



中東・北アフリカにおける 水素プロジェクトの動向

日本貿易振興機構（JETRO）
ドバイ事務所
海外ビジネスサポートセンター ビジネス展開課
2023年4月

【免責条項】

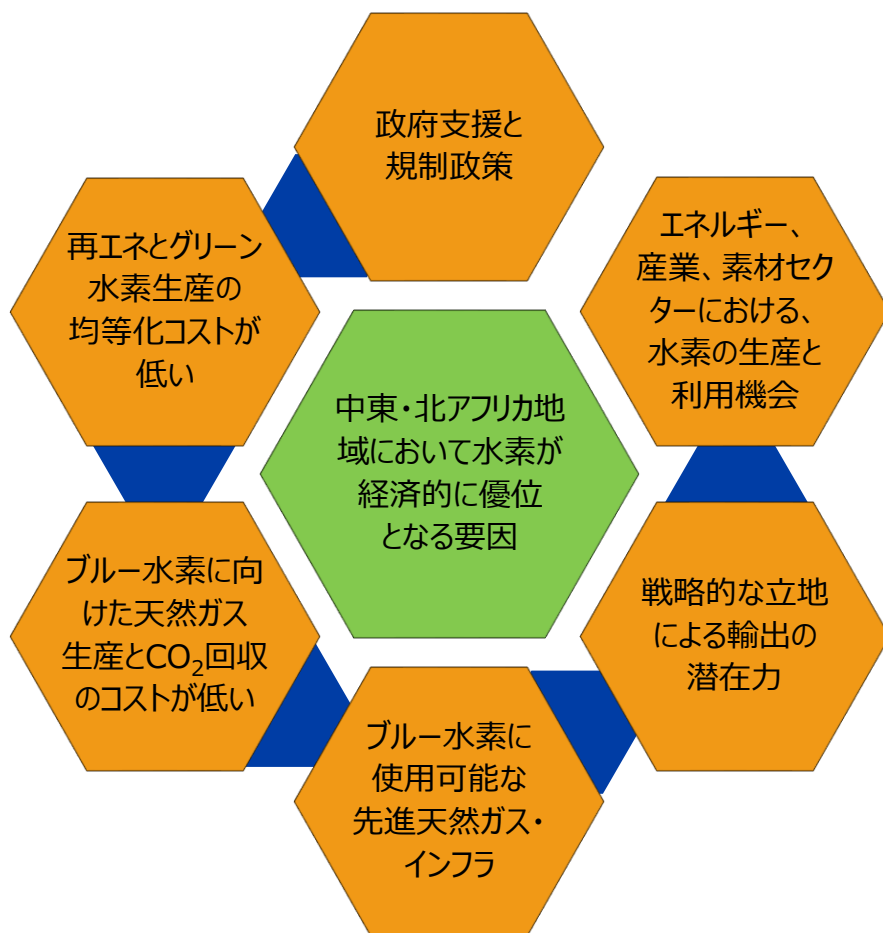
本レポートで提供している情報は、ご利用される方のご判断・責任においてご使用下さい。ジェトロでは、できるだけ正確な情報の提供を心掛けておりますが、本レポートで提供した内容に関連して、ご利用される方が不利益等を被る事態が生じたとしても、ジェトロおよび執筆者は一切の責任を負いかねますので、ご了承下さい。

禁無断転載 Copyright (C) 2023 JETRO. All rights reserved.

考察 – なぜ中東・北アフリカで水素なのか？

- **圧力 – 外部からの力**
 - 脱炭素化へのストレス – 排出量実質ゼロ目標、国境炭素税
 - 石油・ガスを補完する新たな低炭素エネルギー関連事業の発掘が必要
- **機会**
 - 主要経済国（日本、韓国、ヨーロッパ）でのH2輸入需要の増大
 - 水素を利用した基礎素材（アンモニア／肥料、鉄鋼、石油化学、メタノール）の生産による経済多様化の創出という産業機会
 - 世界的なガス価格の高騰の中での再生可能エネルギーのコスト低下とグリーン水素技術の進歩 – 経済競争力の向上
- **競争優位性**
 - 中東・北アフリカでブルーおよびグリーン水素を生産するための高品質な天然資源
 - 潤沢な資本を持つ有能な国家クリーンエネルギー・チャンピオンの増加
 - 世界市場、特に北アフリカからヨーロッパへのアクセス利便性が良い
- 上記の観点から、この分野に知見の深いQamar Energy社の協力を得て、中東北アフリカ地域の水素等プロジェクトの動向に関する調査を実施した。

中東・北アフリカでは水素が経済面で強い

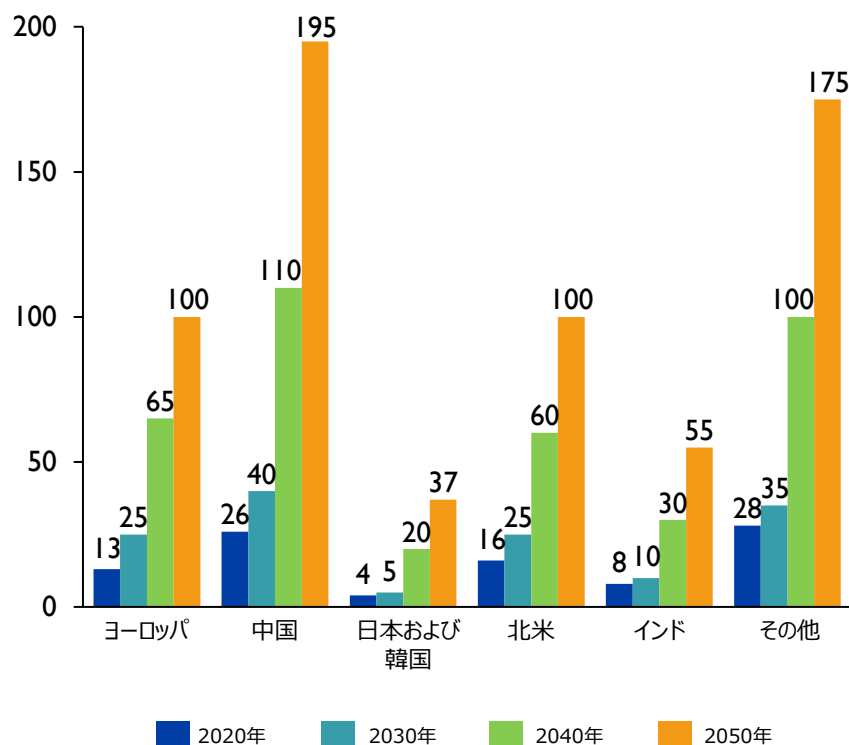


- 再生可能エネルギーによる発電コストの急速な低下と技術の進歩により、水素は低コストでクリーンなエネルギーとして世界的に重要な輸出品になりつつある。
- 中東・北アフリカ地域全体の脱炭素化に向けた大きな流れの一環として水素の重要性が高まり、nCOVID-19のパンデミックとCOP26の決定がこれをさらに加速させている。
- 中東・北アフリカ諸国はブルー水素とグリーン水素の両面で独自の強みを持つため、水素経済を牽引できる。
- 中東・北アフリカの政策立案者にとって、水素には主に次の3つの魅力がある。
 - 化石燃料の国内使用や輸出収益への依存度を多様化する。
 - 世界のエネルギー経済と政治における主要プレイヤーであり続ける。
 - 連携された下流産業と脱炭素素材の輸出を発展させる。

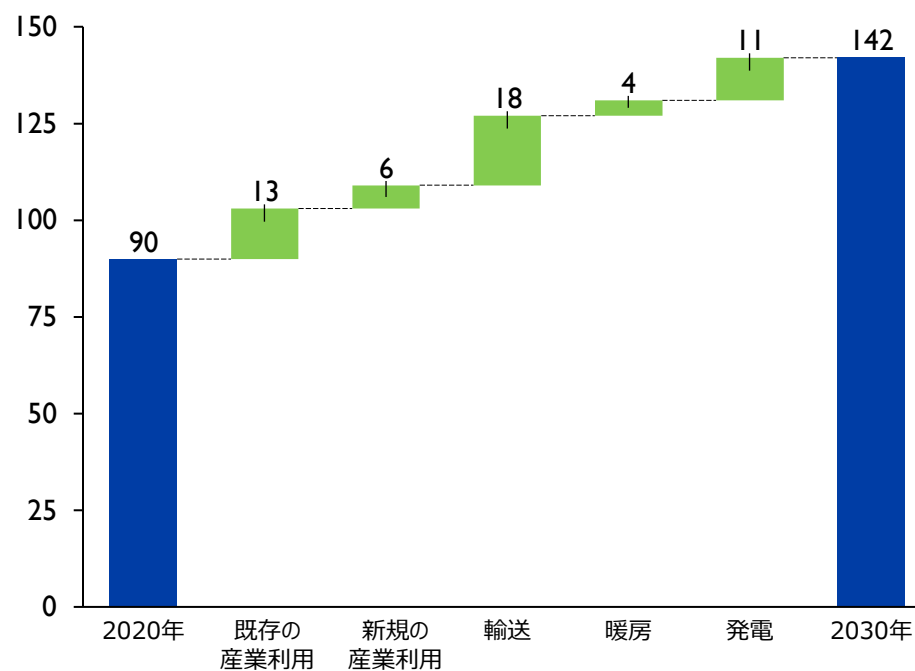
地域別及び分野別の水素需要見通し

- 今日の水素には石油精製、石油化学製品、鉄鋼生産という幅広い用途があり、2018年の需要は1億1,600万トンに達し、1980年代の約3倍となった

世界の水素年間需要
単位：百万トン（MT）



2020年～2030年の純水素需要成長予測
単位：百万トン（MT）



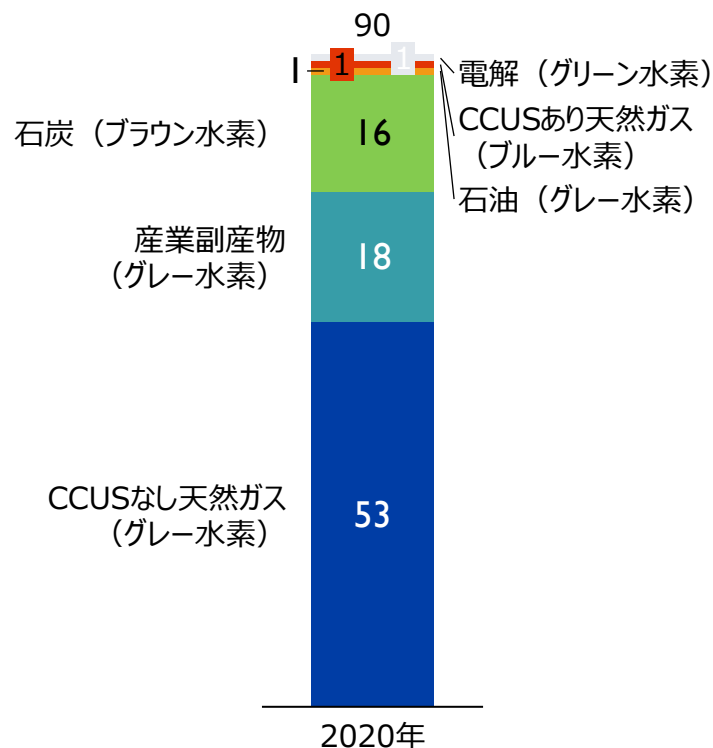
出典：国際エネルギー機関、水素協議会、およびカマル・エナジーの内部調査・分析

世界の水素生産の内訳（グリーン、ブルー、グレー）

- 世界の水素需要は年間9,000万トンで、ほとんどすべてが化石燃料ベースの水素で賄われている

世界の水素生産

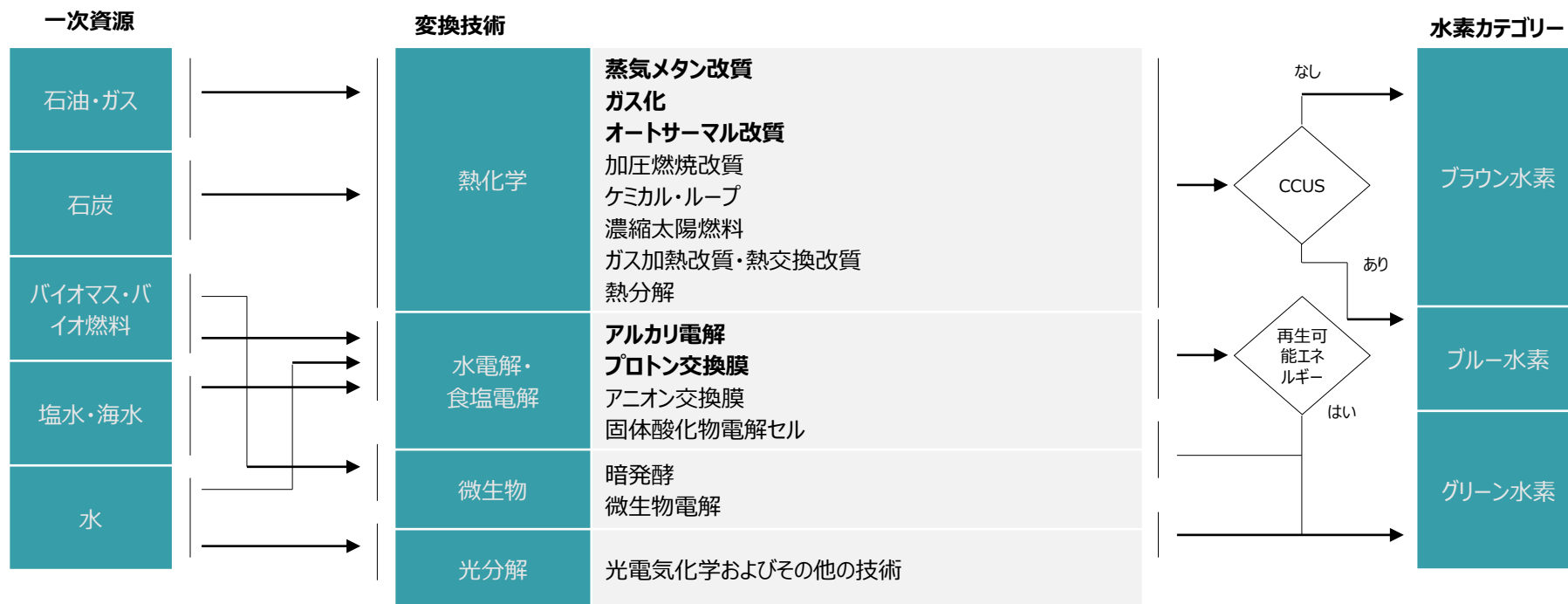
単位：百万トン（MT）



- 世界の純水素生産量は年間9,000万トンに達し、そのうち79%は専用生産施設で生産され、21%は産業副産物である。
- 水素の77%は化石燃料から生産され、その内訳は以下の通りである。
 - 59%はCCUS統合のない天然ガスから生産 (グレー水素)
 - 18%は石炭から生産 (ブラウン水素)
- 再生可能エネルギーや、炭素回収・利用・貯留 (CCUS) 技術を備えた化石燃料プロジェクトから生産される水素は世界の水素供給量の1%未満

世界の水素生産の動向

- 世界の水素供給の95%は、水蒸気メタン改質（SCR）またはオートサーマル改質（ATR）によって生産されている



- 世界の水素供給のほぼすべてが**SMRまたはATRを介しており**、そのほとんどは天然ガスをエネルギー源として、または石炭をガス化して生産されている。
- 再生可能エネルギーや、炭素回収・利用・貯留（CCUS）技術を備えた化石燃料プロジェクトから生産されている世界の水素供給量は、1%未満にすぎない。

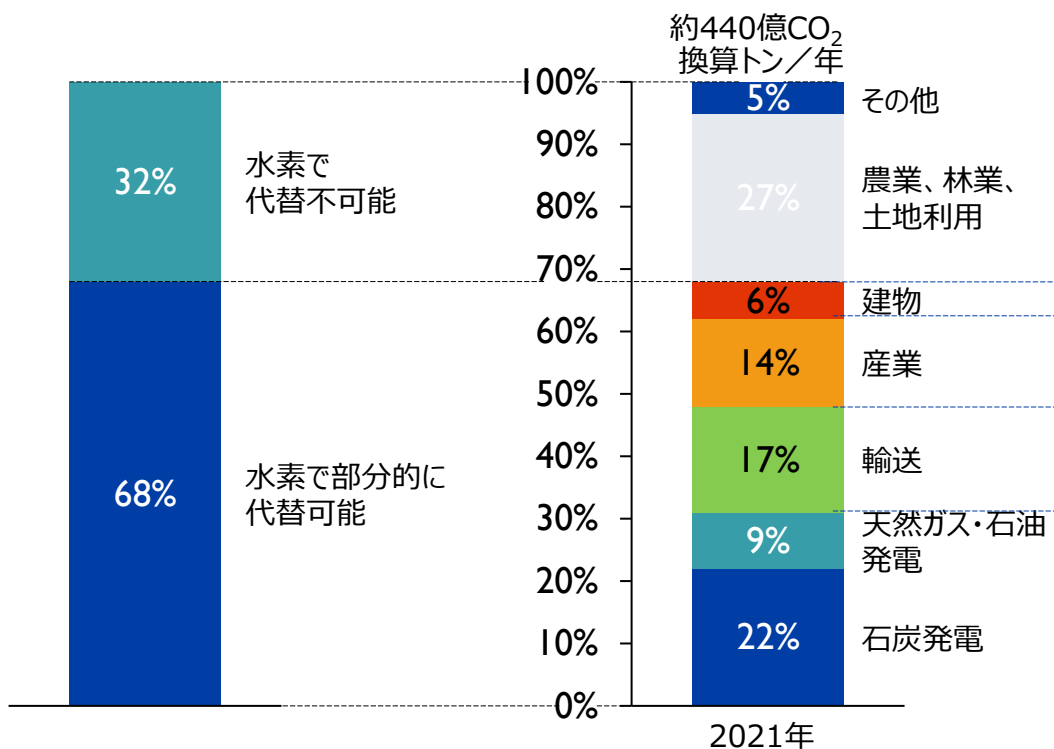
出典：国際エネルギー機関、カマル・エナジーの内部調査・分析

水素の脱炭素化への貢献

- 水素は、世界の排出量の約65%を占める産業全体の燃料代替品として、GHG排出量に部分的に貢献できる

産業別GHG排出量

単位：10億CO₂換算トン／年



水素代替方法

| |
|-----------------------------------|
| 水素による暖房ネットワーク（混合または完全） |
| 産業用熱源、石油精製・化学薬品の原料、鉄鋼生産用還元剤 |
| 燃料電池電気自動車、合成燃料、輸送用エンジン／タービンでの直接燃焼 |
| 再生可能エネルギー、大規模蓄電、地理的バランス、送電網安定化の統合 |

出典：国際エネルギー機関、カマル・エナジーの内部調査・分析

水素の脱炭素化への貢献

- 水素は、同様の用途に対応するその他の低炭素技術とも競合している

| 化石燃料の エンドユーザー | 総石油消費量 (100万石油 換算トン) 2019年 | 低炭素技術 | | | | 水素 | |
|------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|---------------|-------|--------|
| | | バイオマス (バイオ燃料とバ イオガス) | 電化 (再生可能エネ ルギー + 蓄電) | 炭素回収・貯留 | 脱炭素化 総合スコア | 水素適用性 | 水素参入機会 |
| 航空 | 366 | ● | ● | ○ | ++ | ● | ↑ |
| 海事 | 275 | ● | ● | ● | ++ | ● | ↑ |
| 鉄道 | 32 | ● | ● | ○ | ++ | ● | ↑ |
| トラック | 1,997 | ● | ● | ○ | +++ | ● | ↓ |
| 道路／自動車 | | ● | ● | ○ | +++ | ● | — |
| 産業・石油化学 | 291 | ○ | ○ | ● | ++ | ● | ↑ |
| 熱・電気 | 219 | ● | ● | ● | +++ | ● | ↓ |

技術成熟度

- 商業ステージ
- 試験運用ステージ
- 調査ステージ
- オプションとならない

脱炭素化オプション成熟度

- +++ 1つ以上の商業オプション
- + 1つ以上の試験運用プロジェクト
- + 継続的研究開発投資

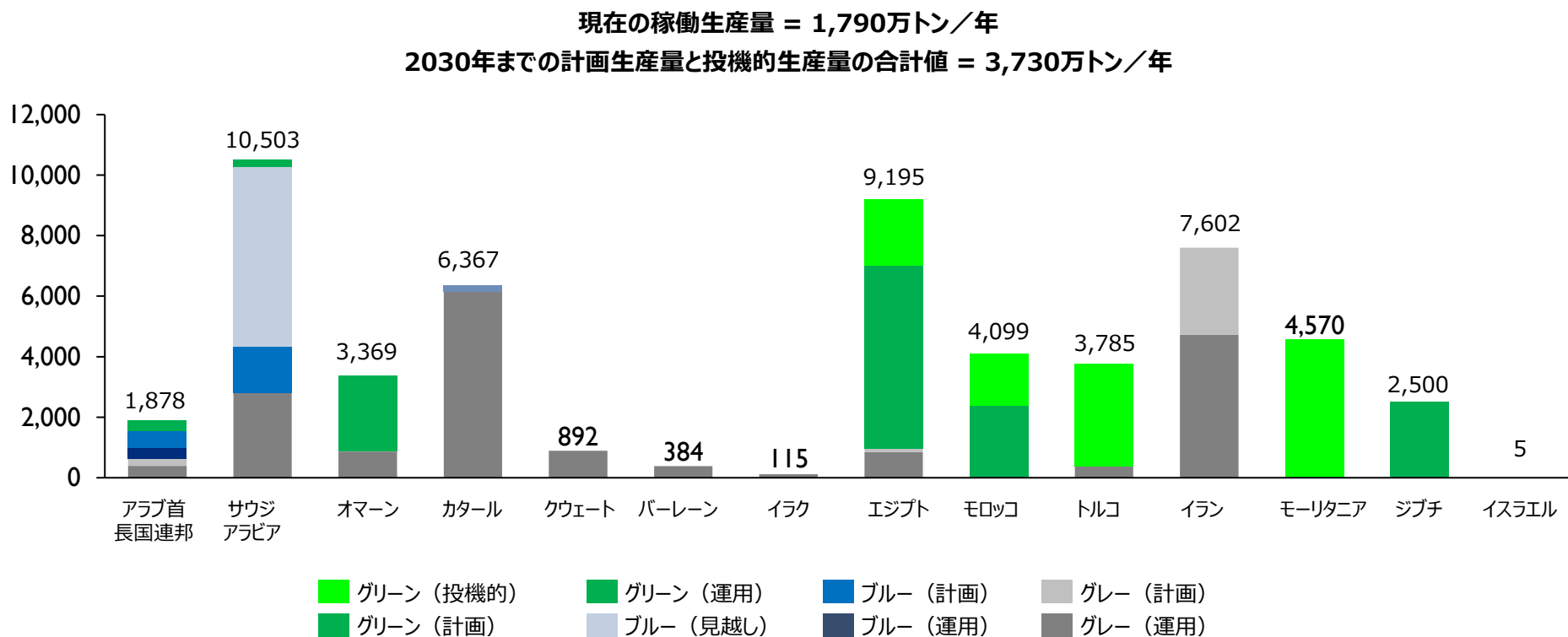
出典：国際エネルギー機関、カマル・エナジーの内部調査・分析

2030年までの中東・北アフリカ各国の水素生産の見通し

- 中東・北アフリカ地域では現在、2030年までに既知のプロジェクト（計画中のプロジェクトおよび投機的なプロジェクトを含む）から年間約5,500万トンの水素を生産する予定である

2030年までの水素生産（水素に特化したプロジェクトと水素に特化しないプロジェクト）

単位：1,000トン（キロトン、kt）

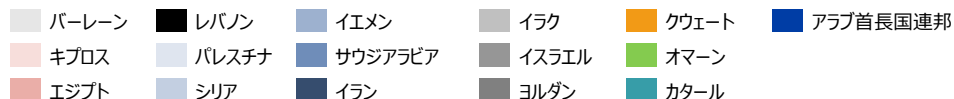
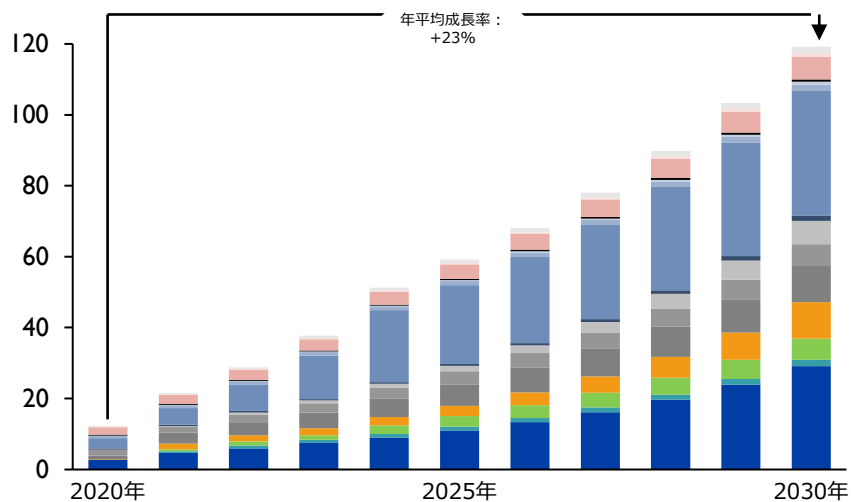


中東・北アフリカ各国における太陽光設備量と電気料金

- 再生可能エネルギーの均等化された生産コストが低いことから、中東・北アフリカ地域は将来のグリーン水素生産において重要な役割を果たす

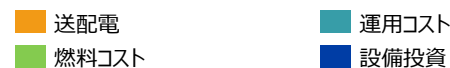
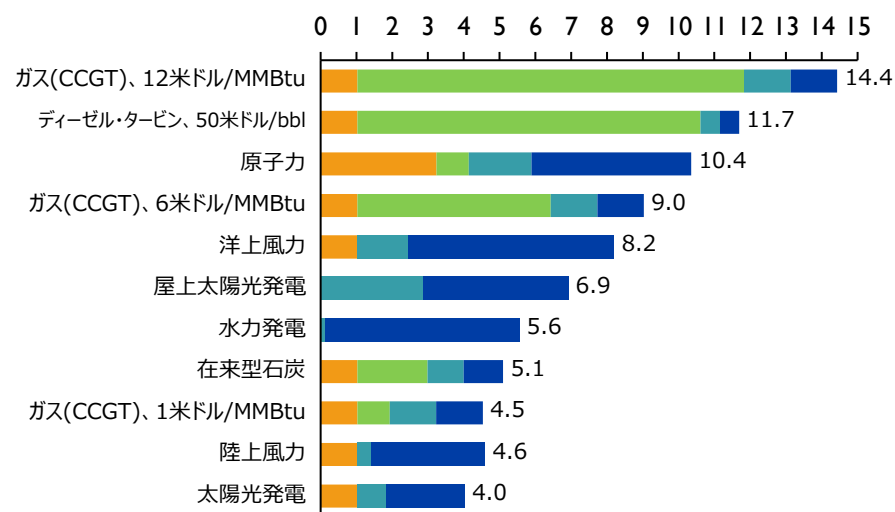
中東における太陽光設置容量と計画容量

単位：ギガワット（GW）



均等化電気料金の内訳

単位：米ドルc / kWh



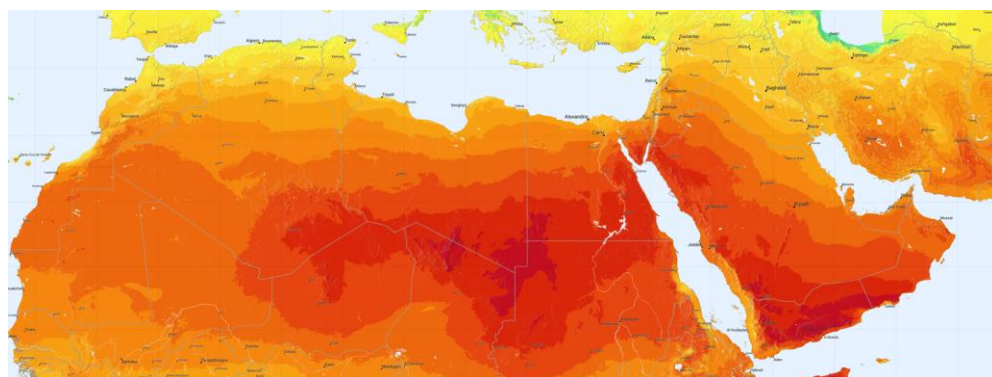
- 大規模ソーラーPV設備の早期導入者は、他国/他地域への輸出業者やグリーン水素の輸出業者になる
- 再生可能エネルギーの低コスト化が進んでいるが、天然ガス発電とのバランスをとる必要がある（特に、負荷率が低い場合）
- 低コストの再生可能エネルギー発電は競争力のあるグリーン水素生産を可能にする

中東・北アフリカ各国における日射量と太陽光発電コスト

- 中東は世界有数の太陽光資源を有しており、GHIレベルは1,852~2,284 kWh/m²と非常に高く、太陽光から水素への変換プロジェクトに利用できる可能性がある

年平均全天日射量 (GHI)

単位：キロワット時/平方メートル (kWh /m²)

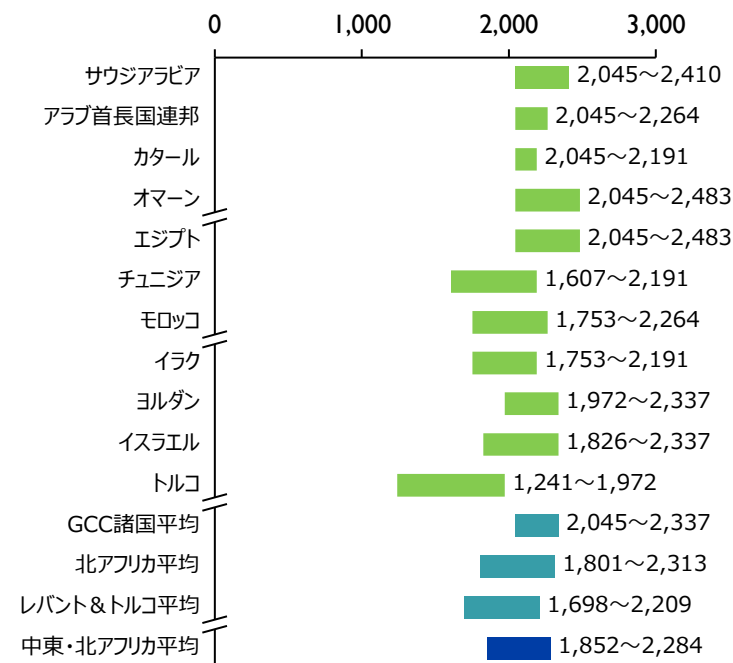


803 1,022 1,241 1,460 1,680 1,899 2,118 2,337 2,556 2,775



国別年平均GHI

単位：キロワット時/平方メートル (kWh /m²)



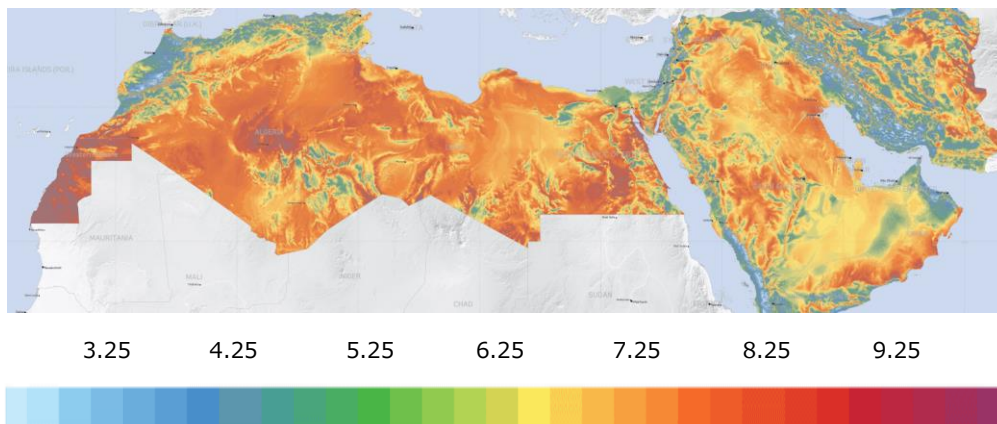
注：全天日射量 (GHI : Global Horizontal Irradiation) は、全天から地上の水平面が受ける短波放射の総量である。

中東・北アフリカ各国における風況

- 北アフリカ、クウェート、サウジアラビア、オマーンの一部地域は、平均風速が8～10 m/秒という潤沢な風資源で知られている

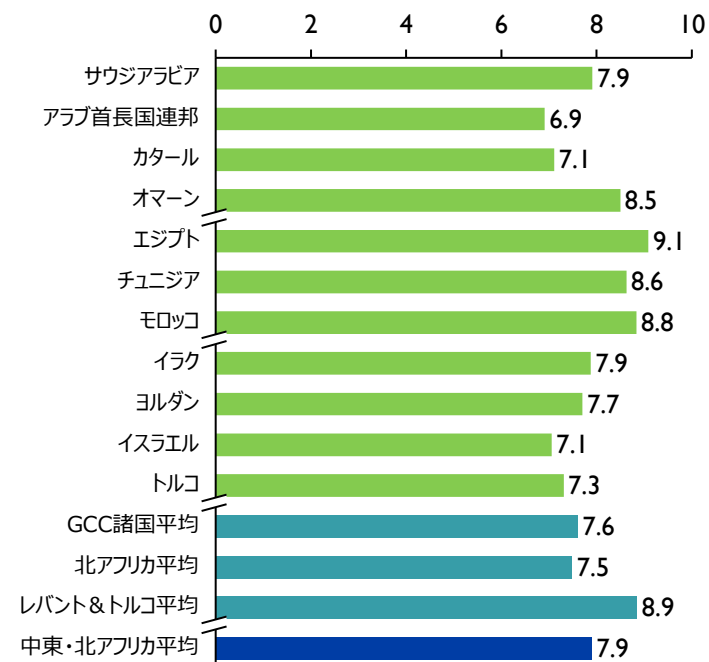
年平均風速

単位：メートル/秒 (m/s)



中東・北アフリカ地域の平均風速

単位：メートル/秒 (m/s)



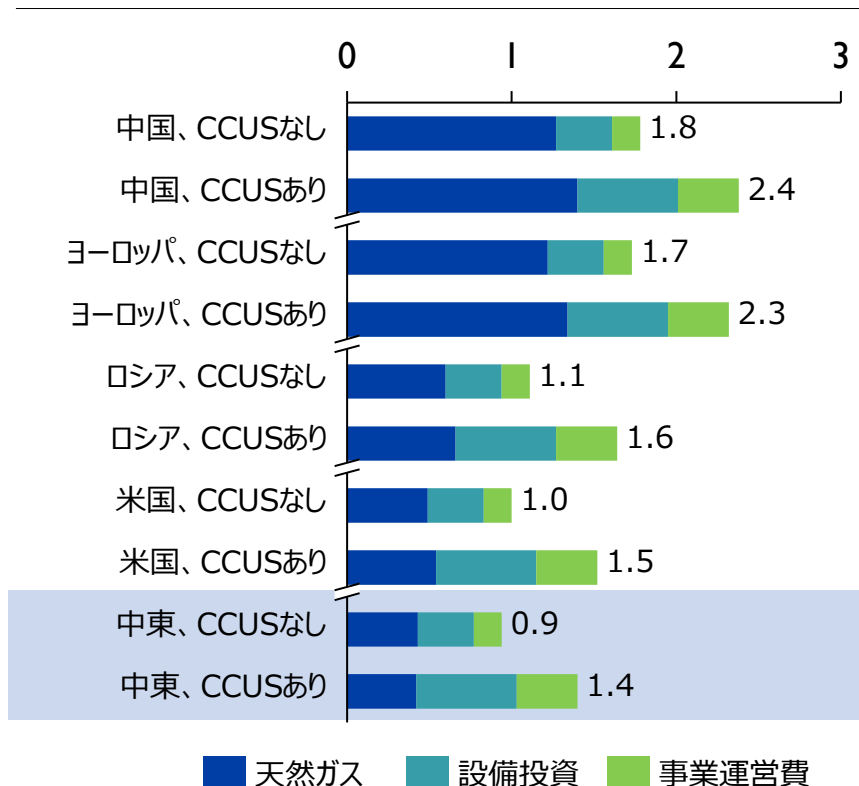
注：平均風速は、各国の最も風が強い地域の10%を基準にして地上100メートルで測定される。

中東・北アフリカのブルー水素生産コスト

- 中東・北アフリカ地域の先進的な天然ガス・インフラと余剰供給は、ブルー水素生産に競争優位性をもたらす

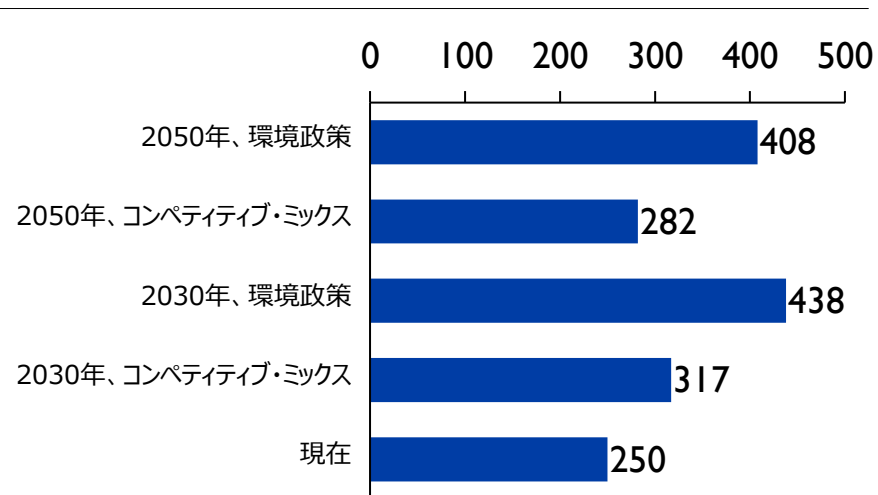
中東・北アフリカ地域のブルー水素生産コスト

単位：米ドル／キログラム



ブルーとグレーの水素生産に使用される天然ガス

単位：10億立方メートル（BCM／年）



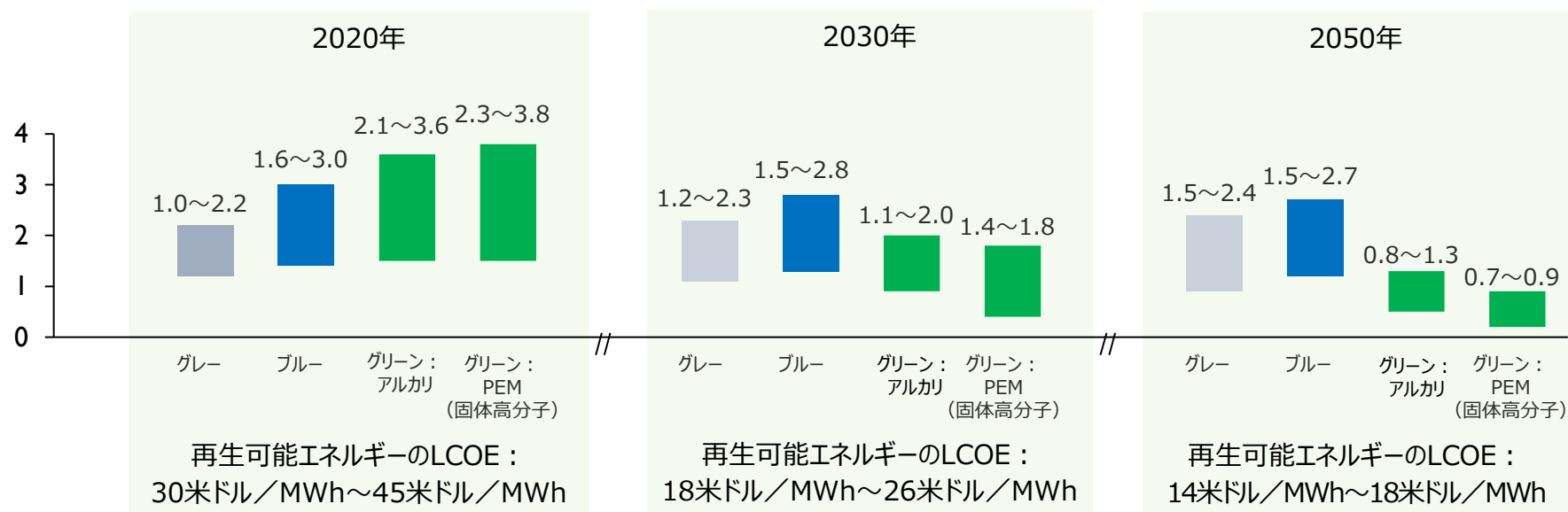
- ブルー／グレー水素に使用される天然ガスの世界的な追加需要は、2030年までに66～188 BCM／年、2050年までに32～157 BCM／年に達する可能性がある。
- 中東・北アフリカ地域、米国、ロシアはブルー水素生産の主要拠点となると考えられる。

世界のグレー、ブルー、グリーン水素生産コストの見通し

- グリーン水素生産は、再生可能エネルギーによる発電のLCOEが低下し続け、電解容量が増加しているため、2030年～2040年の間にブルー水素と同等のコストを達成する可能性がある

水素製品コスト

単位：米ドル／キログラム



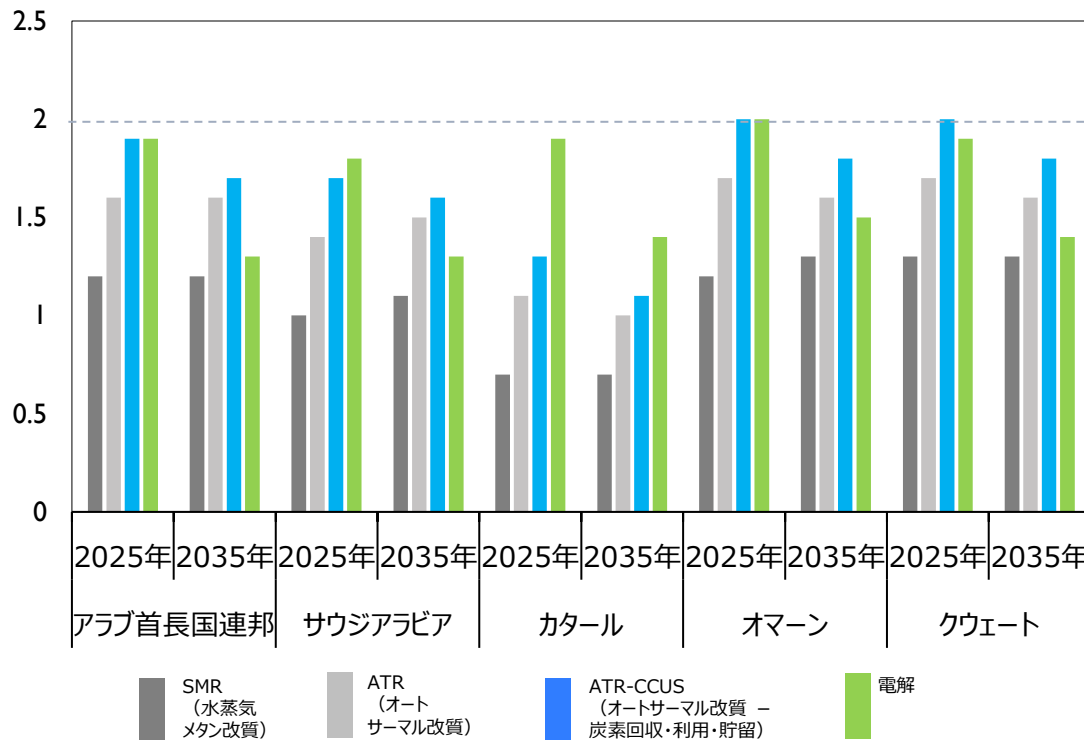
- 炭素政策や排出量取引スキームによって天然ガス価格が上昇する可能性がある。
- エネルギー補助金が廃止されるとグリーン水素の生産コストも支援される。
- 固体酸化物電池、廃熱利用を含むグリーン水素の研究開発への投資がコストをさらに押し上げる可能性がある。

中東・北アフリカのグリーン水素生産コストの見通し

- GCC（湾岸協力理事会）諸国では、**2米ドル/kgH₂をはるかに下回る価格でグリーン水素を生産できる可能性**がある

GCC諸国での2025年～2035年の均等化された水素生産コスト

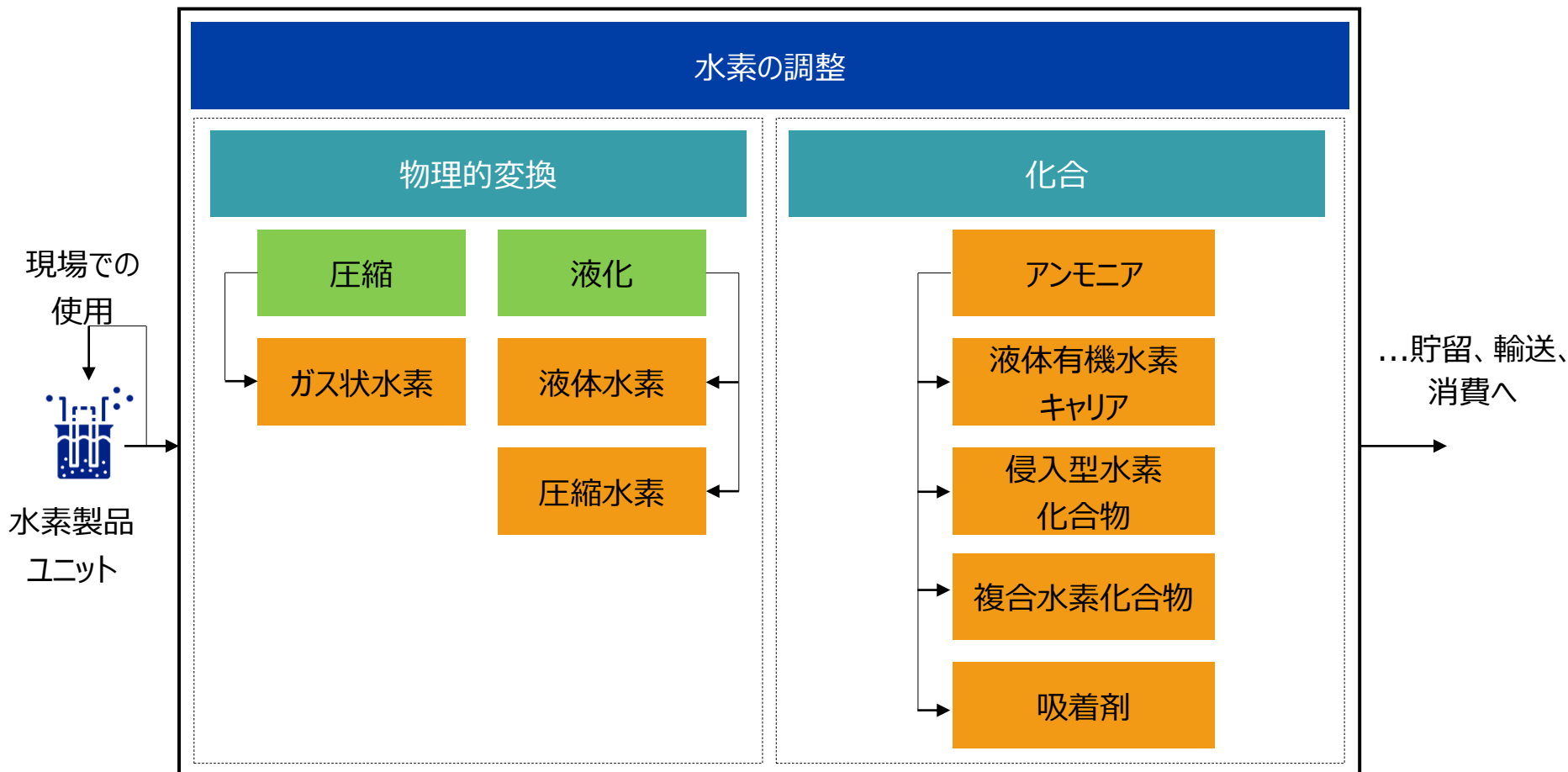
単位：米ドル／水素キログラム



- 現在、ブルー水素は最も安価な水素生産源である。しかし、再生可能エネルギーによる発電コストが低下し続けるにつれ、グリーン水素の生産コストは将来的に著しく低下すると思われる。
 - 中東・北アフリカ地域では、**2米ドル/kgをはるかに下回る価格でグリーン水素を生産できる可能性**がある。
 - これは、**2030年までに燃料コストを1kgあたり2米ドル未満にする世界的な展望と比較しても非常に有利**であり、天然ガスの100万英国熱量単位あたり約15米ドルに相当する。

水素の貯留・流通

- 水素の貯留・流通には物理的変換や化合による調整が必要である



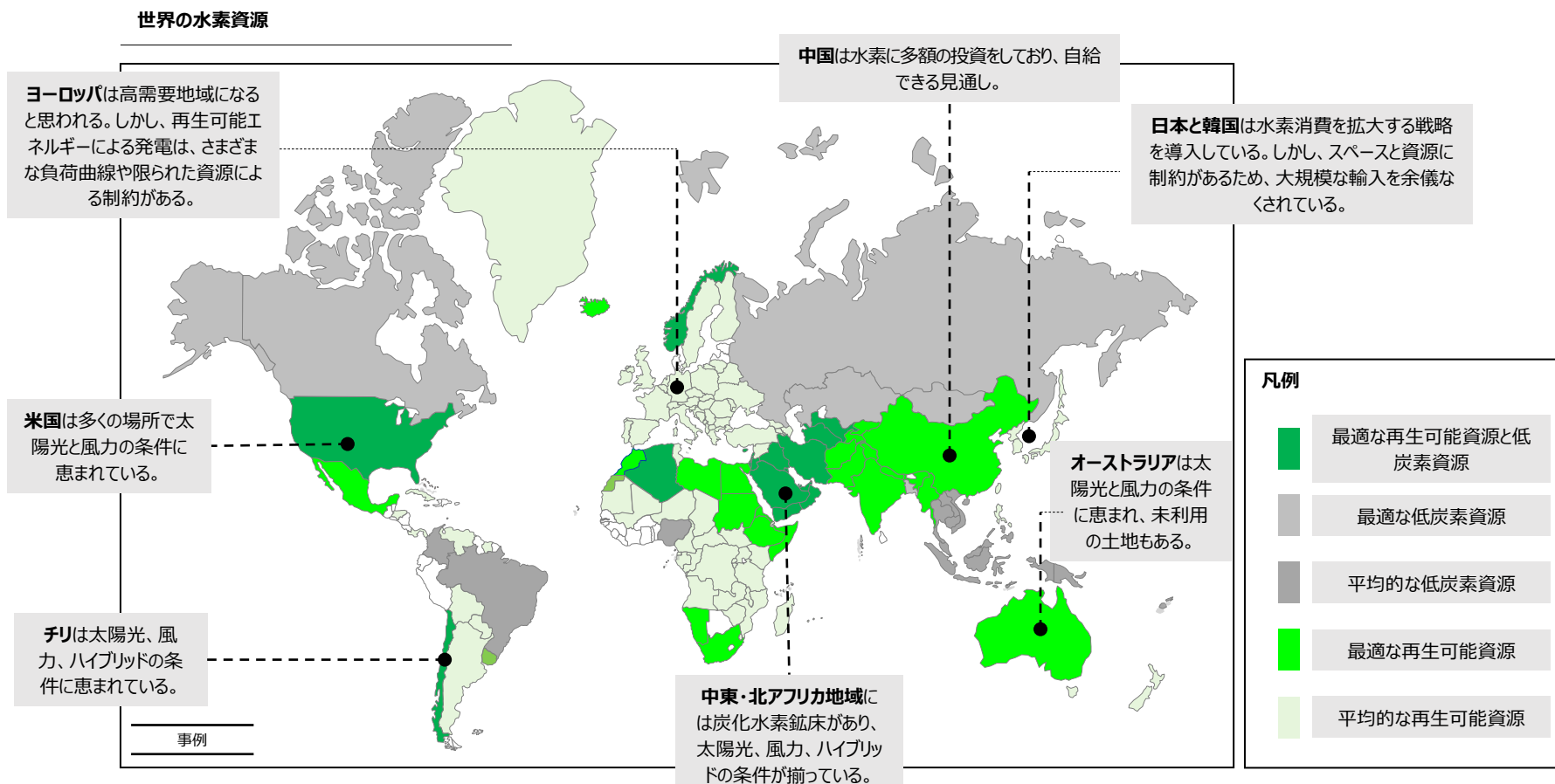
水素の貯留・流通

- 水素は変換プロセスによって様々な方法で貯留・輸送できる

| 水素の調整方法 | | 長距離輸送 | | 短距離流通 | | | 貯留 | | | |
|---------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|-------|--------|-----|-----|
| | | パイプライン | タンカー | パイプライン | トラック | 列車 | タンク | パイプライン | 缶 | 地下蔵 |
| 物理的変換 | 圧縮 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● |
| | 液化 | | | | ● | ● | ● | | | |
| 化合 | アンモニア | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | 液体有機水素担体 | | ● | | ● | ● | ● | | | |
| | 水素化物 | | ● | | ● | ● | | | ● | |
| 規模 | | 約2,000 km | 3,000 km 超 | 500 km 未満 | 500 km 未満 | 1,000 km 未満 | 小～中規模 | 小～中規模 | 小規模 | 大規模 |

世界各国の水素ポテンシャル

- 中東・北アフリカ地域からのグリーンおよびブルー・カーボン水素供給は、南米、米国、オーストラリアからの供給と競合する

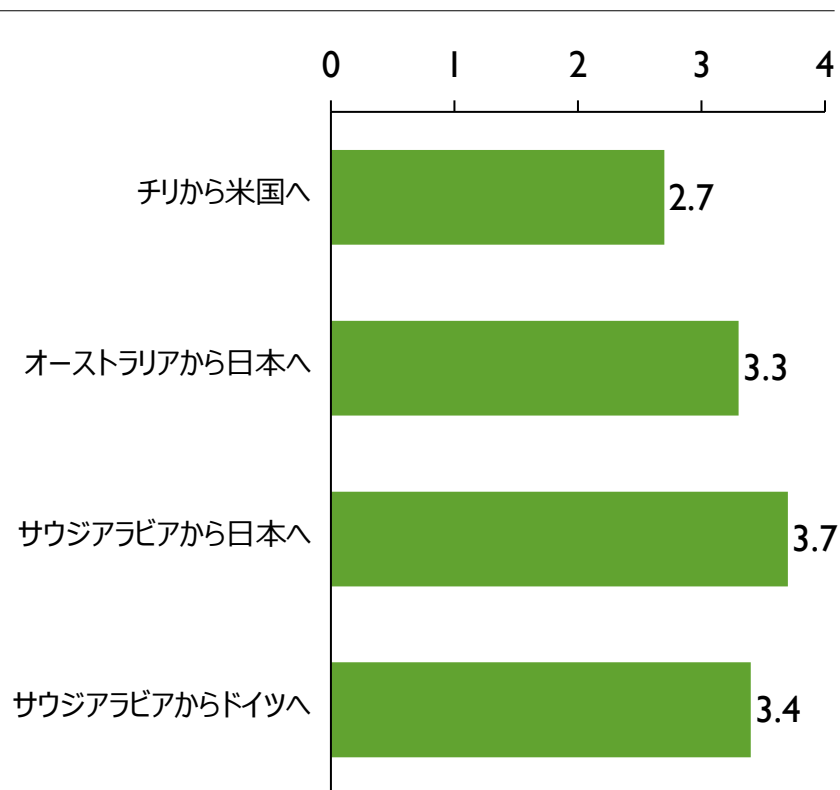


液化水素の地域別輸送コスト

- 中東・北アフリカ地域もヨーロッパやアジア太平洋地域への水素主要輸出国になる可能性がある

液化水素の輸送コスト（2030年）

単位：米ドル／キログラム



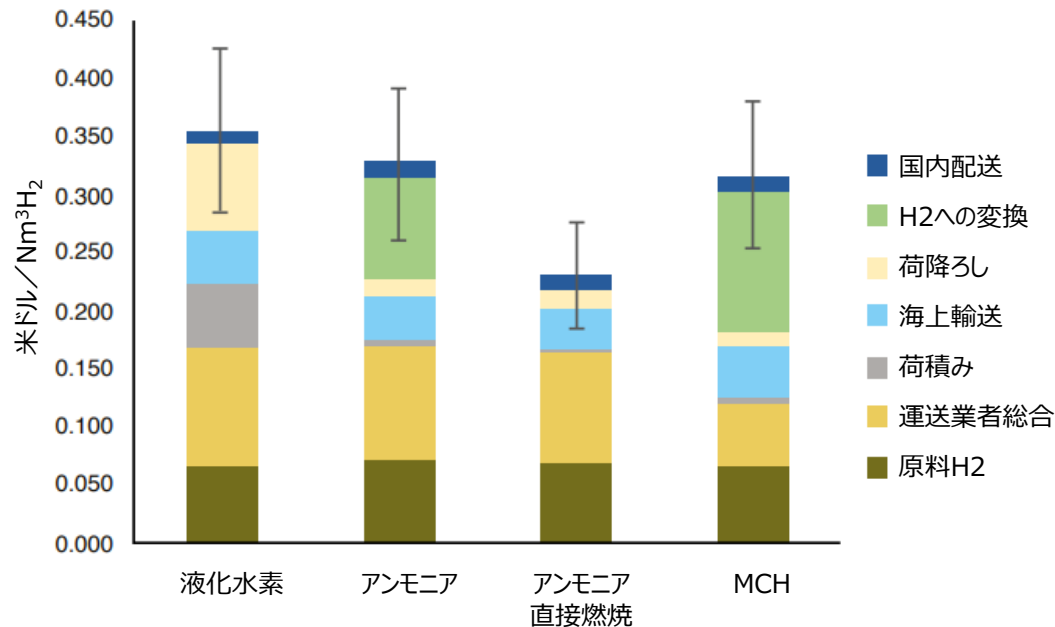
- 日本の場合、日本の再生可能エネルギーのLCOEが60米ドル/MWhを超えるか、または全電力需要を満たすのに十分な容量がないのであれば、海上輸入は国内で生産したグリーン水素より経済競争力がある。
- 液体水素、アンモニア、液体有機水素化合物という3つの主要な原型が存在する。
- 現在、液体水素の輸送コストは高い（サウジアラビアから日本まで、2020年で約15米ドル/kg）が、**2030年には3.7米ドル/kgまで低下する可能性**がある。

サウジから日本への現在の輸送コスト（液化水素、アンモニア、MCH）

- 現在では、アンモニアで輸送し、直接燃焼するのが最もコスト効率的

サウジアラビアから水素を輸入した場合の日本の発電供給コスト

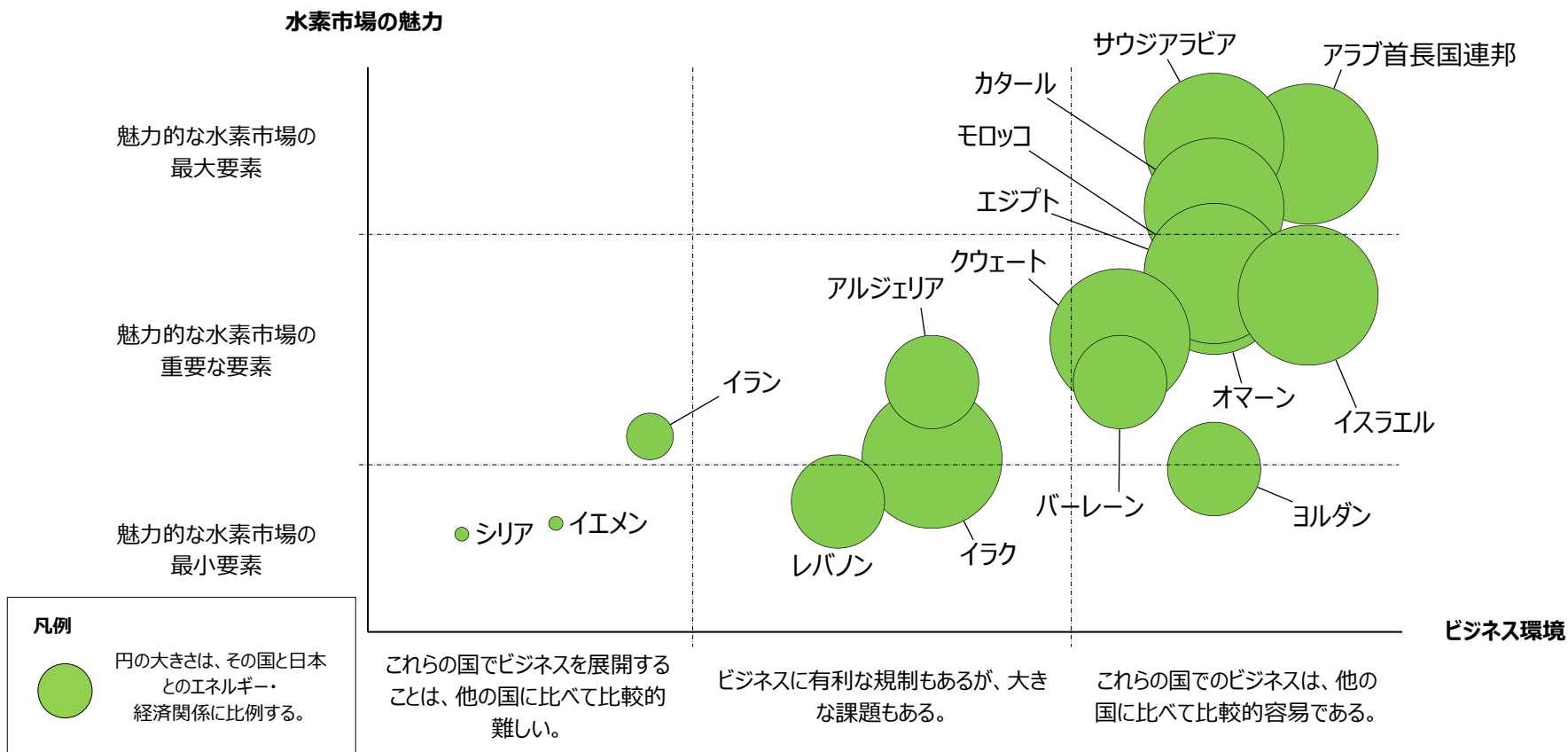
単位：米ドル/Nm³H₂



備考

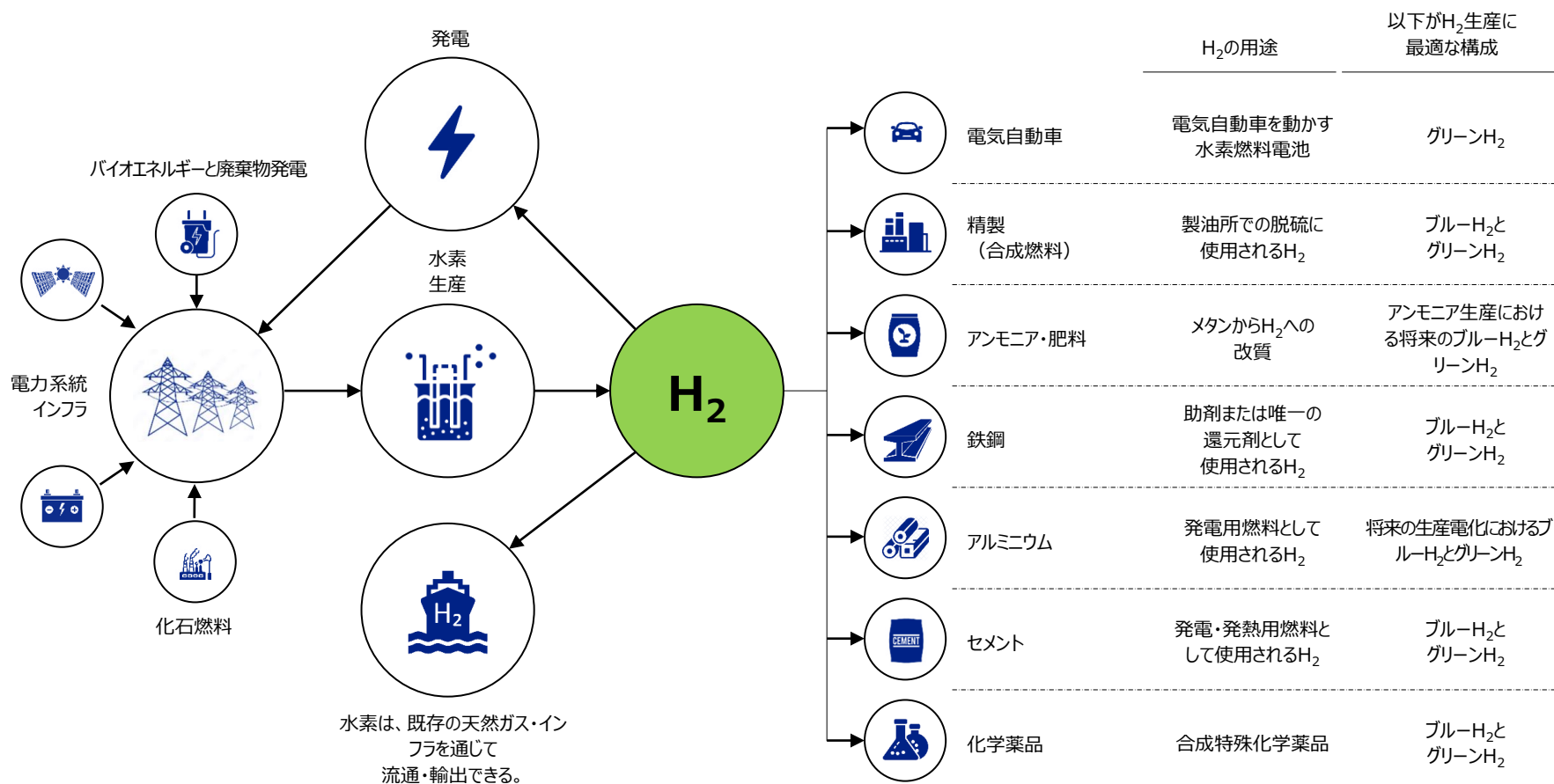
- IEEJは、サウジアラビアから液化水素（LH₂）、アンモニア、MCHの形で輸送された水素を原料として日本で発電した場合の供給コストの比較研究を行い、アンモニアを発電所で直接使用するのが最も費用対効果の高い選択肢であると結論付けた。
- サウジアラビアからの液化水素の輸送コストはアンモニア等に比べて高い。さらに、アンモニアを水素に再変換して発電すると、ここでも大きな追加コストが発生する

中東・北アフリカ地域の水素市場の成長



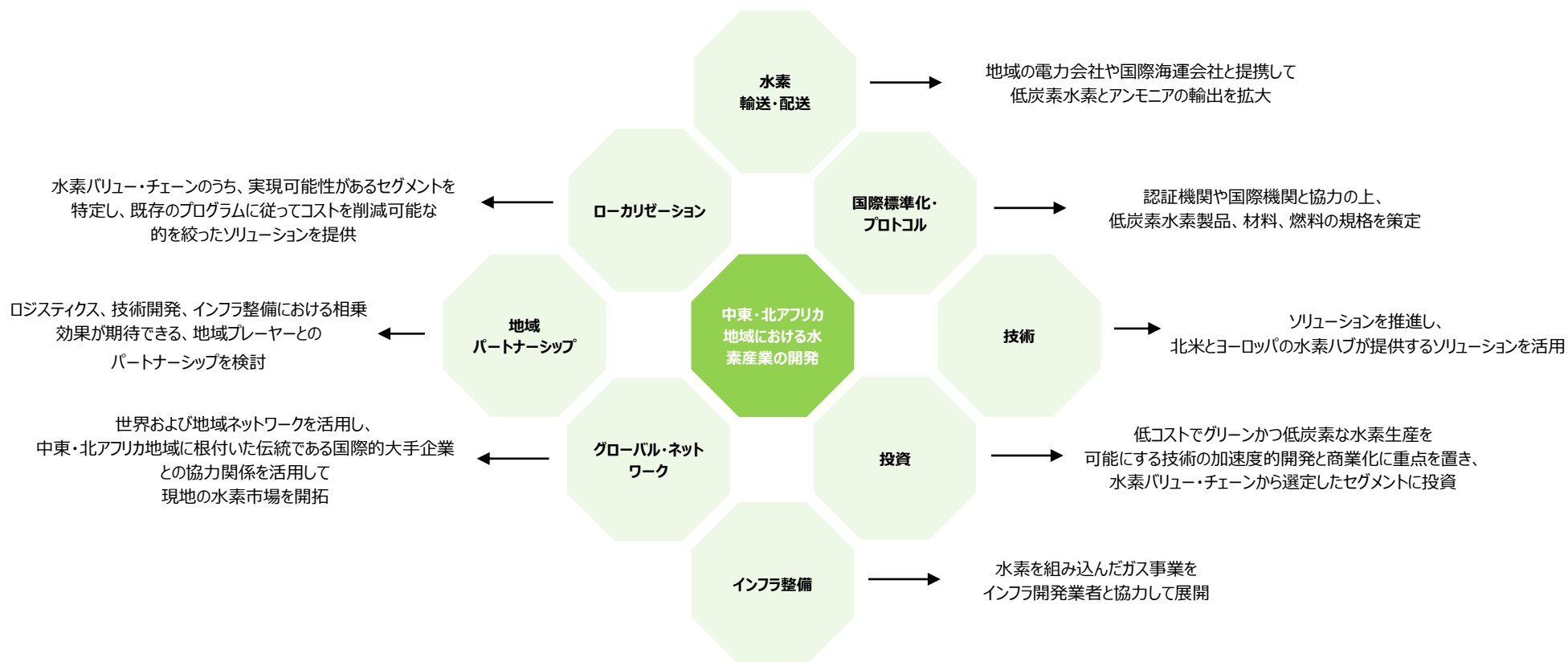
中東・北アフリカ地域の水素成長市場

- 中東・北アフリカ地域のエネルギー・セクター、産業セクター、材料セクターは、水素の生産、使用、貿易を拡大するための様々な市場機会を国際的なプレーヤーに提供している



中東・北アフリカ地域の水素に関する成長ポテンシャル

- 中東・北アフリカ地域は、様々な戦略的パートナーシップや合併パートナーシップを通じて水素産業における国際的プレーヤーを誘致してきた注目すべき実績がある



中東・北アフリカ地域の水素に関する成長ポテンシャル

- 中東・北アフリカ水素インデックス：アラブ首長国連邦、サウジアラビア、エジプト、モロッコ、オマーンが主要指標でリード

| 国* | 規制/政策の枠組み | 再生可能エネルギーのポテンシャル | 供給原料の可用性 | インフラの可用性 | 輸出の可能性・市場アクセス | 国内市場のポテンシャル | 総合評価 |
|----------|------------------------------|---|--|---------------------------------------|------------------------|---|------|
| | PPP、民間セクター投資に対する政府の支援および規制政策 | 再生可能エネルギーとグリーンH ₂ の生産における低LCOE | 低コストのブルーH ₂ に向けた天然ガス生産とCO ₂ 回収 | H ₂ に向けた改修が可能な先進的天然ガス・インフラ | 戦略的グローバル市場へのアクセスと輸出可能性 | 国内のエネルギー/産業でH ₂ を生産・利用する市場機会 | |
| アラブ首長国連邦 | ◆◆◆◆ | ◆◆◆◆◆ | ◆◆◆◆ | ◆◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆◆ |
| サウジアラビア | ◆◆◆ | ◆◆◆◆◆ | ◆◆◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆◆ |
| オマーン | ◆◆◆◆ | ◆◆◆◆ | ◆◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆ | ◆◆◆◆ |
| カタール | ◆◆ | ◆◆◆◆ | ◆◆◆◆◆ | ◆◆◆◆◆ | ◆◆ | ◆◆ | ◆◆◆ |
| クウェート | ◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆ | ◆◆ | ◆ | ◆◆ |
| バーレーン | ◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆ | ◆◆ | ◆◆ | ◆ | ◆◆ |
| エジプト | ◆◆◆◆ | ◆◆◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆◆ |
| モロッコ | ◆◆◆◆ | ◆◆◆◆◆ | ◆ | ◆◆ | ◆◆◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆◆ |
| トルコ | ◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆ | ◆◆◆ | ◆◆◆◆ | ◆◆ | ◆◆ |
| モーリタニア | ◆ | ◆◆◆◆ | ◆◆◆ | ◆ | ◆◆◆◆ | ◆◆ | ◆◆ |

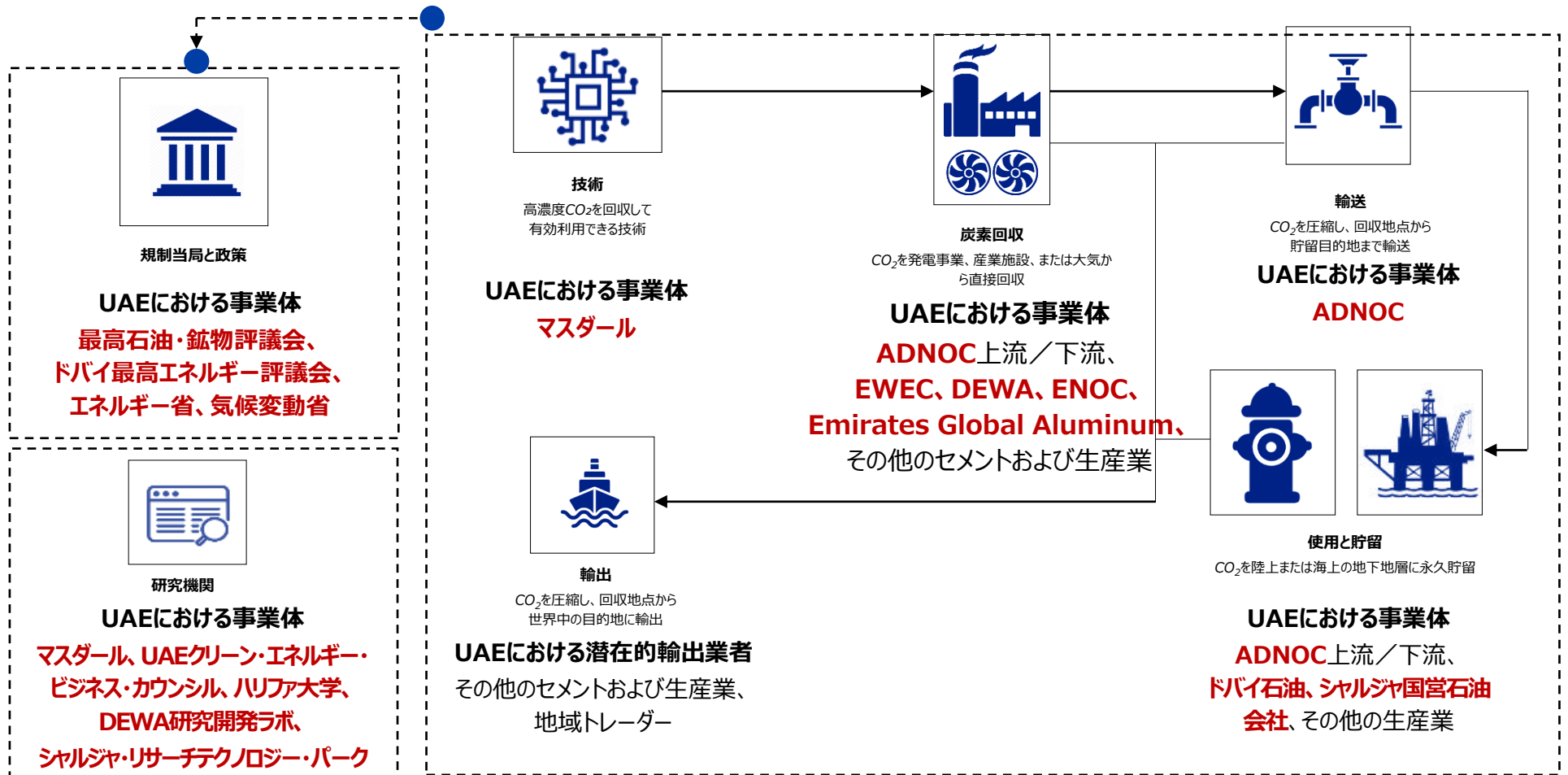
* イラン（グレーH₂市場のみ）、イラク、イスラエル（極めて限定的なH₂開発）は表から除く

中東・北アフリカ地域の水素に関する課題と必要な措置

- 中東・北アフリカ諸国は、水素技術の実用規模での導入を加速してコストの削減可能性を高める必要がある

| 要因 | 課題 | 必要な措置 |
|---------|--|--|
| 技術 | <ul style="list-style-type: none"> 水素輸送インフラと設備（CGH₂、LH₂タンク、パイプライン）の不足 電解槽をMW規模まで迅速にスケールアップする必要がある 再生可能エネルギー設備の設置容量が低い 従来の技術と化石燃料技術の方が優位である | <ul style="list-style-type: none"> 水素輸送用に天然ガス・パイプライン・システムを再利用／構築できることを理解する－材料、最終使用、貯留に関する問題を評価する 革新的な研究開発を通じてグリーン水素の供給コストを削減しつつ、水素インフラの開発を促進する 再生可能な発電技術を拡大・加速化する |
| 経済 | <ul style="list-style-type: none"> 電解槽の資本支出が依然として高い 経済的に実現可能な運用には高い施設使用率が必要であり、それには異なる再生可能エネルギーおよび／またはエネルギー貯留技術と組み合わせることが必要な場合がある ブルーとグレーの水素パリティのためにCCUSコストを最小限に抑える必要がある 水素の生産、輸送、貯留コストの削減可能性に関する理解が限られている | <ul style="list-style-type: none"> 電解槽のコスト削減の可能性を高める方法を理解する 電解能力を増強してスケール・メリットの経済性をもたらし、プロジェクト・コストを削減する CCUSプロジェクトの反復可能な経験とCO₂パイプラインおよび貯留クラスターの建設 |
| 政策および規制 | <ul style="list-style-type: none"> 中東・北アフリカ諸国にはカーボン・プライシング・メカニズムがない 中東・北アフリカ諸国には、確立された水素戦略や政策ロードマップがない（アラブ首長国連邦を除く） GCC諸国の化石燃料補助金が水素導入の阻害要因となっている | <ul style="list-style-type: none"> パリ協定に向けて国が決定する貢献（NDC）に水素を含める 地域や地方におけるカーボン・プライシング・メカニズムを策定して水素の利用を奨励し、需要を高める カーボン・プライシングを利用して、既存のグレー水素生産からブルー水素生産への改造を奨励する |
| 用途 | <ul style="list-style-type: none"> 産業、家庭、輸送、電力セクターは化石燃料に依存している | <ul style="list-style-type: none"> 規制や財政上のインセンティブを導入することにより、これらのセクター全体で水素需要を創出する |

UAEの水素バリュー・チェーンと主要プレイヤー



UAEの水素プロジェクト（1/2）

| 事業体 | 水素施設／プロジェクト | 原料 | 生産能力 | テクノロジー・プロバイダー | CCUSとの統合 | 最終用途 | ステータス |
|---------------------|---------------------------------|------|-------------|-----------------------------------|----------|-------------|--------------|
| ADNOC | ルワイス水素プラント | 天然ガス | 24,000トン／年 | スナムプロゲッティ、Fluor Daniel & Invensys | X | 精製と加工 | 稼働中 |
| ポルージュ | ルワイス・アンモニア（FERTIL-IおよびII）プロジェクト | 天然ガス | 370,000トン／年 | メレ・テックニモントSPA、アクセンス | X | アンモニア生産 | 稼働中 |
| エミレーツ・スチール | エミレーツスチールプロジェクト | 天然ガス | 370,588トン／年 | Tenova HYLとDanieli & C | O | スチール生産 | 稼働中 |
| DEWA | MBRソーラー・パークにおける水素パイロットプロジェクト | 電解 | 180トン／年 | シーメンス | 該当なし | 水素生産 | 2021年5月より稼働中 |
| ムバダラ／ADNOC | マスダール・シティでの実証プロジェクト | 電解 | 1,000トン／年 | シーメンス、丸紅 | 該当なし | | 検討中 |
| TAQAとアブダビ港 | 水素およびアンモニアプロジェクト | 電解 | 73,339トン／年 | 未発表 | 該当なし | 水素とアンモニアの生産 | 未発表 |
| ハリファ工業地帯アブダビ（KIZAD） | グリーン・アンモニアプロジェクト | 電解 | 40,000トン／年 | ヘリオス・インダストリー | 該当なし | アンモニア生産 | 未発表 |

出典：カマル・エナジーの内部調査・分析

注：2023年3月末時点

UAEの水素プロジェクト（2/2）

| 事業者 | 水素施設／プロジェクト | 原料 | 生産能力 | テクノロジー・プロバイダー | CCUSとの統合 | 最終用途 | ステータス |
|-----------------------------|--|------|-------------|-----------------------------|----------|-------------|------------|
| Bee'ah | 廃棄物水素化プロジェクト | 電解 | 6,570トン／年 | チヌーク・サイエンシズ | 該当なし | 水素生産 | 2023年までに稼働 |
| ADNOC | Ta'izzブルー・アンモニア・プロジェクト | 天然ガス | 176,470トン／年 | WOOD、Fertiglobe、三井物産、GSIナジー | ○ | アンモニア生産 | 2025年までに稼働 |
| マスダール、エンジー、Fertiglobe | グリーン水素プロジェクト | 電解 | 54トン／年 | ADNOCとFertiglobe | 該当なし | 水素生産 | 2025年までに稼働 |
| SAN Enertech | グリーン水素プロジェクト | | - | SAN Enertech | 該当なし | | 2022年第4四半期 |
| ADNOCとProman | メタノール・プロジェクト | 天然ガス | 225,000トン／年 | Proman | X | メタノール生産 | 未発表 |
| 韓国電力公社、韓国西部発電、UAEのペトロリン・ケミー | ハリファ工業団地（KIZAD）におけるグリーン水素・アンモニア・プロジェクト | 電解 | 200,000トン／年 | サムスン物産 | X | 水素とアンモニアの生産 | 発表済み |
| ブルージ・エナジー | ハリファ工業団地（KIZAD）におけるグリーン水素・アンモニア・プラント | | 300,000トン／年 | - | 該当なし | 水素とアンモニアの生産 | 発表済み |
| マスダール、ユニパー | グリーン水素プロジェクト | | 180,000トン／年 | - | 該当なし | 水素生産 | 2026年までに稼働 |

出典：カマル・エナジーの内部調査・分析

注：2023年3月末時点

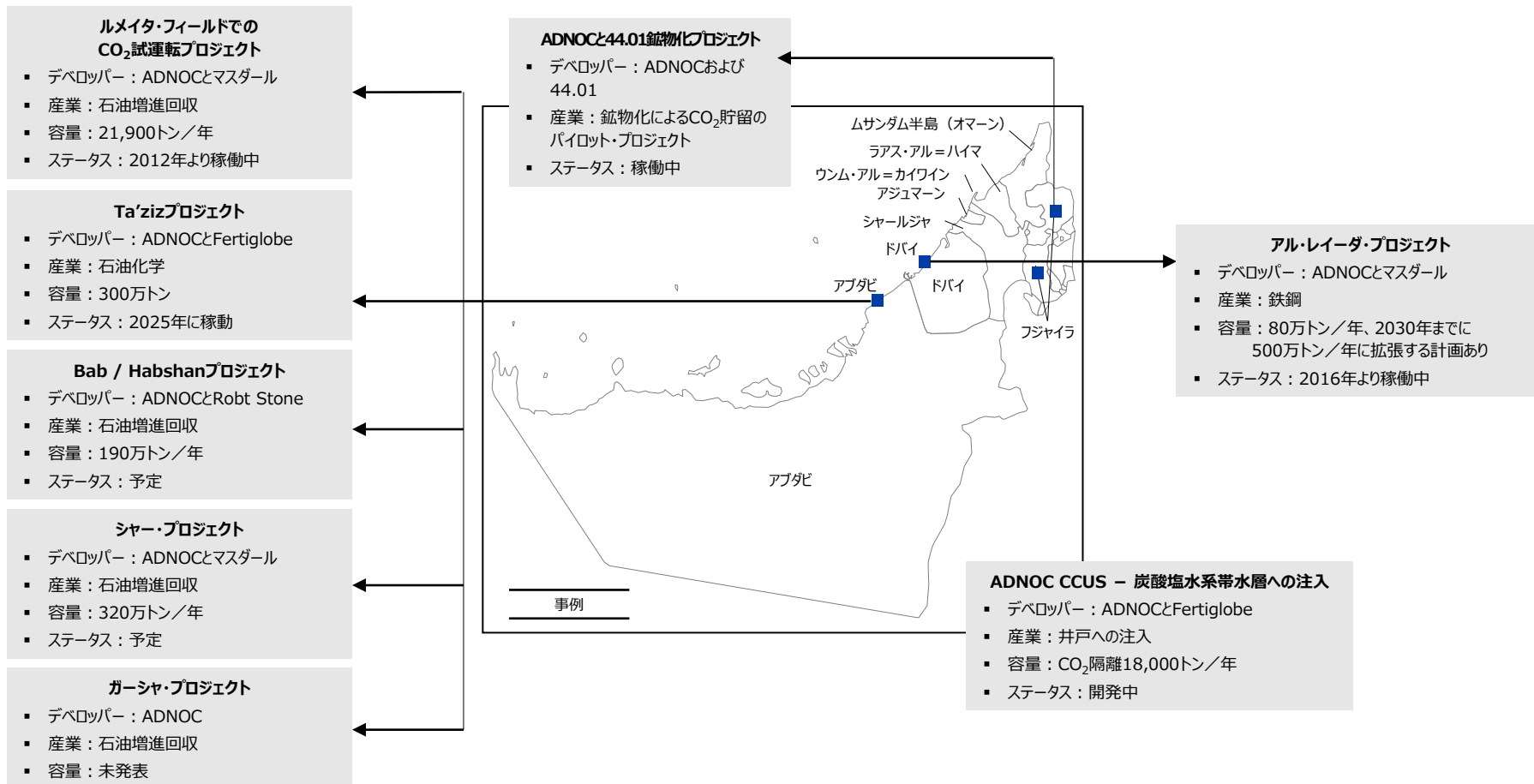
UAEの水素プロジェクト（調査段階のもの）

| 事業体 | 市場開発 | その他の詳細 | 年 |
|---------------------------------|----------------------|--|------------|
| ドイツ連邦経済労働省（BMWi）とUAEエネルギー・インフラ省 | エネルギー・パートナーシップ | UAEとドイツは、持続可能なエネルギーの各要素に関する対話と協力を推進するためのエネルギー・パートナーシップを締結した。ドイツは水素生産へのUAEの潜在性を見込んでいる。2021年1月、パートナーが「UAEとドイツにおけるエネルギー転換における水素の役割」と題した研究を発表した。高度な研究では、UAEがグレーからブルー、さらにグリーン水素へと移行していくことを確認している。また、UAEが水素を重要な経済輸出品と見なしていることも強調している。水素は、国内でも製鉄やP2C（Power to Chemicals）に利用できる。11月5日、UAEとドイツは、グリーン水素生産と支援プロジェクトの協力を推進するための合同タスク・フォースを結成する意向表明書に署名した。このタスク・フォースでは、取り組むべき主要な課題（水素輸送とその応用など）とともに、共同で実施可能なグリーン水素と人工燃料のプロジェクトを特定する。両国はまた、水素に関する規制の隙間を埋めるために連携する。 | 2017年以降継続中 |
| 丸紅とアブダビ・エネルギー庁 | 実現可能性調査 | 日本の丸紅は、水・電力セクターをターゲットとした水素ベース社会の構築に関する覚書（MOU）にアブダビ・エネルギー庁との間で調印した。この契約には、グリーン水素生産の技術的・商業的実現可能性を評価するための実現可能性調査も含まれる。両者は、再生可能エネルギー、水素生産、供給、流通に関する専門知識を共有してこの調査に関連する研究、開発、概念実証を模索する。アブダビのような気候の地域では、一時的な水素貯留も合理的なソリューションと考えられている。 | 2020年以降継続中 |
| 現代自動車／トヨタとRTA | 移動のためのグリーン水素の調査／試験運用 | ドバイ道路交通局（RTA）は、2020年の万博に向けた水素バスの試験運行を実施するために、現代自動車との取り組みについて説明した。このプロジェクトはドバイ側の調整不足で実現しなかったが、トヨタは未だに関心を寄せており、特に2017年にはアル・フットタイム・モーターズと協力して、地域初の水素燃料電池電気自動車であるトヨタ・ミライをドバイ・タクシーに納入し、テスト走行を実施している。 | 2020年以降継続中 |
| エミレーツ・ナショナル・オイル・カンパニー（ENOC） | 「未来のサービス・ステーション」 | ENOCグループは、2020年ドバイ万博会場に「未来型」サービス・ステーションを設立する計画を発表した。このステーションは、太陽光、水素、炭化水素など複数のエネルギー源を使用する。メイン・コンサルタントは世界的な建築会社Aedas、設計・建設会社アルカディスであり、メイン・コントラクターはシティー・ダイヤモンドである。 | 2020年以降継続中 |
| ADNOC | 水素輸出パートナーシップ | ADNOCとGSIナジー社は、アラブ首長国連邦の韓国への事実上の出張中、アブダビの水素経済と輸出の地位を拡大する可能性を探ることで合意した。今回の視察では、UAE産業・先端技術省、マスダール、モハメド・ビン・ザイード人工知能大学からのプレゼンテーションがあった。 | 2021年以降継続中 |
| ADNOC、ユニパー、その他 | 水素の研究 | 水素事業における協力についての議論 | 2021年以降継続中 |

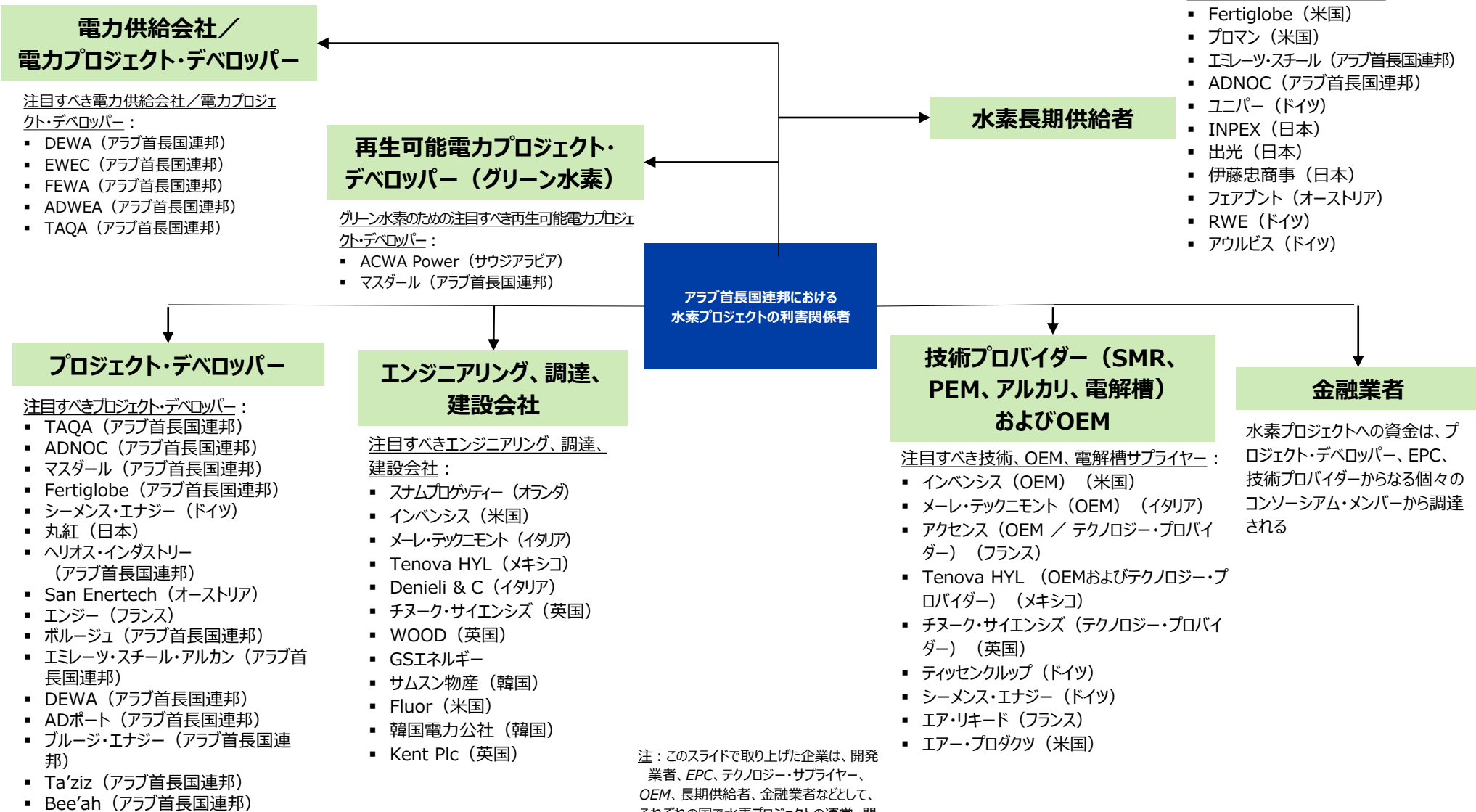
出典：カマル・エナジーの内部調査・分析

注：2023年3月末時点

UAEのCCUSプロジェクト



UAEの水素プレイヤー



注: このスライドで取り上げた企業は、開発業者、EPC、テクノロジー・サプライヤー、OEM、長期供給者、金融業者などとして、それぞれの国で水素プロジェクトの運営、開発、および/もしくは計画に関心を示しているか、または積極的に取り組んでいる。

事例：サウジOXAGON、クリーンエネルギープロジェクトのハブを約束

ネオムのOxagon（サウジアラビア）

OXAGONはどこにあるのか？

OXAGONはサウジアラビア北西部のネオムに戦略的に配置され、地元、地域、そして世界との接続性がトップクラスである。世界貿易の13%が、近接する紅海沿岸のスエズ運河付近を経由するため、圧倒的な道路、航空、高速鉄道、海上輸送ルート誇る。

世界の40%に6時間以内に到達

北部回廊

ヨーロッパと米国

アフリカ

アジア

南部回廊

- OXAGON社のCEOであるVishal Wanzhou氏は、第2回サウジアラビア鉄鋼業国際会議において、ネオムの建設では最大量の鉄鋼が消費されると述べた。
- 同氏はネオムのプロジェクトからのグリーン水素生産（24万トンH₂/年）は、都市を建設するグリーン・スチールやセメントなどの産業で使用されると述べた

事例：サウジ「ヘリオス」、中東で最も進んだグリーン水素プロジェクト

- サウジアラビアのネオムの「ヘリオス」プロジェクトは、中東・北アフリカ地域で最も進んだグリーン水素プロジェクトの1つである

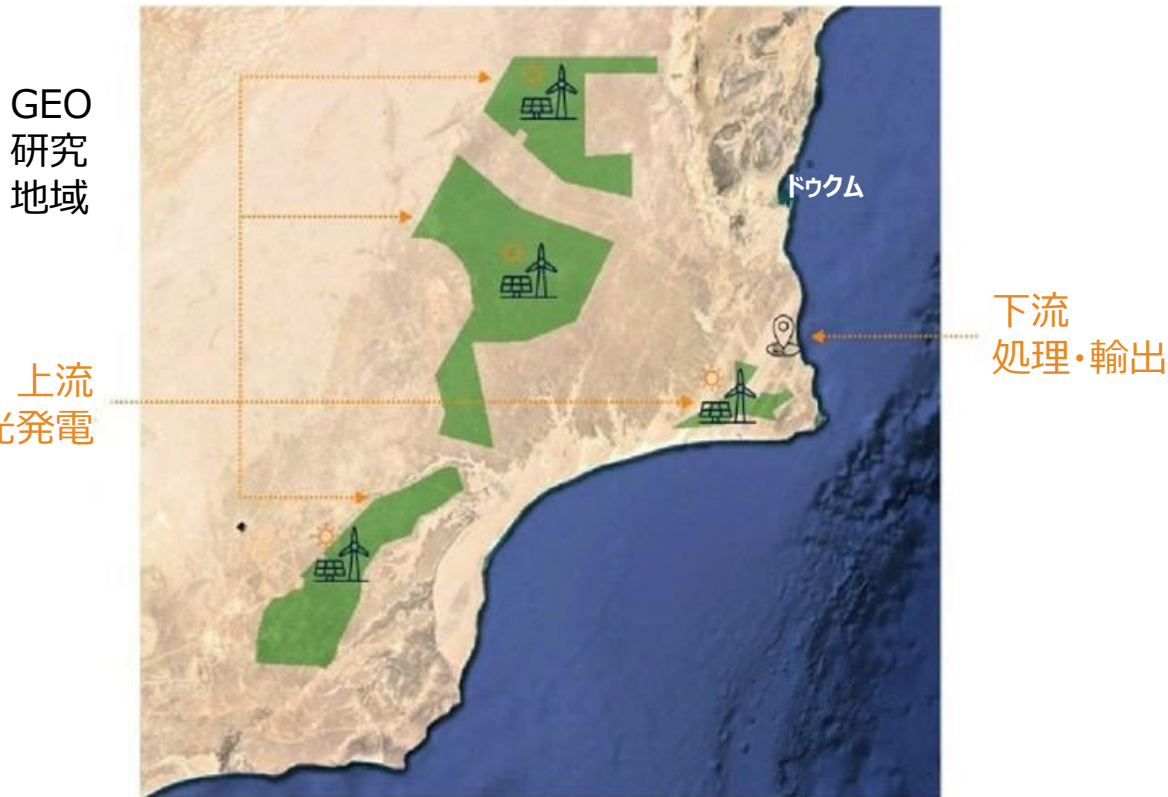
ネオム・ヘリオスプロジェクト

| | |
|--|---|
| プロジェクト会社 | ネオムグリーン水素会社 |
| プロジェクト会社の株主 | ネオム（33.4%）、ACWA Power（33.3%）、エアー・プロダクツ（33.4%） |
| インプット | 年間24万トンの水素／年間120万トンのアンモニア |
| EPC請負者 | エアー・プロダクツ |
| 再生可能エネルギー発電所 （2,930 MWの太陽光発電所、1,370 MWの風力発電所、400 MWの電池電力貯蔵システム） | ラーセン&トウブロ |
| 送配電網（190 km） | ラーセン&トウブロ |
| 電解工場（2 GW） | ティッセンクルップ・ウーデ・クロリン・エンジニアズ |
| コンプレッション・テクノロジー | ベーカー・ヒューズ |
| 熱交換器 | アルファ・ラバル |

出典：カマル・エナジーの内部調査・分析

注：2023年3月末時点

オマーン：グリーン水素ブロックへの入札



2050年までにオマーンの総水素生産量の20%を占める

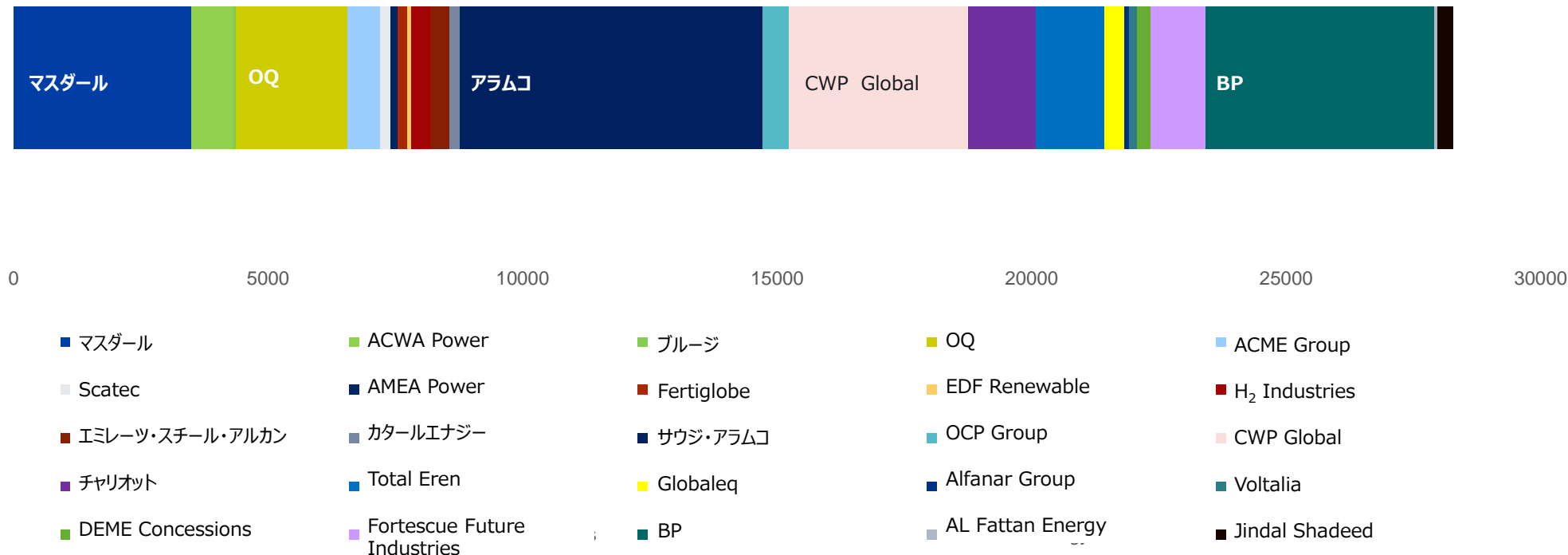
- GEOは、**2050年までにオマーン国が目標とする年間800万トンのグリーン水素生産の約5分の1に貢献する**。これは4 GEO超を必要とする世界で6番目に大きなプロジェクトである。フル稼働時には、太陽光発電と風力発電で25 GWの電力が供給され、年間180万トンのグリーン水素と年間1,000万トンのグリーン・アンモニアの生産が可能になる。
- 2021年5月に発表されたOQ、インターコンチネンタル・エネルギー（ICE）、EnerTechのパートナー3社は、**2026年初頭までにプロジェクトのFIDを見込んでいる**。
- シェルの参画により、石油メジャーであるその規模、資金力、水素に関する専門知識がコンソーシアムに加わることになる。

中東・北アフリカの水素プロジェクトにおける企業別シェア

- 中東・北アフリカでは多くのプロジェクトが検討されているため、圧倒的なシェアを有するプレイヤーは現状、存在しない。今後、水素サプライチェーンが成熟していくにつれて、主要プレイヤーが明確になっていくと思われる

デベロッパーごとの水素開発容量の見通し

単位：年間1,000トン



出典：カマル・エナジーの内部調査・分析

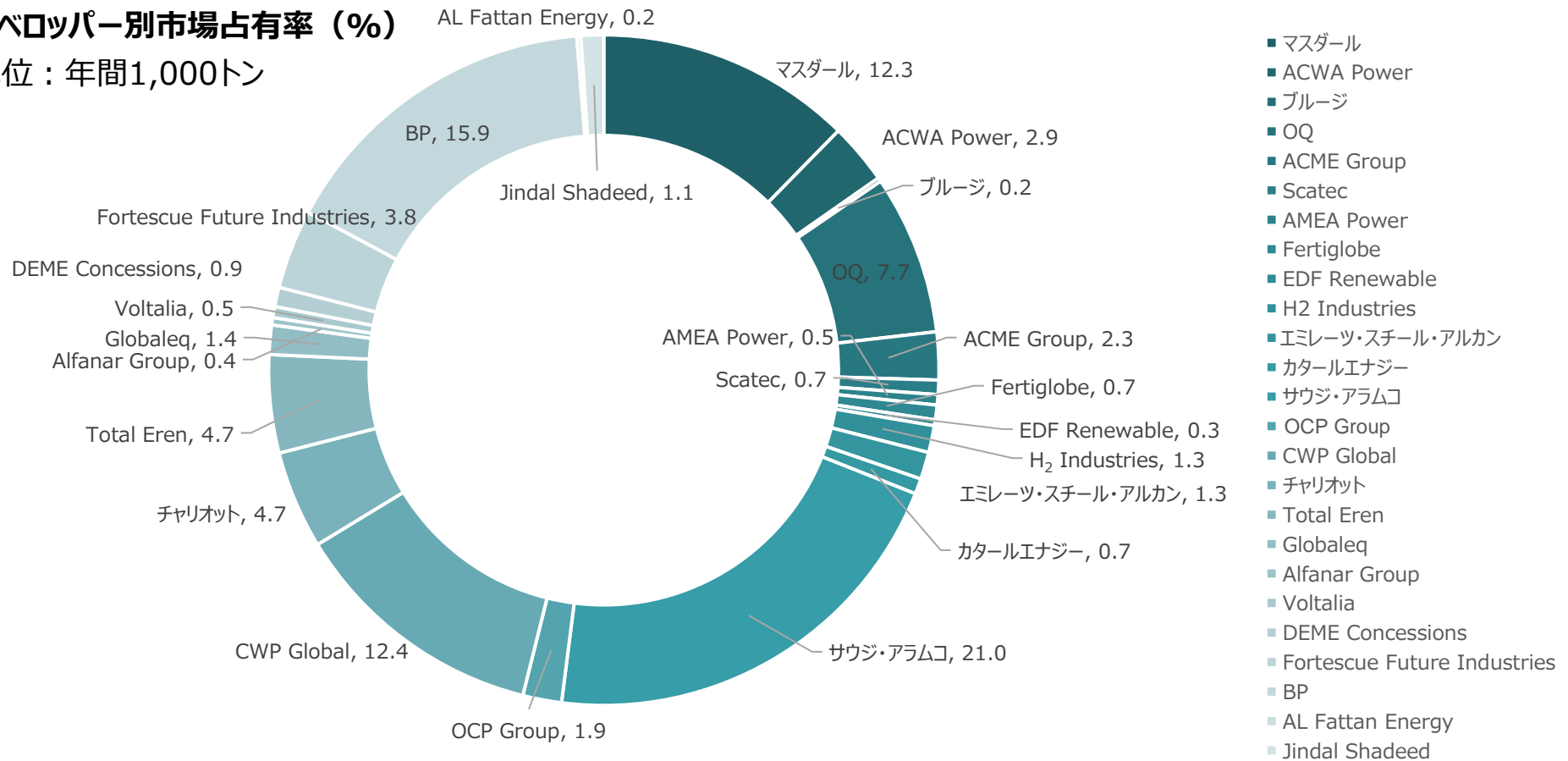
注：容量は、2023年3月末時点で開発開始、計画または宣言されているプロジェクトのうち、2038年までに完了が見込まれるものの合計値

中東・北アフリカの水素プロジェクトにおける企業別シェア

- 現状、サウジ・アラムコ、BP、CWP Global、マスダール、OQが2038年までに水素市場の最大シェアを占める

デベロッパー別市場占有率 (%)

単位：年間1,000トン



出典：カマル・エナジーの内部調査・分析

注：2023年3月末時点で開発開始、計画または宣言されているプロジェクトのうち、2038年までに完了が見込まれるものの合計値にしめる各企業の比率を算出

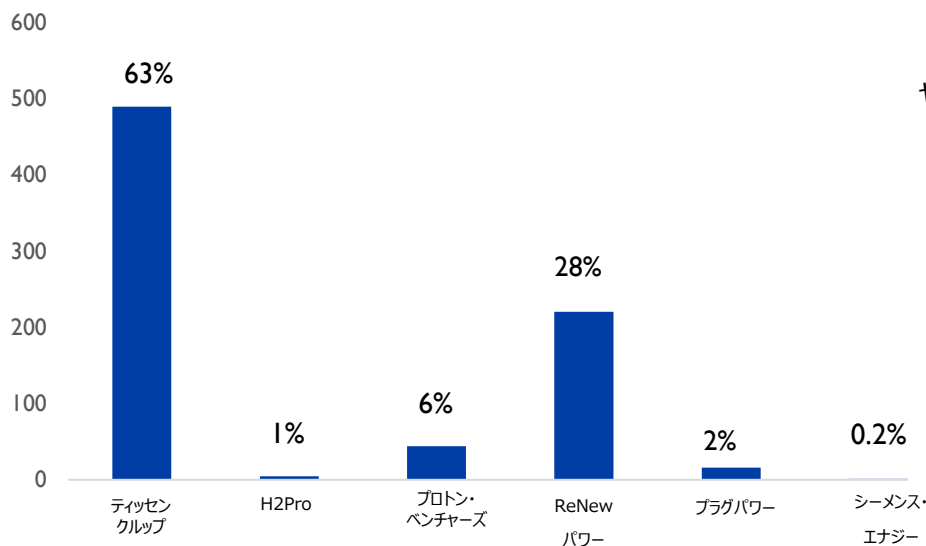
Copyright © 2023 JETRO. All rights reserved.

中東・北アフリカの電解槽、長期契約プロジェクトにおける企業別シェアの動向

- 水素枠組み契約は多いが、長期供給契約は少ない

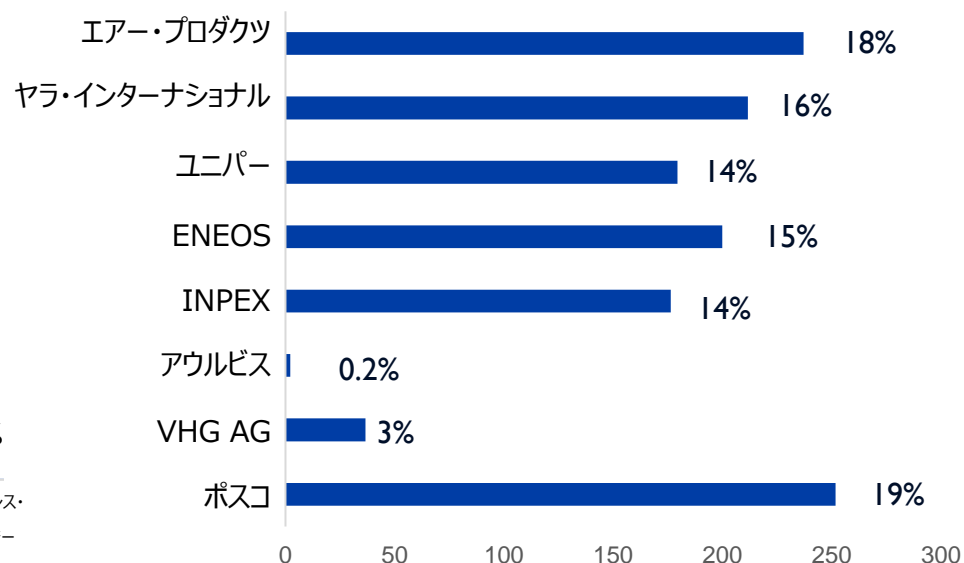
電解槽メーカーの動向（容量千トン、市場占有率%）

単位：年間1,000トン



長期契約プロジェクトオーナーの動向（容量千トン・市場占有率%）

単位：年間1,000トン



- 現在中東・北アフリカ地域で活動しているその他の電解槽メーカーはベルギーのジョン・コッカリルである。同社は、最近モロッコのガイア・エナジーとアルカリ電解槽生産工場の建設契約を締結した。そのジョイント・ベンチャーは、高出力アルカリ電解槽の大規模生産能力（5 MW強／スタック型電解槽）を持つ。
- その他の長期供給者はオーストリアのフェアブントであり、同社はアラブ首長国連邦のマスタードールとグリーン水素の輸入契約を最近結んだ。ADNOCは、RWE電力会社、Steag石炭発電事業者、アウルビス銅生産会社、GEWEC社など、多くのドイツ企業に「水素とその派生品」を出荷する契約を締結した。

出典：カマル・エナジーの内部調査・分析

注：2023年3月末時点で開発開始、計画または宣言されているプロジェクトのうち、2038年までに完了が見込まれるものの合計値にしめる各企業の比率を算出

世界の電解槽メーカーランキング（2022年末時点）

- 2022年末時点のメーカーごとの生産能力の規模で比べると、中国の電解槽メーカーの存在感が大きい

| メーカー | 年間能力 | 国 | 電解槽タイプ |
|-------------|--------|-------|----------|
| LONGi | 1.5 GW | 中国 | アルカリ |
| Peric | 1.5 GW | 中国 | アルカリ/PEM |
| Sungrow | 1.1 GW | 中国 | アルカリ/PEM |
| ジョン・コッカリル | 1 GW | ベルギー | アルカリ |
| ティッセンクルップ | 1 GW | ドイツ | アルカリ |
| Auyan | 1 GW | 中国 | アルカリ |
| ITM Power | 1 GW | 英国 | PEM |
| Plug Power | 1 GW | 米国 | PEM |
| Ohmium | 1 GW | 米国 | PEM |
| Cummins | 0.6 GW | 米国 | PEM |
| Nel | 0.6 GW | ノルウェー | アルカリ/PEM |
| SinoHy | 0.5 GW | 中国 | アルカリ |
| Guofu | 0.5 GW | 中国 | アルカリ |
| シーメンス | 0.3 GW | ドイツ | PEM |
| Kylin Tech | 0.3 GW | 中国 | アルカリ |
| HydrogenPro | 0.3 GW | ノルウェー | アルカリ |
| Kohodo | 0.3 GW | 中国 | アルカリ |
| Sunfire | 0.3 GW | ドイツ | アルカリ |
| マクフィー | 0.1 GW | フランス | アルカリ |
| グリーン水素システム | 0.1 GW | デンマーク | アルカリ |

出典：Hydrogen Insight

注：2022年末時点の各企業の生産能力

世界の電解槽メーカーランキング（2023年見通し）

- 2023年末時点のメーカーごとの生産能力の規模で比べると、欧米の電解槽メーカーの存在感も高まっていく見通し

| メーカー | 年間能力 | 国 | 電解槽タイプ ^o |
|-----------------|--------|-------|---------------------|
| Plug Power | 3 GW | 米国 | PEM |
| LONGi | 2.5 GW | 中国 | アルカリ |
| ジョン・コッカリル | 2.5 GW | ベルギー | アルカリ |
| ITM Power | 2.5 GW | 英国 | PEM |
| Ohmium | 2.0 GW | 米国 | PEM |
| Cummins | 1.6 GW | 米国 | PEM |
| Peric | 1.5 GW | 中国 | アルカリ/PEM |
| ティッセンクルップ | 1.5 GW | ドイツ | アルカリ |
| HydrogenPro | 1.3 GW | ノルウェー | アルカリ |
| シーメンス | 1.3 GW | ドイツ | PEM |
| Sungrow | 1.1 GW | 中国 | アルカリ/PEM |
| Auyan | 1.0 GW | 中国 | アルカリ |
| Guofu | 1.0 GW | 中国 | アルカリ |
| Nel | 0.6 GW | ノルウェー | アルカリ/PEM |
| SinoHy | 0.5 GW | 中国 | アルカリ |
| Sunfire | 0.5 GW | ドイツ | アルカリ |
| Kohodo | 0.5 GW | 中国 | アルカリ |
| CPU | 0.5 GW | 中国 | アルカリ |
| Sunfly | 0.5 GW | 中国 | アルカリ |
| リライアンス・インダストリーズ | 0.5 GW | インド | アルカリ |

出典：Hydrogen Insight

注：各メーカーが計画または宣言している内容を考慮して、2023年末の時点の見通しの値を作成

結論

- **水素経済は加速しているが、**
 - サプライ・チェーンは未成熟 – 容量ボトルネック
 - コスト削減が必要
 - 複数の輸送方法 – 最も高価で、ロスが多く、柔軟性に欠ける
 - 過剰な規範的規制がブルー水素の普及を妨げている（特にヨーロッパにおいて）
 - 最終用途のケースの中には、非現実的、または大規模になりそうにないものがある（家庭用暖房、軽自動車）
 - 長期供給者や堅調なエンドユーザー市場の開拓に十分な注意が払われていない
- **中東・北アフリカは重要なプレーヤーとして位置づけられている**
 - 優れた競争力
 - 北米以外唯一のブルー水素の主要生産国になる可能性が高い
 - 5カ国の先行国：サウジアラビア、UAE、オマーン、エジプト、モロッコ
 - ほとんどのプロジェクトが輸出志向 – アンモニア
 - しかし、グレー水素を代替し、水素をベースにした産業を発展させる大きな経済的機会がある

中東・北アフリカ地域での水素に関する主なチャンス

- 投機的なオプションを含む「土地の収奪」が進行中（モーリタニアなど）
- 電解槽のサプライチェーンの隙間を埋める
- 補助システムと「バランス・オブ・プラント」（脱塩、浄化など）
- 先進テクノロジー
 - 固体酸化物、AEM、電気化学、その他の優れたグリーン水素生産法
 - 設備利用率を向上させるための電池とその他の技術
- H₂の変換、貯留、輸送
- 地元の産業開発（鉄鋼、アンモニア、メタノールなど）
- 最終用途事例（トラック、船舶、航空機用燃料など）
- ファイナンス – 特に株式または設備関連
- 長期供給契約はプロジェクトを解き放つ – しかし、価格の付け方は？

【本レポートに関するお問い合わせ先】
日本貿易振興機構（JETRO）
海外ビジネスサポートセンター ビジネス展開課
〒107-6006 東京都港区赤坂 1-12-32
E-mail : SCC@jetro.go.jp