

The logo for JETRO (Japan External Trade Organization) is displayed in a blue, serif font. The background features a dark blue geometric shape on the left and a world map in a lighter blue tone on the right.

JETRO

英国における洋上風力サプライチェーン 動向に関する調査

～ 第2部 新技術・イノベーション ～

日本貿易振興機構（ジェトロ）

調査部・ロンドン事務所

2023年9月

目次

I. 技術的イノベーションの必要性	3
II. 革新的な中小企業の事例	10
III. 日本企業の進出可能性	16
IV. グリーン水素のサプライチェーンとの関連	18

JETRO

I. 技術的イノベーションの必要性

1 | 技術的イノベーションの必要性（その1）

- タービンの大型化、より遠洋での発電設備の設置、今後拡大が見込まれる浮体式洋上風力発電への対応が必要。
- コスト削減、海洋作業における安全性の改善のための技術的イノベーションが求められる。

イノベーションが必要な分野（開発段階）

分野	必要とされるイノベーションの内容	大きな進展が期待される時期
開発		
共通	生態系監視のための遠隔・自律操作システム	～ 2024
	発電所レイアウト自動最適化ツール	～ 2025
	プロジェクトの主要参加組織間のライフタイムを通じたシームレスなデータ共有	～ 2025

(出所) <https://offshorewindinnovationhub.com/about-roadmaps/>

2 | 技術的イノベーションの必要性（その2）

イノベーションが必要な分野（風車タービン）

分野	必要とされるイノベーションの内容	大きな進展が期待される時期
タービン（続く）		
浮体式	浮体とタービンの一体的な設計ツールの開発	情報なし
	様々なロータ構造の開発	～ 2040
	ピッチ制御システムの設計最適化	～ 2023
	ドライブトレインの設計最適化およびタービン制御設計の高度化	～ 2028
	磁気ギアの利用	～ 2027
	タワーの最適化 (材料の開発、設計の改善、軽量化)	情報なし
	共通	ブレード設計 (分割型ブレード、スマートブレード、等)
	タービン構造	～ 2035
	ブレード材料の開発	
	浸食防止材	～ 2026
	多機能材料	～ 2025
	積層造形法用材料の開発	～ 2028
	熱可塑性樹脂ブレードの開発	～ 2025
	超撥水材料	～ 2026

分野	必要とされるイノベーションの内容	大きな進展が期待される時期
タービン（続き）		
	ブレードの先進製造	
	複合材料の自動製造	～ 2028
	積層造形法	～ 2030
	リサイクル可能な熱可塑性樹脂の加工方法の改善	～ 2025
	ブレードのモジュール製造	～ 2030
共通	次世代コンバータの開発	～ 2025
	次世代発電機の開発	～ 2031
	新しいパワートレインの設計（設計、洋上風力用ジャーナル軸受の開発、長寿命化のためのシステム設計）	～ 2035
	発電所全体を最適に運用するためのウェイク・ステアリング技術の開発	～ 2028
	タービンの健全性を考慮に入れたタービン制御技術	～ 2023

(出所) <https://offshorewindinnovationhub.com/about-roadmaps/>

3 | 技術的イノベーションの必要性（その3）

イノベーションが必要な分野（基礎）

分野	必要とされるイノベーションの内容		大きな進展が期待される時期
基礎			
浮体式	浮体	浮体の連続生産化	～ 2025
		コンセプトの浮体の開発・製造	～ 2032
	係留	係留索の脱着のためのコネクタの開発	～ 2030
共通		腐食防止技術の最適化	～ 2023
着床式		モノパイルの大型化	～ 2030
		自動溶接の推進	～ 2023
		トランジションピースと基礎を一体化させた設計	～ 2025
		洗堀リスクを低減する基礎設計	～ 2025

(出所) <https://offshorewindinnovationhub.com/about-roadmaps/>

4 | 技術的イノベーションの必要性（その4）

イノベーションが必要な分野（電気システム）

分野	必要とされるイノベーションの内容	大きな進展が期待される時期
電気システム		
浮体式	アレイケーブル脱着のためのコネクタの開発	～ 2030
	HVACおよびHVDCダイナミックケーブルの改善	～ 2035
	電気部品設計の最適化	～ 2029
	洋上変電所の浮体の設計	～ 2030
	鉛被を用いないダイナミックケーブルの開発	～ 2027
共通	電気インフラの状態監視システムと、他のタービン部品の状態監視システムを統合するためのプラットフォームの開発と実証	～ 2028
	洋上電力貯蔵システムの開発（水素貯蔵を除く）	～ 2025
	洋上での水素製造による電力貯蔵	～ 2027
	HVDCスーパーグリッドの開発	～ 2040
	低周波AC送電技術の開発	～ 2030
	スマート電力ネットワークのためのソリューションの開発	～ 2025
	DC集電による陸上グリッドへの直接接続	～ 2040
	DC/DC中圧/高圧コンバータ（タービン搭載用）	中圧：～ 2025 高圧：～ 2030
	中圧/高圧DC集電関連の開発	～ 2030
	超電導ケーブル	～ 2040
	HVDC交直変換所の最適化	～ 2030
	HVDC海底変電所（HVAC海底変電所）	～ 2045（～ 2035）

（出所） <https://offshorewindinnovationhub.com/about-roadmaps/>

5 | 技術的イノベーションの必要性（その5）

イノベーションが必要な分野（設置およびO&M）（続く）

分野	必要とされるイノベーションの内容	大きな進展が期待される時期	
設置およびO&M（続く）			
浮体式	洋上での組立て時間短縮のための作業改善	～ 2030	
	先進的クレーン	～ 2040	
	船舶やヘリコプターの自動船位保持装置の改良	～ 2025	
	BoP（とりわけ係留索やアレイケーブル）へのセンサなどの状態監視技術を活用したO&Mの効率化 ※BoP=バランス・オブ・パワー。タービンの基礎、海中ケーブル（アレイケーブル、エキスポートケーブル）、洋上変電所等、タービン以外の全コンポーネントを含む。	～ 2030	
アクセス	破壊的なアクセス計画ツール（気象・海象データベース）	～ 2027	
	スマートメンテナンス計画策定ツール（技術者確保）	～ 2023	
	AIと機械学習を用いたCTV（作業員輸送船）の効率的な利用と次世代CTVの開発	～ 2025	
	ブレード修理時の作業環境確保のためのシステムの開発	～ 2025	
	ロボットを用いた洋上でのタービンの設置（将来的にはドローンを用いたブレードの自己設置等）	～ 2035（～ 2040）	
共通	設置および点検保守	海底ケーブル敷設技術およびプロセスの改善	～ 2030
		革新的なケーブルトレンチ造成技術	～ 2040
		ブレード点検のための目視見通し内/外（VLOS/BVLOS）のドローンの利用 ※VLOS=目視見通し内、BVLOS=目視見通し外	VLOS：～ 2024 BVLOS：～ 2031
		遠隔操作によるブレードの非破壊検査（NDT）技術 （将来的には完全自律型のロボットによるNDT）	～ 2026
		高度なカメラ・センサーシステムを搭載した自律型無人潜水機による基礎の点検	～ 2035
		定期的保守作業の自動化	～ 2031
		海底・海中および空中で利用する遠隔操作機器の自律性の強化/高性能化	～ 2040
		遠隔操作ロボットの利用の促進、および様々なロボットや自律システムを同時に運用する際のシステム間のコミュニケーションの確保	～ 2030
		拡張現実（AR）技術を用いた現場作業員のトレーニング	～ 2023

6 | 技術的イノベーションの必要性（その6）

イノベーションが必要な分野（設置およびO&M（続き））

分野	必要とされるイノベーションの内容	大きな進展が期待される時期
設置およびO&M（続き）		
共通	気象予報および風力発電所の制御システムを統合した高度な出力モデリングツールの開発	～ 2028
	気象・海象予測の向上と気象・海象測定インフラのコスト削減	予測の向上：～ 2024 コスト削減：～ 2026
	衛星リモートセンシングを利用した発電所運用および保守活動の最適化	～ 2025
	デジタルツインを活用した設計・運用の最適化	～ 2023
	パワートレインの予知保全のための様々な状態監視システムの開発	～ 2025
	ベアリング用超音波センサの開発	～ 2030
	タービンの状態監視システムが生成するデータから部品の予知保全や自動予後分析を行うためのAI・機会学習を用いたツールの開発	～ 2024
	BoP（とりわけ海底ケーブルと基礎構造物）の状態監視システムが生成するデータの高度な分析と現場作業員がもつ情報を組み合わせた予知保全	～ 2025
	状態監視システムや構造健全性監視システムのデータを利用した、部品と設備残存寿命の分析のための機会学習ベースのツールの開発	～ 2025
	現在保守作業員が行っているSCADA（監視制御システム）や状態監視システムのデータの自動処理	～ 2040
その他	港湾の効率利用のためのスマート・ロジスティクス技術（在庫管理システムを含む）	～ 2030（～2025）
着床式	洗堀防止方法の改善	～ 2027
	基礎設置船の高性能化	～ 2040
	着床式基礎の設置時の騒音を軽減する技術の開発	～ 2040
	新たなグラウト接続技術あるいは代替技術の開発	～ 2026
	トランジションピースと基礎の一体化	～ 2025

（出所） <https://offshorewindinnovationhub.com/about-roadmaps/>

JETRO

Ⅱ. 革新的な中小企業の事例

1 | 革新的な中小企業の事例（その1）

アポロ（Apollo）

- スコットランドを拠点に、石油・ガス、水素、二酸化炭素回収貯留、原子力、および海洋再生可能エネルギー部門にエンジニアリングおよびコンサルティングサービスを提供。
- 浮体式基礎のための新しい接続システム、プル・アンド・ロック式クイック接続システムを開発中。2025年までに商用化する予定。
- デンマークのフローティング・パワー・プラント（Floating Power Plant : FPP）の風力および波力の両方の発電設備に対応できるハイブリッド式セミサブ型浮体に、プル・アンド・ロック式クイック接続システムを導入するための研究・設計プロジェクトも実施。

リースク・マリン（Leask Marine）

- スコットランドの成長中の海洋事業企業。再生可能エネルギー分野では、船舶のチャーター、商業潜水、海洋建設・運用コンサルティング、調査、設置、保守、撤去サービスを提供。欧州全体で22以上の洋上風力発電プロジェクトに参加。
- 浮体式波力・潮力エネルギー市場向けに開発していた潜水型掘削装置とロックアンカーの用途を洋上風力部門に拡大。制御室等も含めコンパクトに収納でき、世界中へ輸送が可能。
- これまで不適であると見送られていた海底地盤にもアンカーを設置でき、今後の浮体式洋上風力の拡大を後押しすると期待される。

2 | 革新的な中小企業の事例（その2）

ACTブレード (ACT Blade)

- スコットランドを拠点に、ヨット業界の技術を応用したブレードを開発。
- ガラス繊維に代わりリサイクル炭素繊維とテキスタイルで製造されるモジュール型のブレードは、軽量で、ブレードの長さを伸ばすことができ、出力増加を可能にする。ブレードの製造コストも従来のものより30%低く、発電コストを6.7%削減することが可能。
- モジュール型のためリサイクルも比較的容易。
- 2024年に2MW級のタービン用のブレードを市場に投入する計画。

マグノマティクス (Magnomatics)

- シェフィールド大学のスピンアウト。独自技術として高効率磁気ギアを開発。
- 同社の磁気ギアと永久磁石発電機から構成される、500kWの疑似ダイレクトドライブ (PDD) を開発。洋上風力タービン用のPDDを開発するためのプロジェクトを実施中。
- 従来の発電機とギアボックスを、PDDに置き換えることで、タービン故障の典型的な要因であるギアボックスの不具合をなくすることができる。
- ロボット技術を用いたPDD搭載タービン製造についての研究も実施。ロボットを利用することで製造時間が大幅に削減されることが証明された。
- 現在、洋上風力業界大手とのパートナーシップの下、同社PDD技術の事業化を加速させている。

3 | 革新的な中小企業の事例（その3）

CASC

- ベルファストを拠点に置くエンジニアリング会社。現場工事事前準備や、金属製品の設計、加工、設置、建設工事に係わるサプライチェーン管理などのコンサルティングサービス、高所作業のための安全管理等、幅広く事業を展開。
- 世界最大級のホーンシー 1 および 2 洋上風力発電プロジェクトで、シーメンス・ガメサのタービン組立のための現場の事前整備を実施。
- エンジニアリング能力を拡大すべく、公的助成金を得て先端レーザー切断機を調達。新機材で製造した部品を世界中の洋上風力業界に納入。

エコーボルト（EchoBolt）

- バーミンガム南方に本社を置く洋上風力業界のスタートアップ。
- 超音波を使ったタービンのボルト点検を行う。ボルト点検によるタービンのダウンタイムを大幅に削減。
- 大手デベロッパーと協力し、ボルト点検データによるタービン健全性分析を行う、顧客用ソフトウェア「ボルトウォッチ」を開発。
- タービンO&M行う大手企業と提携、自社製品の利用拡大を図る。

4 | 革新的な中小企業の事例（その4）

コグニティブ（Cognitive）

- ロンドンのスタートアップ。センシングとAI/機械学習技術を駆使して、洋上風力O&Mをより安全で効率的かつ信頼性のあるものにするためのソフトウェアソリューションを提供。
- 主力製品のWAVEは気象データと船舶データをAIで分析することにより、保守作業員が船舶からタービンに移乗するための最適な時間帯を予測。発電所運用の最も危険な側面を適切に管理することで、毎年1GW当たり最大100万ポンドのコスト削減が可能。
- 高精度でタービンの発電性能低下を検知できるWindAIも開発、提供。

センネン（Sennen）

- ブリストルの再生可能エネルギー業界のソフトウェアデベロッパー。保守活動における安全性を確保しつつ、作業員と船舶を最適に配備/利用するためのシステムを提供。
- 発電所オペレータは、作業員による保守活動に係わる6つのソフトウェアモジュールから必要なモジュールを組み合わせ、自社のシステムにシームレスに統合することが可能。
- 資産管理の効率化やダウンタイムの削減による収益の向上に加え、安全管理の自動化によるコンプライアンス遵守が可能。

5 | 革新的な中小企業の事例（その5）

ロボコおよびバールスト（RovcoおよびVaarst）

- ロボコはブリストルのハイテク海中作業機器企業、2021年に同社の技術部門をバールストとして立ち上げ。
- リアルタイムの三次元ビジョンとAI技術を用いて、ROV（遠隔操作型無人潜水機）やAUV（自律型無人潜水機）による海中作業支援、海中構造物の点検・保守、および水路測量などの海底地盤調査を実施。
- バールストは、顧客のROV等の機器に自律性を実装するための高性能の3Dライブイメージング・デバイス機会学習によるデータ分析を提供。
- ロボコは2019年にオフショアエンジニアリング市場をリードするグローバルマリングループと提携、ロボコのテクノロジーの利用拡大を図っている。2022年末にホライズン・オーシャン・マネジメントとの協業覚書を締結、日本市場への進出も図る。

VRAI

- ダブリンで設立、イングランド北東部にも本社を置く。バーチャルリアリティ（VR）テクノロジーを利用し、危険度の高い環境での作業のためのトレーニングを提供。AIを用いてVRのデータを分析、トレーニングの成果を管理するデジタルツールも提供。
- 2021-2025年に17万2,000人以上が洋上風力の建設、設置、運用保守のためのトレーニングを受ける必要があると試算されている（Global Wind Organizationおよび世界風力会議）。
- VRAIは、軍事訓練用などに利用されていたVRトレーニングを洋上風力保守作業に拡大、今では洋上風力分野は主要ビジネス部門になっている。

JETRO

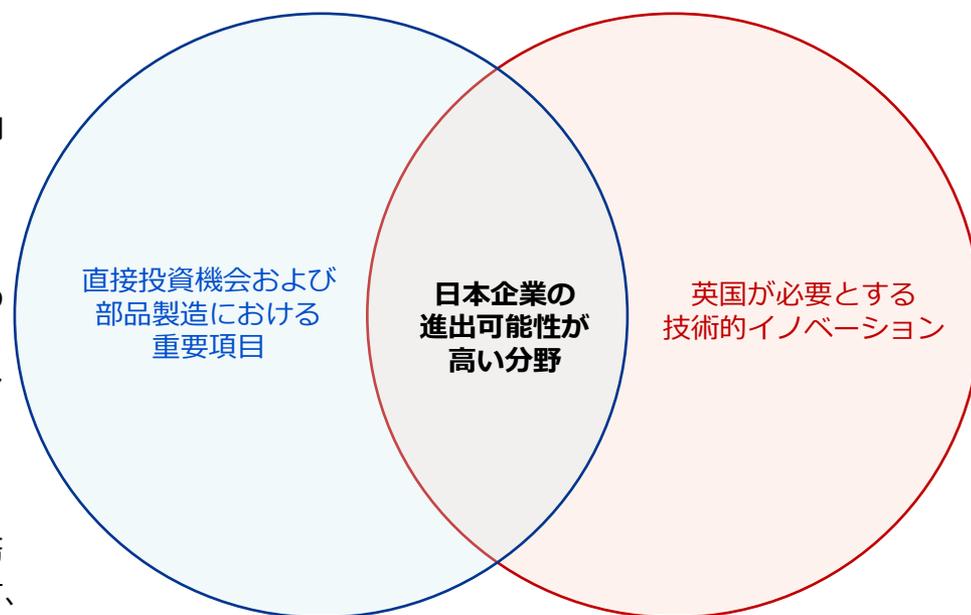
Ⅲ. 日本企業の進出可能性

1 | 日本企業の進出可能性

- 下記2つの重複分野が最も進出可能性が高いと考えられる。
- 英国ビジネス・通商省が挙げている洋上風力部門におけるサプライチェーンへの直接投資機会および部品製造の重要項目。
- 「I. 技術的イノベーションの必要性」で見た英国が必要とする技術的イノベーション分野。

進出可能性が高いと考えられる分野

- 自律型海上および海中監視機器（自律型潜水機など）
- ブレード材料
- ナセルおよびハブ：ピッチ制御システム、タービン制御システム、磁気ギア、コンバータ、発電機、ウェイク・ステアリング技術
- 浮体式用タワー
- 浮体式基礎：浮体の連続生産化、浮体式用係留索着脱のためのコネクタ、腐食防止技術
- モノパイル：大型モノパイルの製造、自動溶接、トランジションピースとの一体化設計、洗堀防止技術、など
- ダイナミックケーブル
- CTVの効率的な利用のためのツールと高性能CTV
- 点検・保守サービス：デジタルツールを用いた保守業務計画最適化、タービンへの安全なアクセスのための機材、先進的クレーン、遠隔操作または自律型ロボットによる点検システム、定期保守作業の自動化、など



進出事例

日立エナジー（本社スイス）が世界最大級の英国ドガーバンク洋上風力発電所（2026年フル稼働予定）のティア1サプライヤーとしてHVDCシステムを提供。英国初のHVDC技術を活用する洋上風力発電所になる。

IV. グリーン水素のサプライチェーン との関連

1 | グリーン水素のサプライチェーンとの関連（その1）

- 洋上風力発電電力を利用した洋上での水素製造は必要とされるイノベーションの一つ。
- 洋上風力サプライチェーンから洋上グリーン水素製造に移行可能なサプライチェーン・コンポーネントは多くある。

サプライチェーン分野	洋上グリーン水素サプライチェーンのコンポーネント	洋上風力サプライチェーンからの移行可能性
プロジェクト開発	コンセプト・エンジニアリングとコンサルティング（フィージビリティ・スタディ、環境調査）	○
	EPC（着床式および浮体式構造物、パイプライン、処理プラント設計、陸上建設物）	○
	水素輸送船の設計	
	機材設計の海洋適合化	○
	コンポーネントの詳細設計（電解槽設計、後処理設備設計、貯蔵設備設計、海底・陸上パイプライン設計、電気システム設計とモデリング、制御と安全システムの設計、計測器設計）	○
水素生産設備の製造	海洋での運用に適した機器	
	電解槽（電解槽、フロープレート、膜電極アセンブリ、ガスケット、ハウジング、バルブ、指示器、センサ、制御システムおよびモニタリング、マニホールド、冷却水システム、プレート式熱交換器、排気装置、水処理（脱塩）システム、水素純化システム）	
	脱塩装置（脱塩装置、逆浸透膜、圧力容器、ブラインシール、バルブ、フィルター、ハウジング）	
	コンプレッサ（コンプレッサ、鋼製本体、バルブ、ギアボックス等、ゴーク・センサ指示器、モーター、エレクトロニクスおよび制御盤、ガスケットおよび固定具、バッファータンクおよび接続配管、鋼製フレーム）	○
	液化機および後処理機（冷却システム、フィルター、熱交換器、コンデンサ、エバポレータ、セパレータ、サーキュレータ、エキスパンダー/コンパンダー、ブロワー、吸蔵・吸着装置、後処理機材のための部品）	
	チューブトレーラーおよび貯蔵タンク（タンク、バルブ、充填・抽出機器、水素量センサ、サスペンション、熱交換器および加熱装置）	
	洋上構造物（ジャケット、上部構造、ライザー、パイル）	○
	パイプライン（コーティング、アノード、フランジボルトとガスケット、バルブ、センサ（流量・圧力・温度センサ））	
	電気システム（HVAC、スイッチギア、海底ケーブル、センサおよびメータ、制御・監視システム、通信システム）	○

（出所） Scottish Government, December 2020, Scottish Offshore Wind to Green Hydrogen: Opportunity Assessment, pp. 80-84.

2 | グリーン水素のサプライチェーンとの関連（その2）

サプライチェーン分野	洋上グリーン水素サプライチェーンのコンポーネント（続き）	洋上風力サプライチェーンからの移行可能性
水素生産設備の製造	安全保護装置および通信網（火災およびガス、緊急遮断システムおよび制御システム、IT ネットワーク、オフショア通信）	○
	受注設計生産（精密加工、3Dプリンティング）	○
設置およびコミッショニング	水素生産プラント（設置およびコミッショニング）	
	洋上構造物設置（ジャケット、上部構造、パイル、アンカー、サイト調査、パイプライン敷設、パイプラインのトレンチング/バックフィリング）	○
	海底ケーブル設置	○
	パイプライン設置（陸揚げ、ライザー、ROV/ダイバー、パイプラインハンドリング機材、気圧テスト、コミッショニング）	
	港湾設備の整備（設置のためのインフラ、揚重設備）	○
	陸上作業（土木、ロジスティクス）	
運用保守および撤去	トレーニング	○
	港湾の運用（O&M港湾インフラ、水素取扱港湾サービス）	○
	陸上ロジスティクス（O&Mの調整、水路の陸上輸送）	
	洋上ロジスティクス（海底パイプライン輸送および船舶輸送による輸出、CTV）	○
	作業員の安全衛生管理	○
	水素プラント点検・保守（電解槽、後処理プラント、貯蔵および輸送設備）	
	バランス・オブ・プラントの点検・保守（脱塩装置、洋上設備の下部構造、パイプライン、電気機器、バルブ、工具および消耗品）	○
	運用保守支援とITサポート（ソフトウェア関連）	○
	洋上構造物撤去サービス	○
	陸上構造物撤去サービス	
水素輸送	陸上輸送（トラック、鉄道）	
	船舶輸送（タンカー、その他船舶）	
事業サポート	専門家サービス（コンサルティング、業界団体、安全衛生専門者）	○
	R&Dおよび教育（研究機関、大学・高等教育機関）	○

（出所） Scottish Government, December 2020, Scottish Offshore Wind to Green Hydrogen: Opportunity Assessment, p. 80-84.

レポートをご覧いただいた後、 アンケートにご協力ください。

(所要時間：約1分)

<https://www.jetro.go.jp/form5/pub/ora2/20230016>



レポートに関するお問い合わせ先

日本貿易振興機構（ジェトロ）

調査部 欧州課



03-3582-5569



ORD@jetro.go.jp



〒107-6006
東京都港区赤坂1-12-32 アーク森ビル6階

■ 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