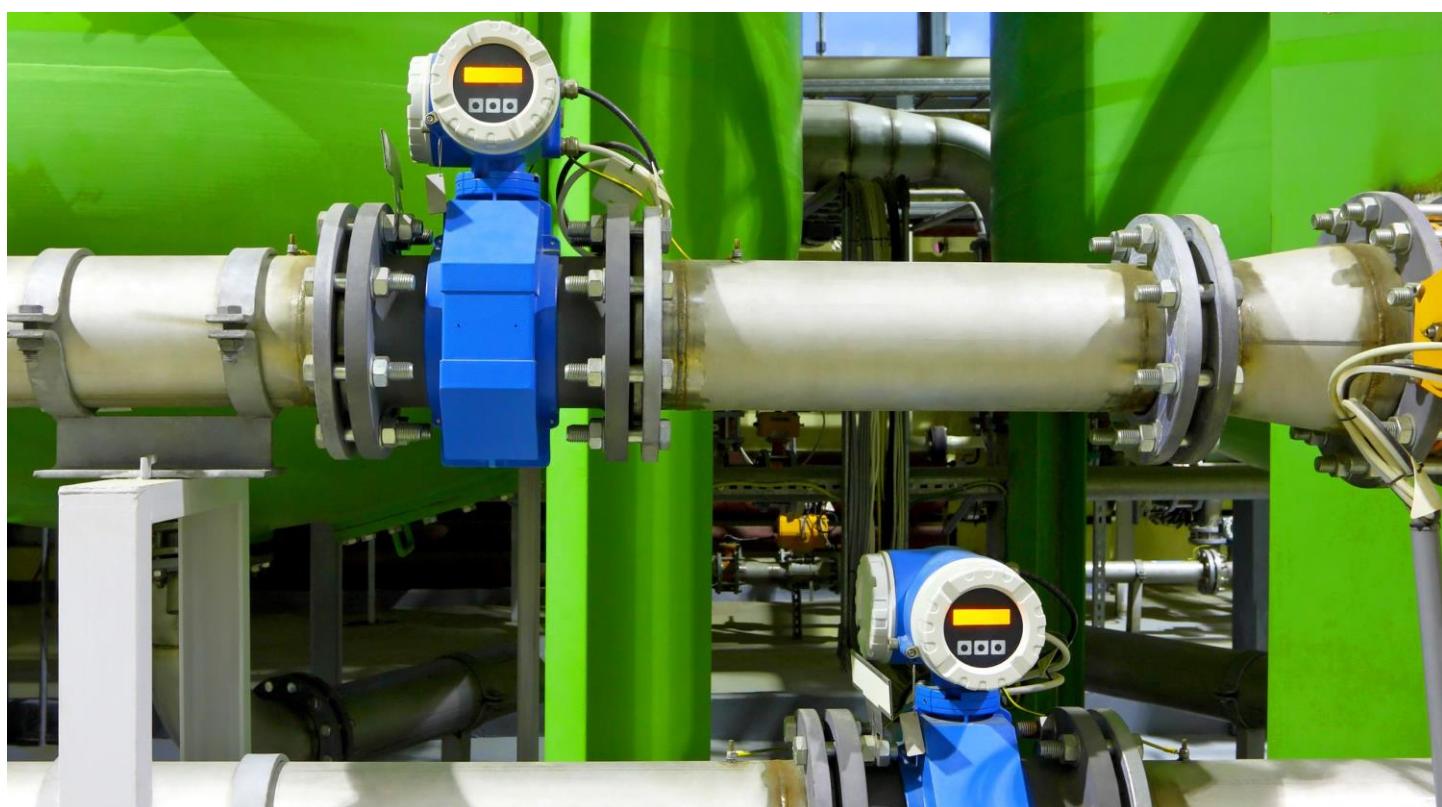
- 新しい水素製造技術
- 配送・流通に伴う新しいビジネスモデルやソリューションの勃興
- グリーンエネルギー源としての新たな用途市場の開拓

もしも実現されるならば、グリーン水素は、さまざまなセクターの脱炭素化に貢献し、発電や輸送から、エネルギー、工業用原料に至るまで、バリューチェーン全体に数多くのビジネスチャンスを生み出します。

図2: 水素の用途市場



<sup>1</sup> Direct reduction in iron (DRI)



# 製造される水素は3つの「色」に大別され、「グリーン」に分類できるのは限られた製法で製造された水素のみ

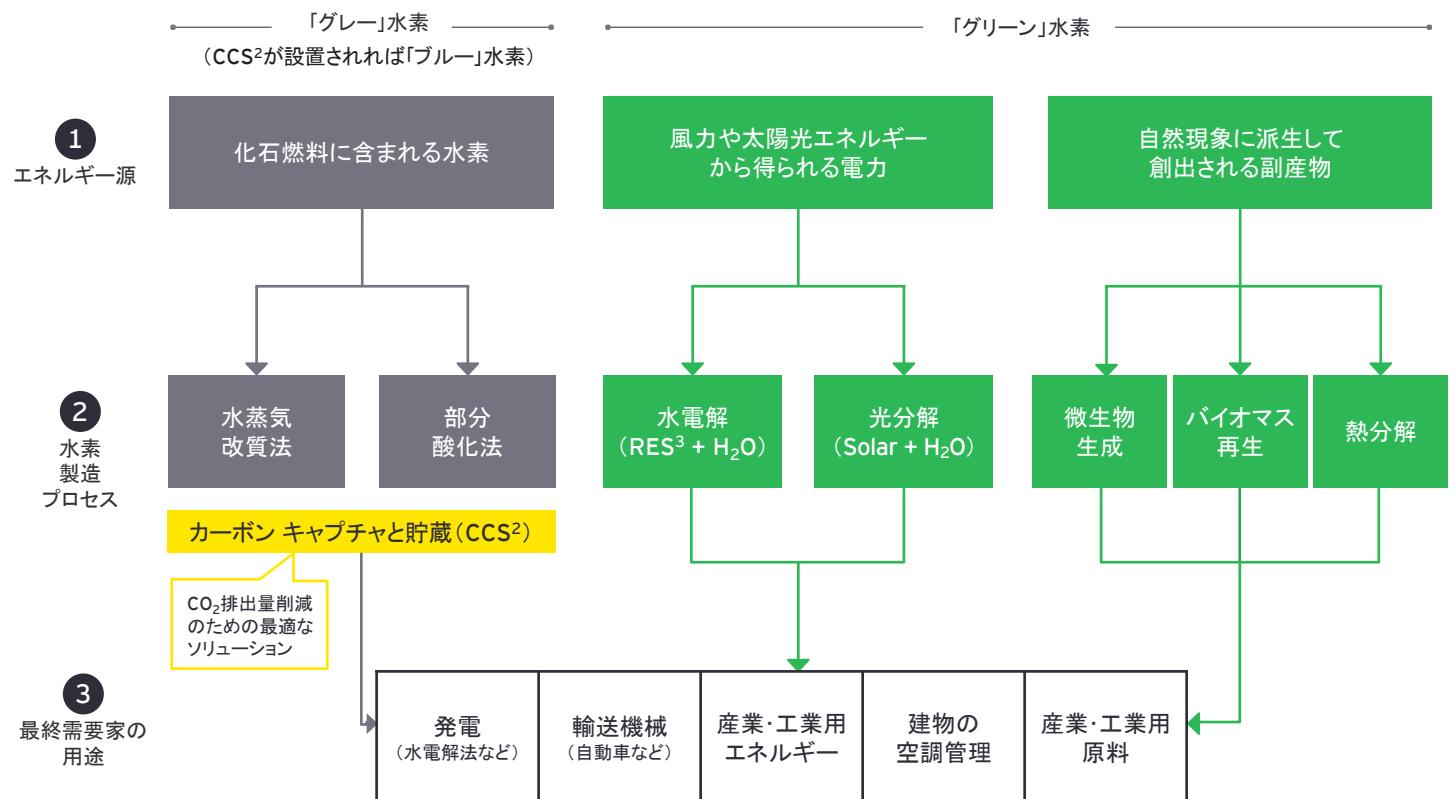
無尽蔵な資源である水素は、世界にエネルギーを無限に供給できる可能性を秘めています。さまざまな資源を原料として場所を選ばずに製造することができ、現場でも流通先でも使用できるなど、水素には数多くのメリットがあります。また、燃焼セルで酸素と反応させると、温室効果ガスの排出量を抑えながら電気エネルギーを発生させることができます。

しかし、最後の段階では排出量がゼロであるとはいえ、環境へのやさしさを示す水素の"グリーン度"は、水素製造の原料によって異なります。水素の脱炭素化が可能かどうかを大きく左右するのは、その製造方法と原料となる天然資源です。

- 化石燃料を原料とする水素は「グレー」に分類される
- 化石燃料を使用していても、製造プロセスでの二酸化炭素排出量を抑制するために二酸化炭素の回収・貯留(CCS)策を講じていれば「ブルー」に分類される
- 水と再生可能エネルギーを原料として電解槽に電力を供給することで生成され、製造プロセスが完全にグリーンで持続可能なものである場合は「グリーン」に分類される

現在製造されている水素は、ほぼ全てが「グレー」水素であり、主にアンモニアと肥料の製造のほか、石油の精製に使用されています。

図3:「グレー」「ブルー」「グリーン」の水素製造過程



<sup>2</sup> Carbon Capture and Storage, <sup>3</sup> Renewable sources

# 3つのビジネスモデルと、それぞれ異なる「グリーン」水素サプライチェーンの選択肢

「グリーン」水素の製造方法はいくつかありますが、実用化という観点から考えると、用途が最も広いのは電気分解です。ただし、最大のチャンスは「グリーン」水素の製造と流通にあります。

「グリーン」水素はエンドユーザーのニーズや規模、現在あるいは将来利用可能な技術に応じて、3種類のサプライチェーンのモデルがあります。

**1. オンサイトプラントモデル(利用現場での製造):** 現地で生成した再生可能エネルギー(太陽光・風力など)を原料として、製造に必要な技術的なソリューション・設備をエンドユーザーが水素を利用する現場に設置することにより、「グリーン」水素を現場で製造します。

- **Benefit:** 輸送コストがかからず、輸送インフラも不要
- **Challenge:** 製造能力が低いため、製造能力と必要量のバランスを取る必要がある

## 2. オフサイトでの製造と流通(現地以外での製造と流通):

当モデルでは、電力・ガス会社が大規模なオフサイトプラントで「グリーン」水素を製造し、パイプラインやトラックなどのさまざまなチャネルを通じて消費者に直接届けられます。

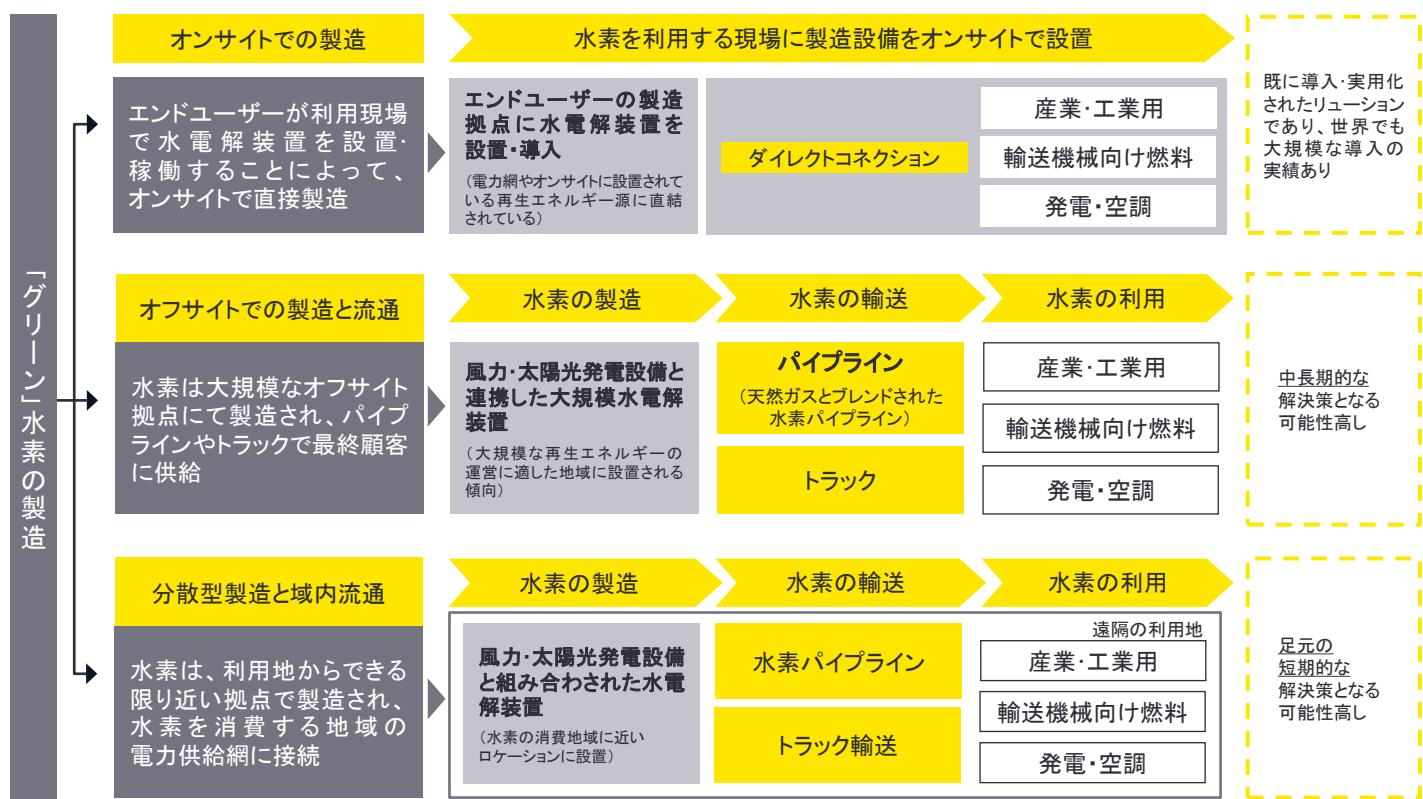
- **Benefit:** 消費者への大量流通ができ、スケールメリットによる製造コストの削減が可能
- **Challenge:** インフラがプロジェクトの成功の鍵を握る

## 3. 分散型製造と域内流通:

このハイブリッドモデルでは、自然エネルギーを動力源とする既存の電力網に、ユーザーの近くに設置された電解槽の拡散システムを接続します。地域の消費者にサービスを提供するために、ローカル・グリッドが開発されます。

- **Benefit:** スケールメリットによる製造コストの削減と水素グリッドの構築期間の短縮
- **Challenge:** 現地の消費量を増やす場合には地元のステークホルダーとの合意を得る必要あり

図4:「グリーン」水素の製造— サプライチェーンのモデルは3つ



Source: EY analysis

# 課題:「グリーン」水素の素晴らしさは認めるが、コスト高

「グレー」水素を「グリーン」水素に替え、産業・業務用途や発電・燃料電池用途を拡大する上での最大の障壁は製造コストです。「グレー」水素や「ブルー」水素と比べ、グリーンエネルギーの製造には現在、非常に多額のコストがかかります。この大きな製造コストの差を縮めることに求められる要素は3つです。

- 1. 電解槽に関する技術革新とコスト改革** 電解槽にかかる設備投資を60～70%削減する必要があります。このターゲットはメーカーが想定する将来コスト予測とも合致しており、実現性が見込めます。スケールメリット・製造拠点の大型化、ノウハウの蓄積によって確実なコスト削減が期待できます。
- 2. 再生可能エネルギーに関する製造・供給コストの低下** 水素の変換過程で消費されるエネルギーはランニングコストの主要要素であり、半減させる必要があります。風力や太陽光などの再生可能エネルギー技術を利用したLCOE(均等化発電原価)を考えると、これは達成可能なはずです。
- 3. CO2排出コストの上昇** 排出量取引制度を導入している国では、CO2の排出コストが今後10年間で50%上昇することが予想されます。これは「グレー」水素技術と天然ガスに関連したコストであり、このコスト上昇が「グリーン」水素のコスト競争力を向上させる一助となるでしょう。

水素は幅広い用途を持っています：①エネルギーとして(燃焼させることで熱に変換したり、電力に変換したり...)、②化成品として(※工業原料として)、さらには③特殊な性質を有したガスとして...

複数の産業分野を跨いだ、水素が用いられるすべての潜在的な用途と使われ方の分類として、現状対応可能な基本的なニーズに基づいて、5つのグループに区分しました。

- 1. 発電(水電解法による水素製造と電力利用)**: 水を生成する際と逆の変換(電気分解)によって、必要に応じて水素を製造し、電力としての利用が可能になります。この手法であれば、必要なときにエネルギーを供給することが可能となる上に、長期的な耐久性・信頼性を鑑みると、電力貯蔵に対するニーズを解決する新しいソリューションとなります。さらには、再生可能エネルギーが抱える不安定な発電量がもたらす発電と電力利用時間のズレを解決し、安定化させるための手段にもなります。
- 2. (自動車等)輸送機械の燃料電池**: 一般消費者に最も近い用途として、水素は自動車をはじめとした輸送車輛のエネルギー供給用途があります。
- 3. 工業原料**: 水素は、エネルギー源としての気体というだけでなく、その化学反応力を活かしてさまざまな工業用途で利用されている化学元素でもあります。すでに製造プロセスフローの中で水素を使用している代表的なセクターは、石油精製・鉄鋼生産です。
- 4. 産業用エネルギー・水素発電(専焼・混焼)**: 天然ガスの代替として水素を燃やしたり、天然ガスと水素を混ぜてタービンを燃焼させることによって熱や電気を作ることができます。重要なのは、水素と天然ガスで密度や発熱量などの特徴が異なることですが、設備の変更や投資を行うことで、置き換えが可能になります。温室効果ガス排出量を大幅削減できるため、環境への好影響は明らかです。
- 5. 建物の空調管理の熱源**: 上述の産業用と同様、水素を住宅・施設(住宅、学校、病院など)の空調用途に用いることができます。

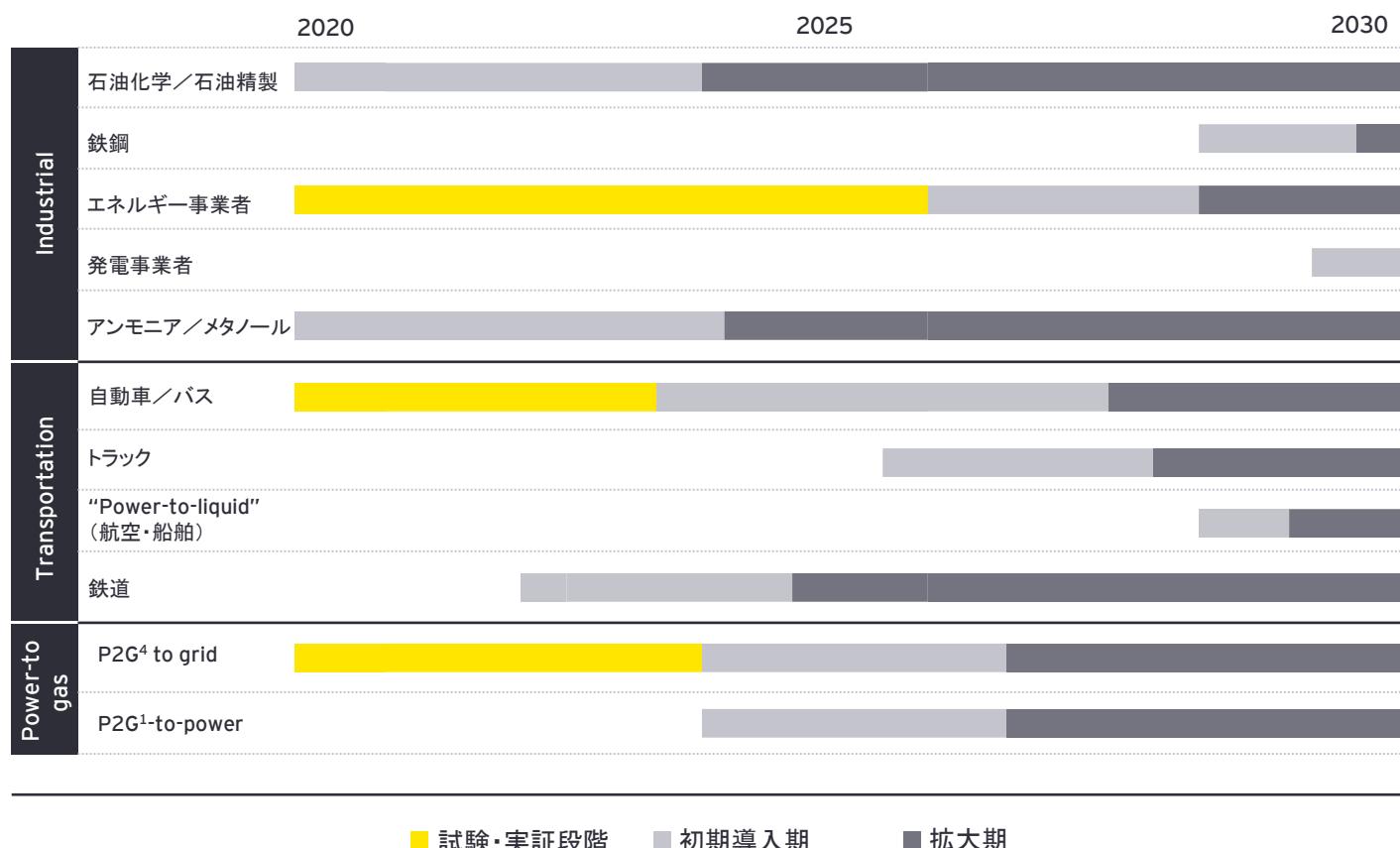


しかし各国政府のインセンティブ政策がなければ、「グリーン」水素がその他の水素製造方法とコスト面で競争力を持つようになるには(用途・使われ方に関する技術・業務面での成熟度によるもの)少なくとも2030年までかかるはずです。

一方、すでに水素をエネルギー製造の工程に投入する「原材料」として使用する場合には、「グリーン」水素への移行に必要となる投資は少なく済み、コスト差も小さくなるため、より早くコスト競争力を獲得できるでしょう。

裏腹に、天然ガスから水素への移行については、水素がコスト競争力を獲得するまでの時間を最も要する領域かもしれません。移行は温室効果ガスの排出量に最も大きな影響を与え、対象市場も大きいものの、「グリーン」水素がコスト面で天然ガスに並ぶのはまだ先の話です。

図5: EYが考える、用途別「グリーン」水素の導入・拡大タイミング



# 2030年まで費用対効果を見込めるにいかかわらず、「グリーン」水素の導入を「今」検討すべき理由

高いコストにもかかわらず、「グリーン」水素の需要は拡大しています。EYの調査によると、「グリーン」水素製造の市場規模は2030年までに、設備容量にして140ギガワット(GW)近くに達すると予想されます。2020年時点の設備容量が累積で1GW未満であることを踏まえると、大幅に増大することを示唆しています<sup>1</sup>。

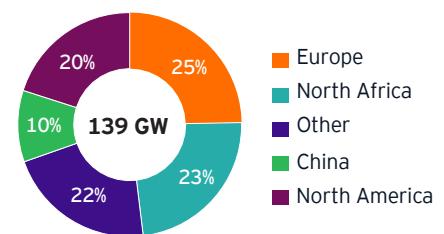
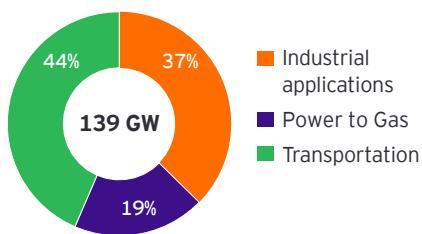
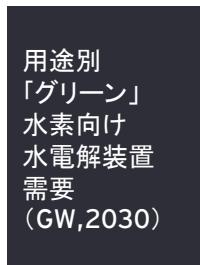
用途市場の側面から見ると、[P2G(power-to-grid)とP2P(power-to-power)を含む]エネルギー源としての重要性が最も増し、特に「グリーン」水素普及の第二段階においてその傾向が加速すると予想されます。産業用エネルギー("On-Site"における備蓄設備拡大が中心と想定)や輸送機械向けの燃料電池の容量についても、費用対効果が加速度的に高まる可能性があります。

欧洲から中国・アジア、北アフリカから米国に至るまで、「グリーン」水素の導入を加速させる意欲に、地域による差異はほとんどありません。

前提として、本資料での見解は極めて広い範囲のシナリオの平均的な見方に過ぎません。この市場を正確・確実に予測するのはまだ時期尚早です。各国・地域の目標は、各国政府のエネルギー・アジェンダと強く結びついており、事態は逐次・断続的に変化していくものと思われます。

この野心的な目標を達成するためには、世界中の国々が温室効果ガスの排出量を削減するためのステップを一つ一つ駆け上がってゆかなければなりません。2019年、欧州連合(EU)は、2030年までにEUの温室効果ガス排出量を1990年比で50%から55%に削減することを目指す法律(欧州グリーンディール)を導入しました。一方、中国は、「[2020年までに鉄鋼生産において排出される4億8,000万トンの二酸化炭素容量を『超低排出』基準に適合させることを義務付ける](#)」という措置を取ることに迫られています。また、エネルギー製造における石炭への依存度を下げるため、電力網の整備も進めています。米国では、カリフォルニア州が2006年に地球温暖化対策法を制定し、州全体で温室効果ガスの排出量を制限するなど、先進的な取り組みを行っています。2016年にはより高い目標を掲げ、温室効果ガスの排出量削減目標を2030年までに1990年比で40%削減することになりました。

10年後ではなく今、「グリーン」水素を検討すべきもう一つの理由は、「グリーン」水素の分野で先駆者となることで、競争優位を確立できるチャンスがあるからです。テクノロジー企業は、より優れた・より効率的な・よりコスト効率の高い電解槽や燃料電池をいち早く市場に投入しようと行動を起こしています。また、多額の資金を持つプライベート・エクイティもM&Aを通じて「グリーン」水素に賭けており、関心の高さが垣間見えます。



## 需要の増加をけん引する要因は何でしょうか？

各国政府や企業における脱炭素化への取り組みが重要な役割を果たしており、各国政府や企業が燃料電池自動車の導入を目標としていることも挙げられます。

2015年12月に194カ国がパリ協定に署名し、今世紀の地球の気温上昇を2°C以下に抑え、1.5°Cに抑えるための努力を追求することを約束しました。また、この協定では、すべての署名国が気候変動の影響に対処するために最善の努力をすることが求められています。

「グリーン」水素のコストは、まだ「グレー」水素や「ブルー」水素と同等にはなっていませんが、多くの企業にとって、今すぐ「グリーン」水素の切符を買って列車に乗ることへの理由には十分な状況となっています。

一部の企業では、すでに「グリーン」水素を戦略的課題に組み込んでいます。これから始めようとしている企業において、リーダーは下記の「問い合わせ」への答えを探しているはずです。

- 「グリーン」水素の世界で、自社が提供する価値は何か？
- 今からでも提供可能なソリューションはあるか？  
あるいは、新たに導入すべきソリューションはあるのか？
- 自社として(新たな)サポートやインフラを必要とする新たな市場やビジネスの機会はあるか？新たに検討すべきビジネスそのものやビジネスモデルはあるのか？

# 「グリーン」水素の導入を加速させるために必要な5つの要素

グリーン水素の導入を検討する企業が、導入を加速させるために必要な要素は下記の5つです。

## 1. 水素製造技術やスケール拡大によるコストダウン加速

— 前述のとおり、「グレー」水素と同等のコストになるには、少なくとも10年はかかると予測されています。水素製造技術やスケールメリットを深化させることでコストダウンを加速させることによって、同等化を早めることができます。

## 2. インフラストラクチャー — 「グリーン」水素の高コストを構成しているもう一つの要因は、大規模な生産拠点と分散された消費拠点を結びつけるロジスティクスの複雑さです。天然ガスのパイプラインがある国では、メタンガスを組み入れたソリューションを加速して「グリーン」水素の消費量を増やし、需要と生産を加速させることができます。しかし、このソリューションを支える技術やロジスティクスは非常に複雑です。短期的な代替案としては、H<sub>2</sub>特区を開発し、複数の消費拠点と1つ以上の生産拠点を結びつけることで、複雑さをコントロールすることができます。

## 3. 法制度の整備およびインセンティブ政策 — グリーンエネルギーの導入を加速させるためには、規制やインセンティブが有効な手段となることがあります。太陽光発電や風力発電では、インセンティブ制度が導入を促進し、需要と供給コストの低下をもたらし、再生可能エネルギーが20年以内に既存の系統からの電力コストと同等に到達する見込み(グリッドパリティ)が見えてきました。同様のアプローチは「グリーン」水素にも有効です。2017年に日本は「水素基本戦略」を策定し、国家単位で水素セクターを前進・発展させる最初の国になりました。2019年11月には、オーストラリアも「国家水素戦略」を発表。2020年7月には、EUが「欧州グリーンディール」の一環として、3段階の水素戦略を発表しました。また、2020年7月には、米国エネルギー省の化石燃料局が、水素技術の研究・開発・利用に焦点を当てた水素戦略を発表しました。水素の導入・活用を拡大するための戦略を成功させるには、各国は、戦略の導入・展開において各種のインセンティブや補助金を組み合わせ、実効性を高める政策を進めてゆくことになるでしょう。

**4. 事業者のコミットメント — エネルギーサプライチェーンに関わる事業者は、すでに「グリーン」水素に注目しています。大手エネルギー事業者やインフラメーカーが「グリーン」水素の供給網と必要な設備を早期に導入することによって「グリーン」水素に関する発電・貯蔵・輸送の技術面・オペレーション面の能力を加速できる可能性は十分にあります。**

**5. 一般消費者を惹きつけるための強力なコミュニケーション・キャンペーン — [世界経済フォーラムの記事で紹介された](#)ソーシャルメディアでの匿名調査において、水素を「一般的に安全」と考える回答者は49.5%、「一般的に危険」と考える回答者は31.4%でした。"一般的に危険"と考えている人は31.4%でした。ヒンデンブルク号やスペースシャトル・チャレンジャー号のようなセンセーショナルな災害のイメージにより、水素は「可燃性が高く、自動車の燃料電池などに使用した場合に衝突時に爆発する可能性がある」というイメージが世界中で植え付けられています。水素の危険性に関する神話を払拭し、脱炭素・グリーン社会の実現に向けた「グリーン」水素のメリットを訴求するコミュニケーション・キャンペーンを行うことは、消費者の「グリーン」水素導入へのモチベーションを高め、早期導入を促すことに貢献するはずです。**

# それでも「グリーン」水素の時代はやってくる

何十年もの間、あまり知られず、顧みられてこなかったグリーン水素も、技術の進歩と再生可能エネルギーのコスト低下により、間もなく脱炭素化の新たな切り札になるでしょう。2025年には、ほとんどの電気自動車が、化石燃料の自動車に対して競争力を持つようになると予測されています。

「グリーン」水素も同様の道を歩むことになると思われます。数十年の間、相対的に無名であった「グリーン」水素は、技術の進歩と自然エネルギーのコスト削減により、脱炭素化の新しい寵児となるはずです。

- 現在「グレー」水素を利用している企業は、特に先行者として「グリーン」水素への移行の流れに乗る絶好の立場になります。
- 「グリーン」水素革命の恩恵を受けることができる企業は、戦略を策定し、新たなビジネスモデルを試行している企業です。
- これまで「グリーン」水素の導入を検討したことのない企業でも、二酸化炭素排出量の削減を望むのであれば、今、検討を始めることができます。

水素の導入に注力する企業が増えれば増えるほど、コスト競争力の獲得と消費者の需要拡大が速まります。

映画「フィールド・オブ・ドリームス」の言葉を借りれば、「If you build it, they will come —フィールドを作れば、彼らはやってくる」水素ビジネスに集中すればするほど、水素を魅力的で競争力のあるものにするための道のりが早くなり、ビジネスユーザー・一般消費者の需要も早く高まってゆくでしょう。適切な時期に業界を作り上げ、先導する事業者となるためには、今日から基礎固めを進めてゆく必要があるはずです。



## Authors



**Giacomo Chiavari**

Partner  
EY Advisory S.p.A.  
Italy  
[giacomo.chiavari@parthenon.ey.com](mailto:giacomo.chiavari@parthenon.ey.com)



**Matteo Savoldelli**

Senior Manager  
EY Advisory S.p.A.  
Italy  
[matteo.savoldelli@parthenon.ey.com](mailto:matteo.savoldelli@parthenon.ey.com)



**Matteo Foffano**

Manager  
EY Advisory S.p.A.  
Italy  
[matteo.foffano@parthenon.ey.com](mailto:matteo.foffano@parthenon.ey.com)

## EY Japanの窓口



**山脇 倫王**

EYストラテジー・アンド・コンサルティング  
株式会社  
エネルギーセクター シニアマネージャー  
[reo.yamawaki@jp.ey.com](mailto:reo.yamawaki@jp.ey.com)

EYは、クライアント、EYのメンバー、社会、そして地球のために新たな価値を創出するとともに、資本市場における信頼を確立していくことで、より良い社会の構築を目指しています。

データ、AI、および先進テクノロジーの活用により、EYのチームはクライアントが確信を持って未来を形づくるための支援を行い、現在、そして未来における喫緊の課題への解決策を導き出します。

EYのチームの活動領域は、アシュアランス、コンサルティング、税務、ストラテジー、トランザクションの全領域にわたります。蓄積した業界の知見やグローバルに連携したさまざまな分野にわたるネットワーク、多様なエコシステムパートナーに支えられ、150以上の国と地域でサービスを提供しています。

### All in to shape the future with confidence.

EYとは、アーンスト・アンド・ヤング・グローバル・リミテッドのグローバルネットワークであり、単体、もしくは複数のメンバーファームを指し、各メンバーファームは法的に独立した組織です。アーンスト・アンド・ヤング・グローバル・リミテッドは、英国の保証有限責任会社であり、顧客サービスは提供していません。EYによる個人情報の取得・利用の方法や、データ保護に関する法令により個人情報の主体が有する権利については、[ey.com/privacy](http://ey.com/privacy)をご確認ください。EYのメンバーファームは、現地の法令により禁止されている場合、法務サービスを提供することはありません。EYについて詳しくは、[ey.com](http://ey.com)をご覧ください。

#### EYのコンサルティングサービスについて

EYのコンサルティングサービスは、人、テクノロジー、イノベーションの力でビジネスを変革し、より良い社会を構築していきます。私たちは、変革、すなわちトランسفォーメーションの領域で世界トップクラスのコンサルタントになることを目指しています。7万人を超えるEYのコンサルタントは、その多様性とスキルを生かして、人を中心据え(humans@center)、迅速にテクノロジーを実用化し(technology@speed)、大規模にイノベーションを推進し(innovation@scale)、クライアントのトランسفォーメーションを支援します。これらの変革を推進することにより、人、クライアント、社会にとっての長期的価値を創造していきます。詳しくは、[ey.com/ja\\_jp/services/consulting](http://ey.com/ja_jp/services/consulting)をご覧ください。

#### EYストラテジー・アンド・トランザクションについて

EYストラテジー・アンド・トランザクションは、クライアントと共に、そのエコシステムの再認識、事業ポートフォリオの再構築、より良い未来に向けた変革の実施を支援し、この複雑な時代を乗り切る舵取りを支えます。グローバルレベルのネットワークと規模を有するEYストラテジー・アンド・トランザクションは、クライアントの企業戦略、キャピタル戦略、トランザクション戦略、ターンアラウンド戦略の推進から実行までサポートし、あらゆるマーケット環境における迅速な価値創出、クロスボーダーのキャピタルフローを支え、マーケットに新たな商品とイノベーションをもたらす活動を支援します。EYストラテジー・アンド・トランザクションは、クライアントが長期的価値をはぐくみ、より良い社会を構築することに貢献します。詳しくは、[ey.com/ja\\_jp/services/strategy-transactions](http://ey.com/ja_jp/services/strategy-transactions)をご覧ください。

© 2025 EY Strategy and Consulting Co., Ltd.

All Rights Reserved.

ED None

本書は*How can hydrogen spark the next zero-emissions revolution?* を翻訳したものです。

英語版と本書の内容が異なる場合は、英語版が優先するものとします。

本書は一般的な参考情報の提供のみを目的に作成されており、会計、税務およびその他の専門的なアドバイスを行うものではありません。EYストラテジー・アンド・コンサルティング株式会社および他のEYメンバーファームは、皆様が本書を利用したことにより被ったいかなる損害についても、一切の責任を負いません。具体的なアドバイスが必要な場合は、個別に専門家にご相談ください。

[ey.com/ja\\_jp](http://ey.com/ja_jp)