

水素の本格普及に舵を切る欧州/欧州洋上風力発電の動向

2021年2月

株式会社 三井住友銀行
コーポレート・アドバイザー本部 企業調査部

- 本資料は、情報提供を目的に作成されたものであり、何らかの取引を誘引することを目的としたものではありません。
- 本資料は、作成日時点で弊行が一般に信頼できると思われる資料に基づいて作成されたものですが、情報の正確性・完全性を弊行で保証する性格のものではありません。また、本資料の情報の内容は、経済情勢等の変化により変更されることがありますので、ご了承ください。
- ご利用に際しては、お客さまご自身の判断にてお取扱いいただきますようお願い致します。本資料の一部または全部を、電子的または機械的な手段を問わず、無断での複製または転送等することを禁じております。



三井住友銀行

SUMITOMO MITSUI BANKING CORPORATION

1 水素の本格普及に舵を切る欧州 P2

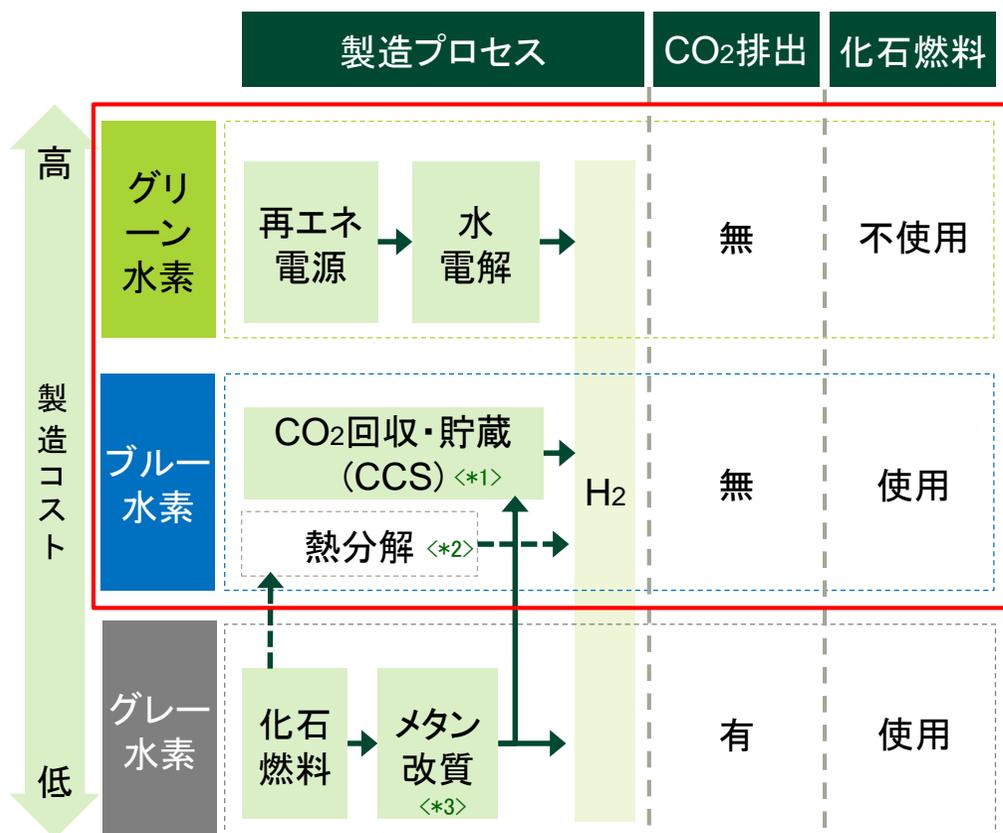
2 欧州洋上風力発電の動向 P10

1. 水素の本格普及に舵を切る欧州

1. 水素の本格普及に舵を切る欧州 (1)水素の概要・活用の重要性

欧州では再生可能エネルギー(再エネ)普及が推進されてきましたが、水素を活用しないケースではCO₂排出量をゼロにすることは困難であるため、脱炭素化に不可欠なクリーンエネルギーとして水素に注目が集まっており、特にCO₂回収・貯蔵技術を活用する「ブルー水素」、再エネを用いた電力で水を電気分解して製造される「グリーン水素」に高い関心が寄せられています。

水素の製造プロセスに基づく分類

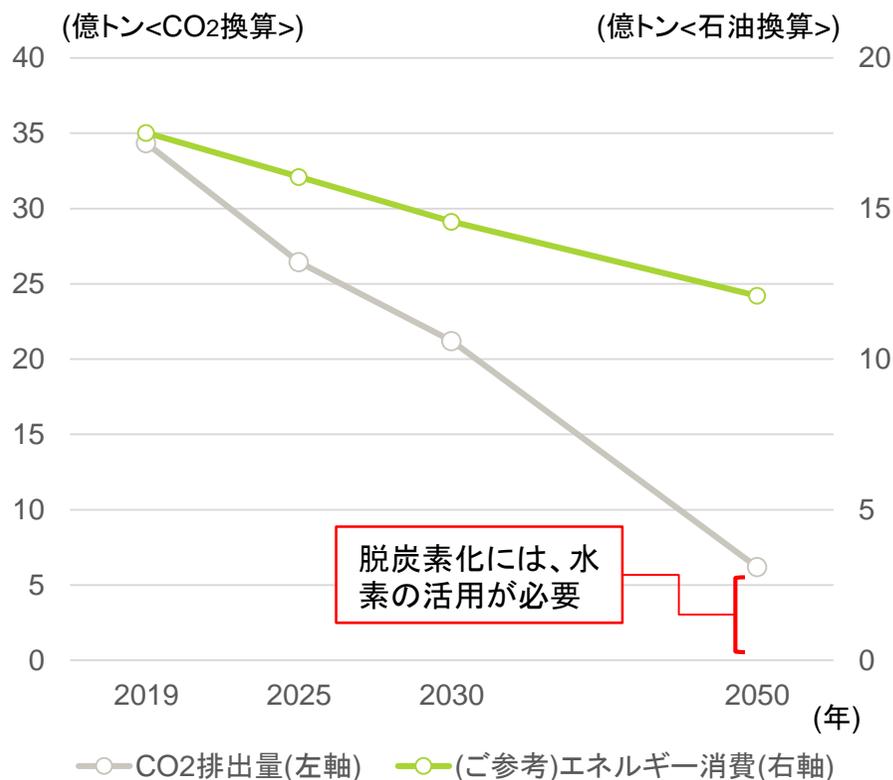


<※1>Carbon Capture and Storage <※2>天然ガスを熱分解して水素と固体炭素に分離する手法で、ターコイズ(トルコ石<青緑色>)水素とも呼ばれる。現状は依然研究段階。

<※3>CH₄(メタン) + 2H₂O(水) → 3H₂ + CO₂

(出所)弊行作成

水素を活用しない場合のCO₂排出量の見通し <※>



<※>欧州委員会のサステナブルシナリオ(産業革命以前と比べ平均気温上昇を1.5°C未満に抑制することを前提とした予測値)を基にしたエネルギー消費量及び構成を前提としたCO₂排出量

(出所) IEA及び欧州委員会資料を基に弊行試算

1. 水素の本格普及に舵を切る欧州 (2) 欧州各国の水素関連政策

欧州での水素の普及に向けて、欧州委員会が「欧州水素戦略」(2017月)を発表した一方で、欧州各国でも普及に向けた各種戦略を相次いで発表しています。

欧州各国の水素関連政策

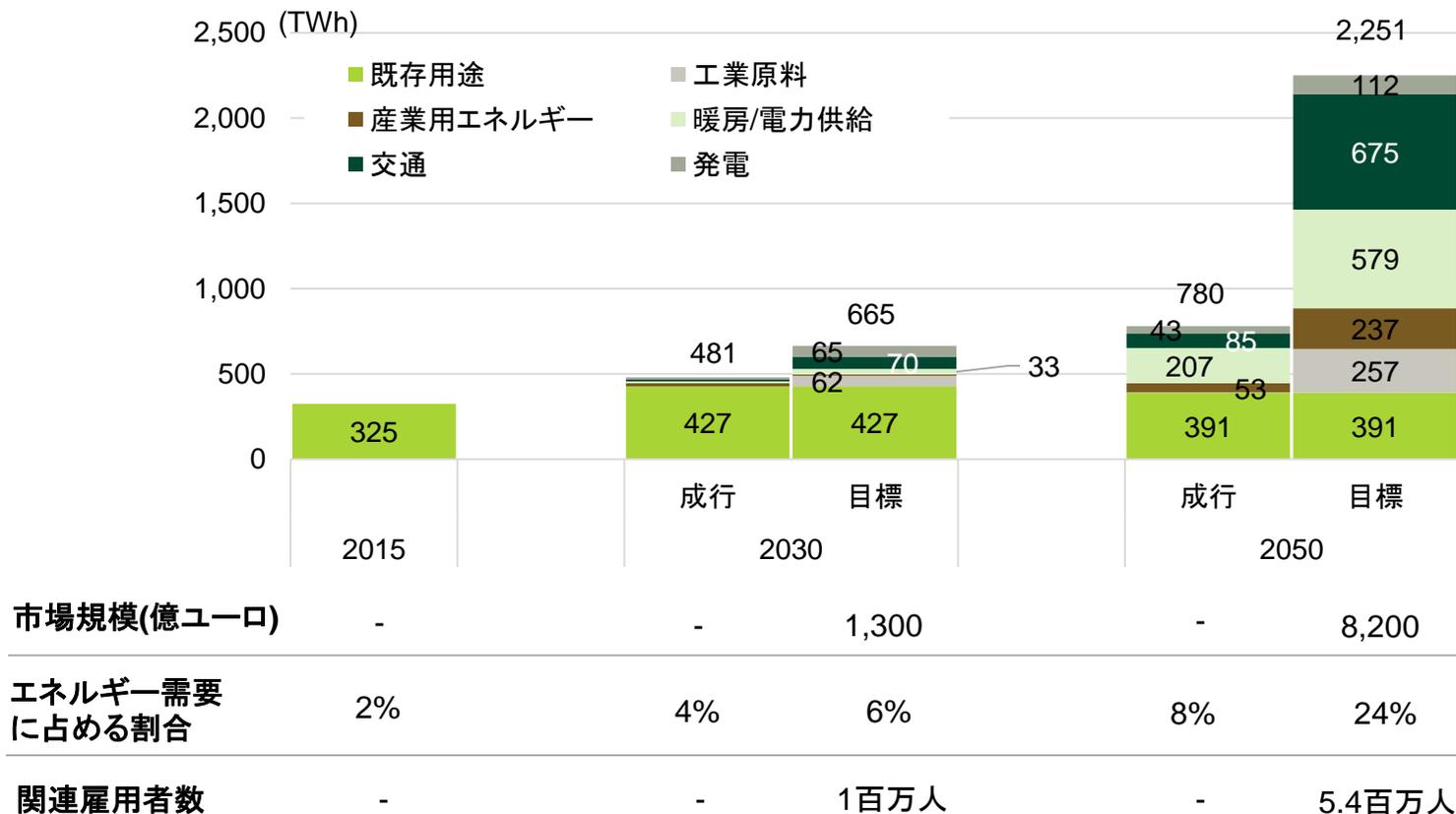
| 国名 | 基本政策名 | 概要 |
|---|------------------------|--|
| 英国  | クリーン成長戦略 (2017/10月) | 脱炭素化と経済成長の両立に向けた基本政策で、水素に関しては、暖房やFCV、CCSを活用したブルー水素の製造への支援を明記。 |
| | グリーン産業革命 (2020/11月) | クリーンエネルギー等に関する野心的な10項目の計画で、水素に関しては、2030年までに産業、輸送、電力、家庭向けの5GW規模の低炭素水素発電、水素タウンの開発を目指す。最大5億ポンドを投資(うち2.4億ポンドは水素製造施設)。 |
| ドイツ  | 国家水素戦略 (2020/6月) | 90億ユーロを投じ、2030年までに水電解装置5GW(水素約35万トン/年生産)、40年までに更に5GW分を増強。一方で需要は30年までに約225~275万トンを見込むため、水素輸入も検討。ブルー水素のうち、熱分解を用いるターコイズ水素の拡大を長期的に展望。 |
| フランス  | 国家水素戦略 (2020/9月) | 70億ユーロ(うち20億ユーロはコロナ禍に伴う経済復興策から投資)を投じ、2030年までに6.5GWの水電解装置の設置と600万トンのCO ₂ 排出量削減を目指す。 ①グリーン水素製造及び製造業の脱炭素化、②水素を燃料とする大型モビリティ(トラック、バス、列車、船舶、航空機等)の開発、③水素分野の研究・人材育成支援、等を推進。 |
| オランダ  | 国家気候協定 (2019/6月) | 水素をエネルギー需要の30%をカバー可能な戦略的なエネルギー輸送手段と明記。 |
| | クリーン水素戦略 (2020/3月) | ①法及び規制の整備、②コスト低減及びグリーン水素のスケール拡大、③需要の創出、等を推進。コスト低減に向け、補助金スキーム(SDE++)を活用(CO ₂ 削減量に応じて支給:グリーン水素€1,064/トン、ブルー水素:最大€300/トン)。スケール拡大及びコスト削減に向け、2025年迄に0.5GW、30年迄に3-4GWの水電解装置を導入。 |

(出所)JETRO、各国政府資料を基に弊社作成

1. 水素の本格普及に舵を切る欧州 (3) 水素の市場規模見通し

今後の水素の市場規模見通しについてみれば、2050年(目標値)には欧州のエネルギー需要に占める水素の割合が24%、関連市場規模が8,200億ユーロに達すると試算されるなど、水素に対する期待は大きい状況となっています。

欧州における水素の市場見通し <*>



<*>EUが2008年に設立した水素普及に向けた官民パートナーシップFCH-JU(The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking)の野心的目標。

(出所)FCH-JU資料を基に弊社作成

1. 水素の本格普及に舵を切る欧州 (4) 水素活用に向けた動き

輸送分野における水素の活用に関しては、航続距離や燃料充填時間で優れる燃料電池車(FCV)^(注)の普及が期待されており、トラックやタクシーなど商用車での普及の可能性が高いとする見方が多くなっています。暖房等への水素の供給については、既存のガスパイプラインへの混合(パイプや機器への影響がない範囲で最大10~20%)や、専用パイプラインによる実証が欧州各地で行われています。

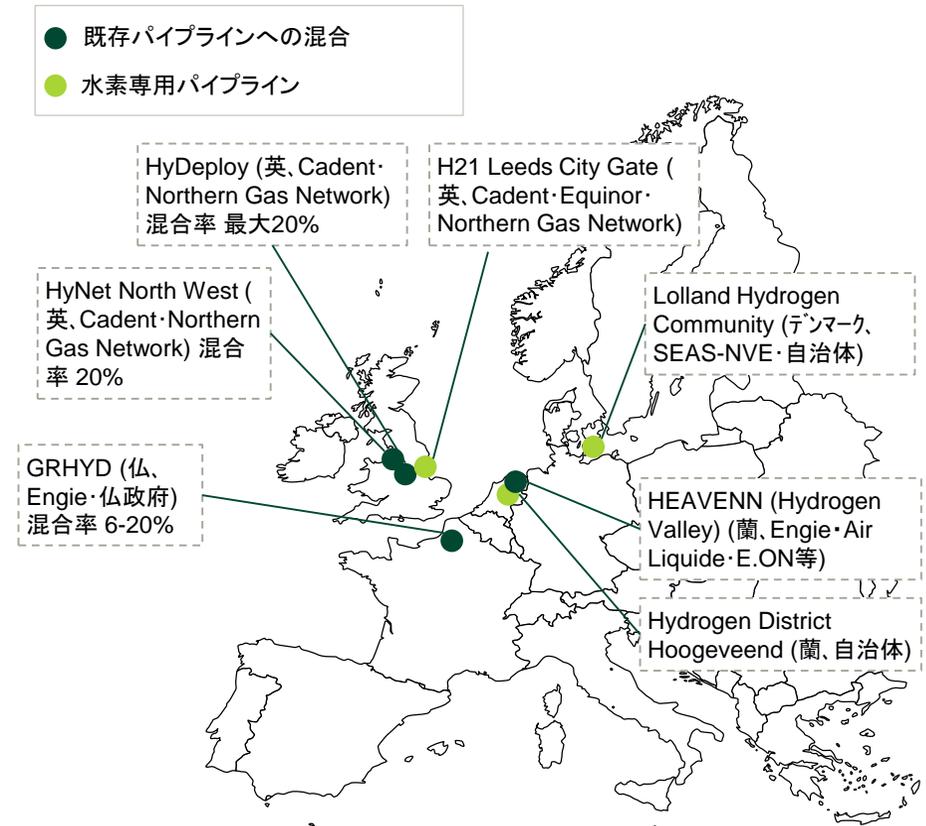
(注)水素を大気中の酸素と化合させて発電する燃料電池を搭載し、生じた電力でモーターを駆動させる自動車のこと。

燃料電池車(FCV)普及に向けた動き

| | 施策 |
|--|---|
| 英国  | <ul style="list-style-type: none"> 既存の再生可能燃料導入義務(年間45万リットル以上輸送用燃料を販売する企業が一定割合を再生可能燃料とするよう義務付け)に水素を追加(19年) |
| ドイツ  | <ul style="list-style-type: none"> 水素ステーション及び関連インフラ整備に34億ユーロ、水素及び先進バイオ燃料の推進に11億ユーロを配分 2023年までにFCV向けに36億ユーロを購入補助(乗用車21億ユーロ、商用車9億ユーロ、バス6億ユーロ) |
| フランス  | <ul style="list-style-type: none"> 2023年までに中小型FCV5,000台、大型FCV200台、水素ステーション100ヶ所、2028年までに同2~5万台、800~2,000台、400~1,000ヶ所への拡充が目標 |
| オランダ  | <ul style="list-style-type: none"> 2025年までに50ヶ所の水素ステーション、15,000台のFCV乗用車、3,000台のFCVトラックを整備 2030年までにFCVを計30万台普及 |

(出所)各国政府、JETRO資料を基に弊行作成

暖房用等向け水素供給実証プロジェクト

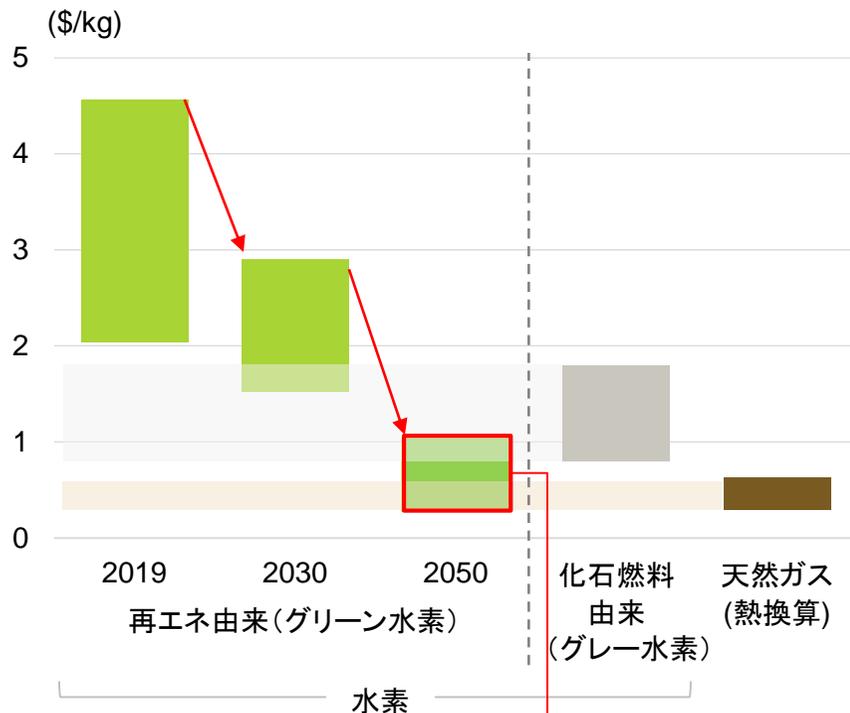


(出所)BloombergNEF資料を基に弊行作成

1. 水素の本格普及に舵を切る欧州 (5) グリーン水素製造コスト

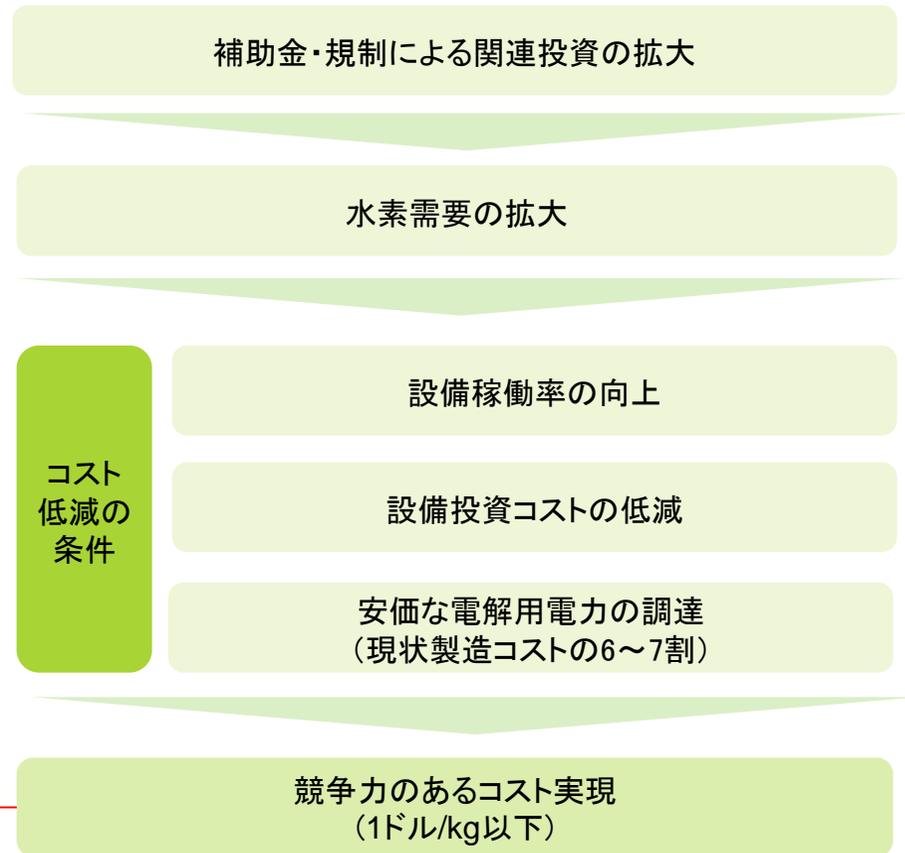
水素の利用拡大に際しては、サプライチェーン(製造・輸送・供給)におけるコスト低減が課題となっています。また、製造面では、特にグリーン水素の製造コスト(電力コスト+水電解装置価格)が天然ガスの10倍前後と極めて高くなっているため、補助金・規制により需要を拡大してコスト低下に繋げることで、競争力のあるコストの実現を図っていく必要があります。

グリーン水素の製造コストの見通し



(出所)BloombergNEF資料を基に弊社作成

グリーン水素製造コスト低減のプロセス

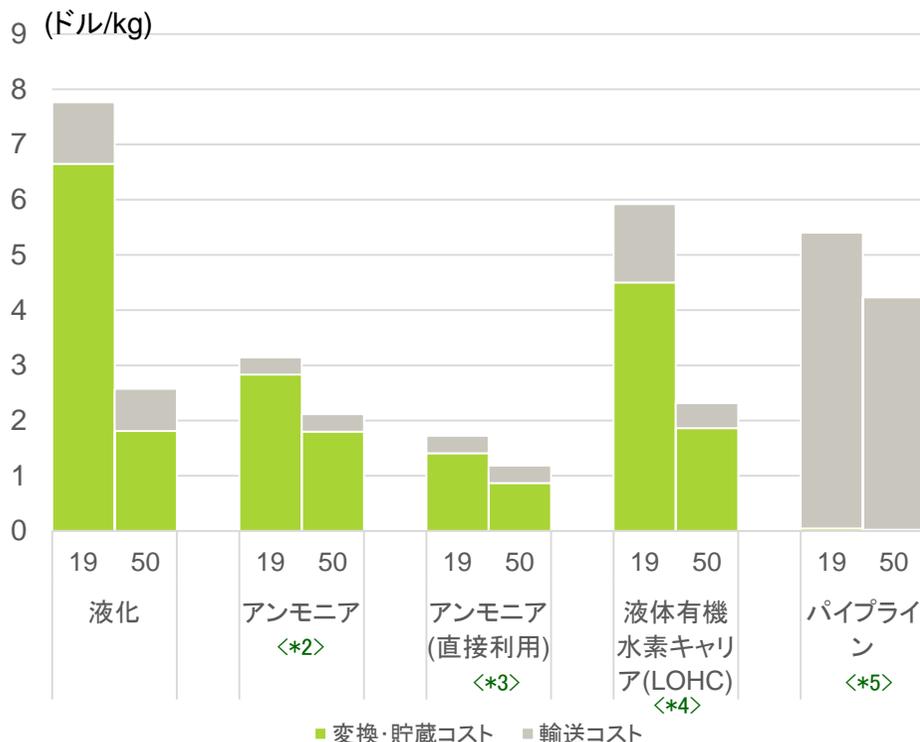


(出所)弊社作成

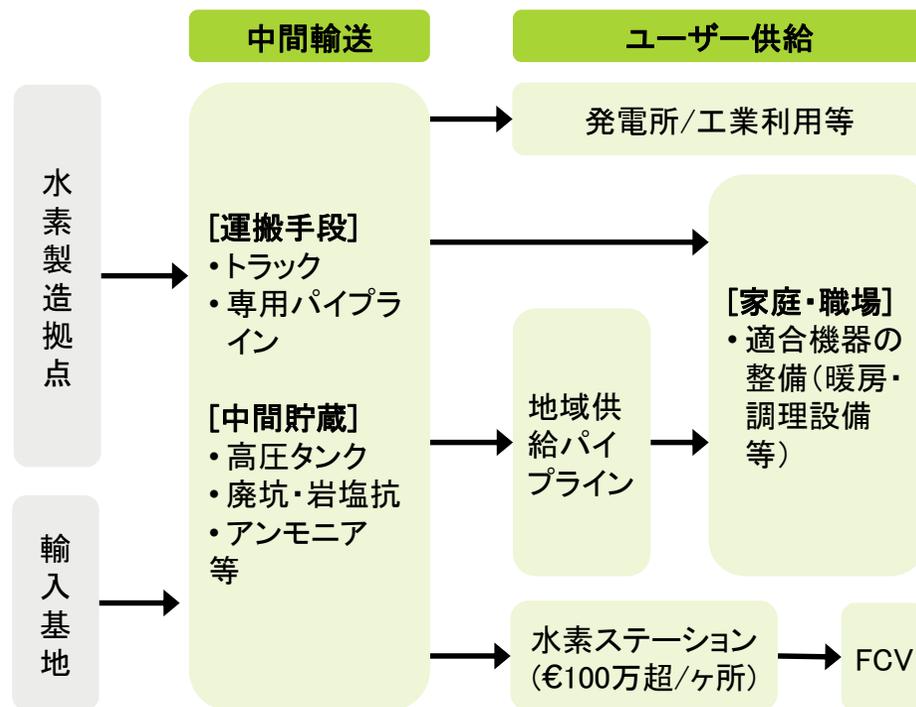
1. 水素の本格普及に舵を切る欧州 (6) 水素の輸送・貯蔵

水素の生産地から消費地への長距離輸送手段として、液化のほか、アンモニア、液体有機水素キャリア、パイプライン等が検討されていますが、安全性の確保と一段のコスト低減が求められています。また、消費地に近い地域においても、中間貯蔵手段、ユーザー側での適合機器の整備、FCV向け水素ステーションの建設等、多額の投資が必要となります。

長距離輸送手段のコスト比較(1万km当り) <*1>



消費地に近い地域における水素貯蔵・供給の流れ



供給網構築に多額の投資が必要

<*1>2050年はBloombergNEFのFuture Best Case
 <*2>水素を液化温度が-34℃と高く液化が容易なアンモニア(NH3)に加工し、船舶で運搬
 <*3>消費地で水素に分離せず、アンモニアを工業原料として直接利用
 <*4>有機化合物と水素を合成して常温の液体にすることで、運搬を容易化
 <*5>パイプラインの建設コストは敷設距離に比例し、概ね5,000km未満であればアンモニアよりも安価
 (出所)BloombergNEF資料を基に弊社作成

(出所)弊社作成

1. 水素の本格普及に舵を切る欧州 (7) 今後のビジネスチャンス

水素のサプライチェーンは製造から需要サイドに至るまで多岐に亘り、幅広い分野でビジネスチャンスの拡大が見込まれます。

水素サプライチェーンにおけるビジネスチャンス

| | | | 拡大が見込まれる分野 | |
|----------|-----------|---------|------------|---|
| サプライチェーン | 水素製造 | グリーン水素 | 再エネ発電設備 | • 太陽光、風力、バイオマス、等 |
| | | | 水電解装置 | • 水電解設備、関連部材(極材、電解質膜等) |
| | | ブルー水素 | メタン改質 | • メタン改質設備、等 |
| | | | CCS | • CO ₂ 注入設備、油井管、CO ₂ 運搬船、CO ₂ パイプライン、等 |
| | 輸送 | パイプライン | | • 鋼管、付帯設備、保守・メンテ、等 |
| | | 船舶 | | • 専用運搬船(液化水素、アンモニア、LOHC)、変換・貯蔵設備、港湾、等 |
| | 貯蔵・供給インフラ | 貯蔵設備 | | • 高圧タンク、変換設備(液化等)、貯蔵設備運営、等 |
| | | 運搬・供給手段 | | • トラック(液化・高圧)、パイプライン、水素ステーション(設備・運営)、等 |
| | 需要サイド | 交通・輸送 | 自動車 | • FCV(乗用車、トラック、バス、フォークリフト等)、関連部品・機器(燃料電池、タンク等) |
| | | | その他 | • 水素機関車、水素燃料電池船、等 |
| | | 暖房用等 | | • 水素供給パイプライン、専用機器、等 |
| | | その他 | | • 水素発電設備、製鉄(コークス代替)、電力需給調整(P2G)、等 |

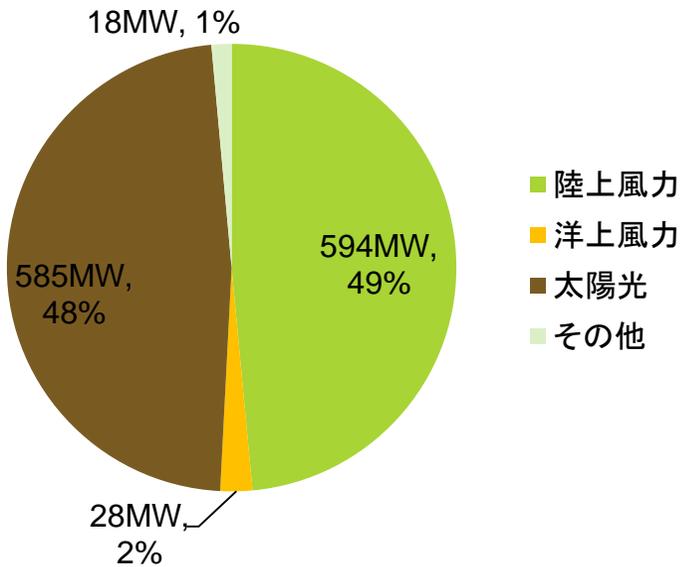
(出所)弊行作成

2. 欧州洋上風力発電の動向

2. 欧州洋上風力発電の動向 (1) 発電容量

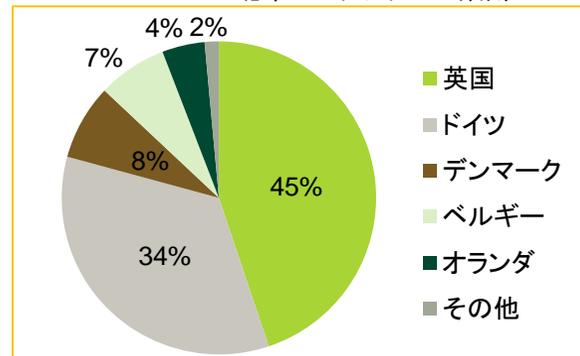
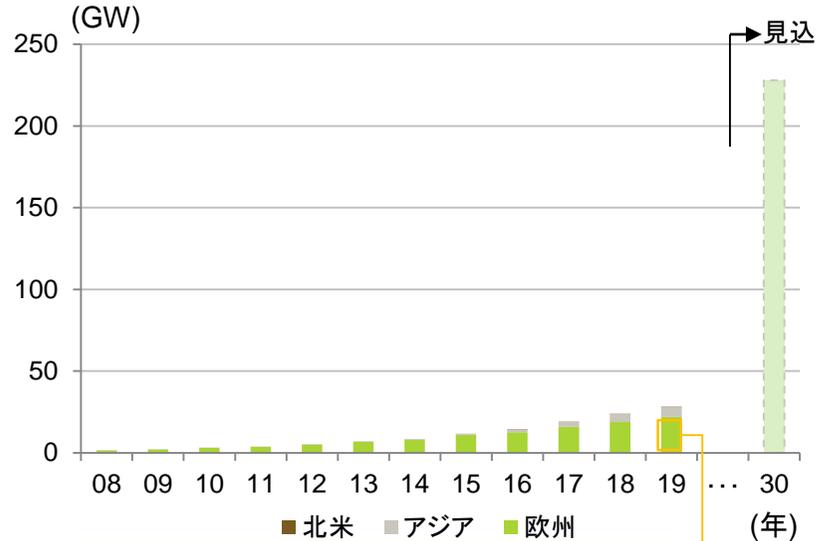
世界の洋上風力の発電容量は19年末時点で28GWと再エネ全体の2%に止まっていますが、特に英国を中心とした欧州が牽引役となって(19年末シェア78%)、ここ10年で10倍超と急速な成長が続いており、2030年にはさらに228GWまで拡大するとの見通しもあることから、発電容量の比率も今後高まっていくとみられています。

再エネの電源別構成(発電容量ベース)(19年末)



(出所)国際再生可能エネルギー機関(IRENA)資料より弊社作成

洋上風力の発電容量推移



(出所)国際再生可能エネルギー機関(IRENA)資料より弊社作成

2. 欧州洋上風力発電の動向 (2) 高まる優位性

洋上風力は、陸上風力と比べれば依然コスト面で劣るものの、設備利用率(注)が高く発電の安定性に優れ、広大な設置空間の確保が可能で、景観・騒音問題も軽微であるなど利点は多くみられます。近年はタービンの大型化等テクノロジーの進歩に伴い、発電コストの低下が見込まれています。

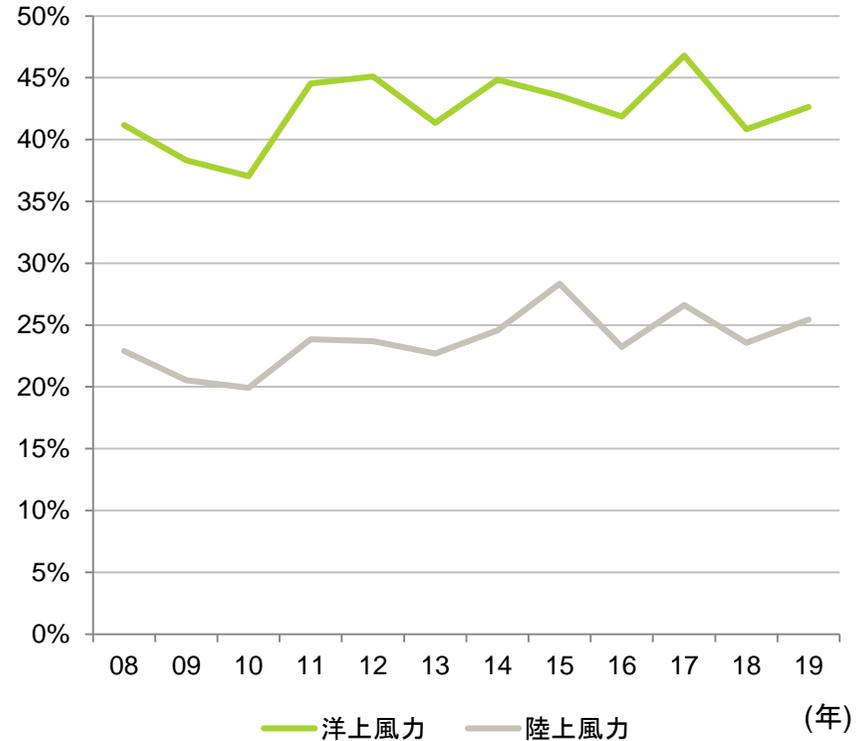
(注) 設備利用率 = 年間発電量 ÷ (発電容量 × 24時間 × 年間日数)

高まる洋上風力の優位性

| | |
|------------|--|
| 発電の安定性 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 海洋上は乱気流が少なく陸上対比風の予測が容易で風速も速い ✓ 風の方向に合わせたブレードの向きの変更回数も少なく効率が高い |
| 巨大な設置空間 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 土地等の制約が陸上対比少なく、広大な設置空間の確保が可能 |
| 軽微な景観・騒音問題 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 周辺に住宅がないため、騒音や景観に対する補償が基本的に不要 |
| + | |
| テクノロジーの進歩 | <ul style="list-style-type: none"> タービン大型化 ✓ 現在の発電容量7~9MWから10MW超に向けて大型化が進展 |
| | <ul style="list-style-type: none"> 機器寿命予測改善 ✓ 多数のセンサー設置と解析手法改良により、適切なタイミングでの部品交換が可能に |
| | <ul style="list-style-type: none"> 故障時の稼働効率改善 ✓ 故障部位のみ稼働停止し、全体交換をせず継続運転が可能に<*> |
| | <ul style="list-style-type: none"> 50~60m超の水深でも使用可能な浮体式の開発進展 |

発電コスト低下

設備利用率の比較(デンマークの事例)



<*> Performance Redundancy (稼働の拡張性能)

(出所)弊行作成

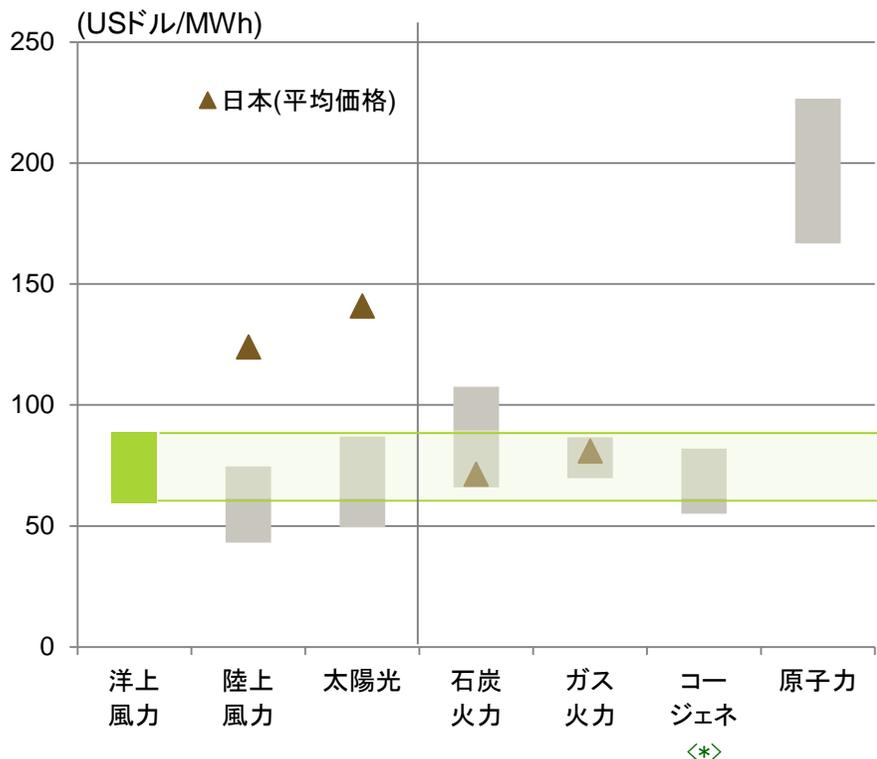
(出所)デンマークエネルギー・電力・気候省資料より弊行作成

2. 欧州洋上風力発電の動向 (3) 発電コストと現状の課題

洋上風力の発電コスト(注)は技術の進展や競争入札の導入などによって着実に低下を続けており、他の電源と比べても遜色ない水準になってきています。一方で、設備運営における様々な補修技術、建設技術の高度化に伴う建設事業者不足のほか、競争入札の拡大によるプロジェクトの財務余力縮小等、洋上風力発電を手がける発電事業者は様々な課題に対処していく必要性が高まっています。

(注) 均等化発電原価(LCOE:Levelized Cost of Electricity)ベースのコスト。プロジェクト期間における建設や運営・メンテナンス等に係るコストの総計を現在価値に割り引き、総発電量で割った1MWh当りのコストとして算出。

発電コストの比較



<*>発電時に発生する廃熱も電力と共に供給するシステム

(出所)BloombergNEFより弊社作成

現状の課題



<*1>ギアボックスとも呼ばれ、ブレードからの回転をタービン(発電機)に必要な回転数まで歯車(ギア)を用いて増速させる装置

<*2>発電された交流の電気を送電のため直流に変換する装置

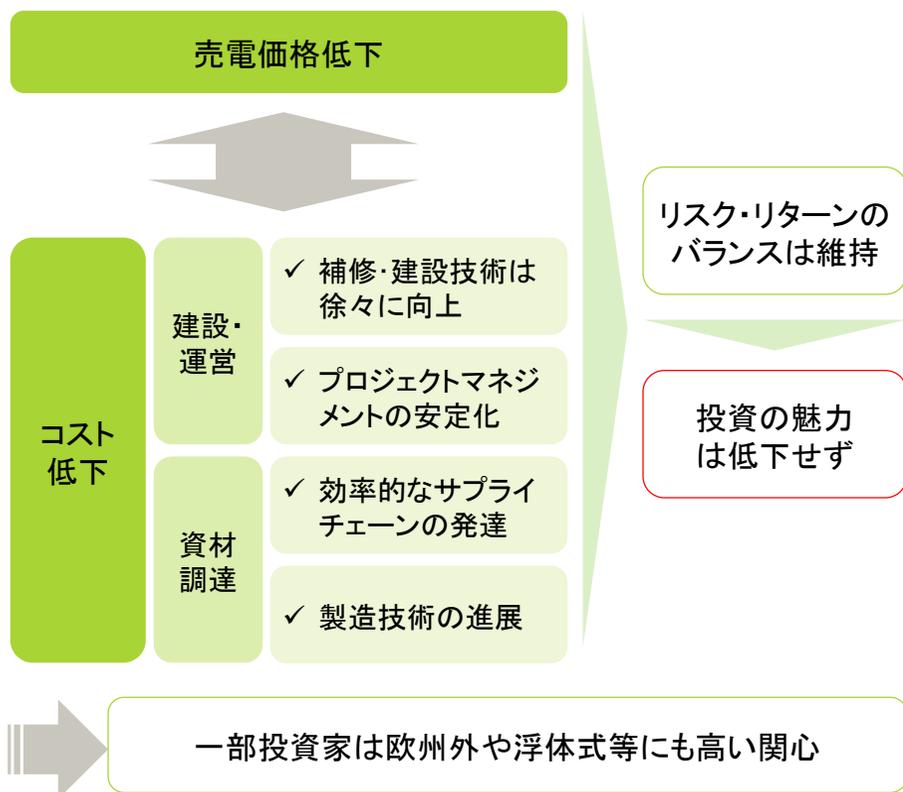
(出所)弊社作成

2. 欧州洋上風力発電の動向 (4) 収益性への見方/価格低下・変動への対応

欧州洋上風力発電は、競争入札拡大等に伴う売電価格低下に直面する一方で、過去と比べれば技術面等の課題は改善に向かいコストは低下、リスクとリターンのバランスは維持していることから、投資家の顔ぶれの変化はあっても、投資の魅力は落ちていないとの見方が一般的とされています。これに加え、価格低下・変動リスクの増加に対しても、コーポレートPPA等の緩和策が検討されています。

収益性に対する見方

価格低下・変動への対応



| 検討されている対応策 | 内容 | 課題 |
|-------------------------|---|-------------------------|
| コーポレートPPA<※1> | ✓ 環境意識の高い企業等に長期固定価格で売電し、収入を安定化 | 販売先の確保 (RE100加盟企業等)<※2> |
| プロジェクトポートフォリオ構築によるリスク分散 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 他の再エネ電源を含めた複数のプロジェクトに投資 ✓ 新興国を含めた複数の地域に投資(地理的分散) | 大規模な投資/緻密なポートフォリオ管理 |
| その他手法 | ✓ 保険の活用等 | 高額な保険料 (収益性低下) |

<※1>電力購入契約 (Power Purchase Agreement)

<※2>Renewable Energy 100%の略で、事業に使用するエネルギーの100%を再エネにするという目標を宣言した企業の連合体

(出所)弊行作成

(出所)弊行作成

2. 欧州洋上風力発電の動向 (5) 浮体式洋上風力への期待と課題

更なる洋上風力の拡大に向け、広大な建設余地のある沖合での開発が可能な浮体式洋上風力への期待が高まっており、開発も進展をみせています。一方で、建設・操業・財務の全ての面に亘って課題も多く、更なる技術革新やコスト効率の改善が必要で、補助金等公的な支援も不可欠とみられています。

浮体式洋上風力の拡大期待と課題

高まる期待

- ✓ 広大な建設余地を残す沖合での開発が可能
- ✓ 近年の浮体式洋上風力の開発進展
 - 大規模洋上風力ファーム(英国「Hywind Scotland」、発電容量30MW)の稼動開始、等
- ✓ 今後10~15年で着床式と同水準までコスト低減を期待する声

課題

建設

- ✓ 量産品がなく特注部材が多い上、基礎が着床式対比大きく依然コスト高
- ✓ 係留手法、設計・建設手法は定まっていない

操業

- ✓ 長期操業データの不足
- ✓ 沿岸からの距離に起因するアクセスの困難さや高い電力ケーブル損傷リスク
- ✓ 荒天時でも基礎を安定化させるソフトウェア技術の確立

財務

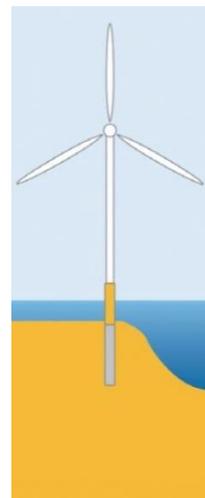
- ✓ メーカーによる性能保証
- ✓ 保険会社による保証引受け

技術革新・コスト効率改善が必要

公的な支援が不可欠

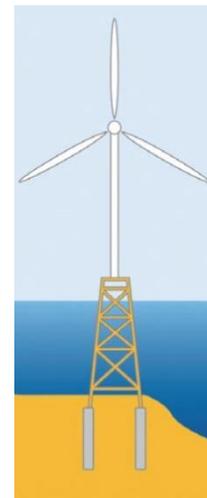
洋上風力における基礎構造の変遷

<モノパイル式>



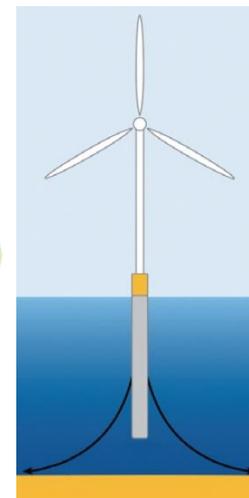
水深: 40m未満
特徴: 1本杭を打設して基礎を構築。欧州洋上風力の大半がこのタイプ

<ジャケット式>



水深: 40~60m
特徴: 基礎にモノパイル式よりも頑丈で構造が複雑な鋼管トラス構造を使用

<浮体式>



水深: 60m超
特徴: 風車の下に設置した構造物(大型ブイ等)を海底に係留

(出所)弊行作成

(出所)EWEA資料より弊行作成

2. 欧州洋上風力発電の動向 (6) 今後のビジネスチャンス

欧州での洋上風力のサプライチェーンは、石油・ガスや自動車等元々欧州に集積していた技術・産業が活かされる形で構築されているのが特徴で、欧州企業が担い手の大半を占めています。欧州域外の企業に関しても、今後自国市場を含め更なる市場拡大を見据えた技術・ノウハウ蓄積や、収益機会の捕捉を目的に、欧州市場への参入や欧州企業とのアライアンスを検討する企業の増加が見込まれます。

欧州洋上風力におけるサプライチェーンと欧州域外企業のビジネスチャンス



(出所)弊行作成