



日・EU 戦略的パートナーシップ協定
(SPA) 実施のための支援ファシリティ

**EU 及び加盟国における浮体式洋上
風力エネルギー技術基準のベストプラクティスに関する研究**



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
ファシリティー
EuropeAid/139636/DH/SER/JP

SUPPORT
FACILITY FOR
THE
IMPLEMENTATIO
N OF EU-JAPAN
STRATEGIC
PARTNERSHIP
AGREEMENT
(SPA)

Study on Best practices in Floating Offshore Wind Energy Technical Regulations in the EU and Member States



日・EU 戦略的パートナーシップ協定（SPA）実施のための支援
ファシリティー
EuropeAid/139636/DH/SER/JP

© European Union, 2024

免責事項 本書は欧州連合の資金援助により作成された。その内容は執筆者個人の責任によるものであり、必ずしも欧州連合の見解を反映するものではない。

対象プロジェクト：日・EU 戦略的パートナーシップ協定（SPA）実施のための支援ファシリティー
EuropeAid/139636/DH/SER/JP

著者：

Carlos García Barquero、独立コンサルタント

斉藤 哲夫、自然エネルギー財団





内容

1. はじめに.....	6
1.1. 背景と根拠.....	6
1.2. 目的及び範囲.....	6
1.3. 浮体式洋上風力発電の拡大における技術的課題.....	6
1.4. 浮体式洋上風力発電及び洋上風力エネルギーの拡大.....	10
2. 国際標準化機構.....	11
2.1. 浮体式洋上風力発電プロジェクトに関連する IEC 規格.....	12
3. 日本における洋上風力発電／浮体式洋上風力発電技術基準及び規格.....	14
3.1. 法令.....	14
3.2. 規格.....	16
3.3. 統一解説、技術基準及び安全ガイドライン.....	16
3.4. 技術基準及び第三者認証手続に関する審査.....	22
4. EU における浮体式洋上風力発電技術基準及び規格.....	26
4.1. EU における技術基準及び規格の概要.....	26
4.2. 規格の採用及び実施.....	27
4.3. 認証プロセス及び要件.....	30
4.4. サイト調査.....	32
4.5. 荷重の評価.....	34
4.6. 関連材料.....	35
4.7. 係留及びアンカリング.....	36
4.8. 安全要件.....	37
4.9. プロジェクト及びテストサイト.....	38
5. 日欧間の規格及び技術規格のベンチマーキング.....	39
5.1. 日欧のプラクティスの比較.....	39
5.2. ベストプラクティス.....	44
6. 日本における適合性評価機関の認定及び適合性確認機関の登録.....	47
6.1. 適合性評価機関の認定.....	47
6.2. 電気事業法に基づく適合性確認機関.....	47
6.3. 港湾法に基づく確認機関.....	47
6.4. 船舶安全法に基づく船級協会.....	47
7. EU における適合性の認定手続及び認証制度.....	48
7.1. EU における認証制度及び認定.....	48
8. 認定及び適合手続に関する日・EU のベンチマーク.....	50
8.1. 日欧のプラクティスの比較.....	50
8.2. 日本に関連する可能性がある特定されたベストプラクティス.....	51
9. 結論及び提言.....	53
付属書 I：EU の浮体式洋上風力発電関連規格及びコード.....	55
付属書 II：風力発電システムの主要な国際及び国内規格.....	57
付属書 III：日本の洋上風力発電ポテンシャル.....	61



図表一覧

図 1 浮体式風力設備の新規導入量 世界全体 (MW) **	7
図 2 主な浮体式風車支持構造物の種類	8
図 3 主なアンカーの種類	9
図 4 IEC 規格構造及び IECRE 適合性評価組織	12
図 5 電気事業法、港湾法、船舶安全法の適用範囲	15
図 6 民間セクター主導による技術基準の採用	21
図 7 洋上浮力の建設計画における適合性評価の新しい審査プロセス	22
図 8 港湾法に基づく適合性確認手続及び風力発電設備の第三者認証の一本化	24
図 9 船級検査及びサイト適性評価の手順	24
図 10 浮体式洋上風力発電 風車支持構造物設計に適用される IEC 規格及び ISO 規格の概要	30
図 11 IEC 61400-22 及び IECRE-OD-502 に準拠した風力認証モジュール	31
図 12 サイト条件及び関連規約・規格概要	33
図 13 15 メガワット浮体式洋上風車システム及び参照座標システム	34

目次

表 1 IEC 規格	13
表 2 風力エネルギーセクターにおける IECRE 認証機関	16
表 3 係留ラインの安全比率	18
表 4 船体に使用される圧延鋼の分類 (船舶構造規則による)	18
表 5 船体用圧延鋼材の種類 (日本海事協会鋼船規則検査要領の鋼船規則 K 編による)	19
表 6 鋼製浮体施設及びコンクリート製浮体式設備の特徴	20
表 7 船舶安全法に基づく船舶検査	25
表 8 浮体式洋上風車に適用可能な関連規格及びガイドライン	26
表 9 - EU 関連国の主な浮体式洋上風力発電風車技術基準及び規格の概要	29
表 10 浮体式洋上風力発電技術基準並びに規格の採用及び開発に関する日欧比較	39
表 11 浮体式洋上風力発電認定手続、認証制度及び適合性評価の比較	50



1. はじめに

1.1. 背景と根拠

ここ数年の洋上風力エネルギーの世界的な発展と成長は、非常に重要な意味を有している。多くの国で洋上風力エネルギーの年間成長率は明らかに上昇しており、欧州は現在、世界の洋上エネルギー市場を牽引している。洋上風力発電は、欧州風力憲章に基づき、EUにおける政治的優先度の高い分野である¹。

浮体式洋上風力エネルギーは、技術的な課題が大きいかもかわらず、着床式オプションと比較して、利用可能なスペースと性能の改善の可能性を示すものであり、洋上風力エネルギーセクターにおける前進である。EU加盟国の多くは、浮体式風力プロジェクトや試験プラントの開発、それに伴う技術的及び規制上の改善において、近年大きな進歩を遂げている。

日本の場合、浮体式洋上風力発電セクターは有望かつ急成長を遂げているセクターである。日本は、カーボンニュートラルや電源構成における再生エネルギーの割合の増加に関して、野心的な公約を掲げている。これらの目標を達成するための重要な新セクターの一つが洋上風力発電である。日本の目標は、浮体式洋上風力発電容量の増強だけでなく、現地でのサプライチェーンの構築においても野心的である。

今回の「EU及び加盟国における浮体式洋上風力エネルギー技術基準のベストプラクティスに関する研究」(以下「本研究」という。)は、戦略的パートナーシップ協定 (SPA) の枠組みの中で実施される。

浮体式洋上風力発電は洋上風力エネルギーセクターのサブセクターであり、規制の枠組みもほぼ共通であるため、本研究はある意味で、主に着床式洋上風力エネルギーに焦点を当てた 2022 年の研究の続編と言える。

1.2. 目的及び範囲

本研究の目的は、日本での適用可能性を明確にするためのベストプラクティスに関するベンチマーク分析を実施することを目的として、EU 及び加盟国 (MS) における浮体式洋上風力発電に関する技術及び規制に関する情報をまとめることであり、これはさらに、浮体式洋上風力発電に関連する規制の枠組みを策定するためのベンチマークとして、日本当局との二国間会合において利用することができる。

本研究は、オンライン上及び管轄の機関や企業に存在する浮体式洋上風力発電の技術基準及び規格に限定している。環境影響アセスメント、海洋空間計画、漁業権等その他の現地の規制の編纂は、分析の範囲外である。

EU、その加盟国及び日本を中心に、浮体式洋上風力発電に関連する比較経験に関する情報の包括的な調査が実施された。浮体式洋上風力発電に関する日本の状況に焦点を当てることから始め、これを基に、EU 加盟国

におけるベストプラクティス及び経験を日本で適用できるかどうかを探った。よって、後の段階で規格、認証及び適合性評価に関する比較分析を行うために、EU 及び日本の 2 つの分析が並行して行われた。

EU 加盟国については、綿密な分析を行い、本研究における比較参照を可能にするため、プロジェクトの実施及び予測レベル、技術力並びに関連する政策及び規制の発展度を基に、ドイツ、フランス、スペイン及びイタリアを選定した。

日本及びEUの技術基準の分析を始める前に、浮体式洋上風力発電所の拡充の条件となる技術的課題に関するセクションを設け、本研究の主な内容の概略を説明するための主要なトピックを強調する。

浮体式洋上風力発電についてまとめられた情報の分析は、以下の 3 つのパートで構成されている。

- 1) 技術基準及び規格
- 2) 適合性評価の認定手続及び認証制度
- 3) ベストプラクティス、ベンチマーキング及び結論

最初の 2 つのセクションは同一のアプローチを取り、日本の状況を分析し、次にEUの状況を同様に分析し、2 つのケースを比較する。最後に、いくつかの指標を選択し、日本での適用が可能なベストプラクティスを特定するために、最終的なベンチマーキングを行う。

1.3. 浮体式洋上風力発電の拡大における技術的課題

1.3.1. 浮体式風力エネルギー市場を牽引する欧州

浮体式洋上風力セクターの現在のダイナミクスを象徴するように、GWEC (世界風力エネルギー会議) は長期見通しを修正し、2030 年までに世界で 8.5GW が建設されると予測している。

GWEC Market Intelligence の予測によれば²、下記の図が示す通り、浮体式風力発電は今後 10 年の間に完全に商業化され、2029 年又は 2030 年以降には数 GW レベルの新規設置が達成されるであろう。予測される総増設量 (31GW) のうち、予測期間前半に設置されるのはわずか 8% (2.5GW) である。

地域分布に関しては、GWEC の分析によると、欧州が浮体式洋上風力発電の世界的リーダーであり続け、2024 年から 2033 年の 10 年間予測で、総設置数の 60% を占め、アジア太平洋 (33%)、北米 (7%) が続き、浮体式洋上風力発電増加に大きく貢献すると予想されている。2033 年末までに世界中で 31GW の浮体式洋上風力発電設備が設置される見込みで、その結果、洋上風力発電の総設備量に占める割合は現在の 0.3% から 6% となる。

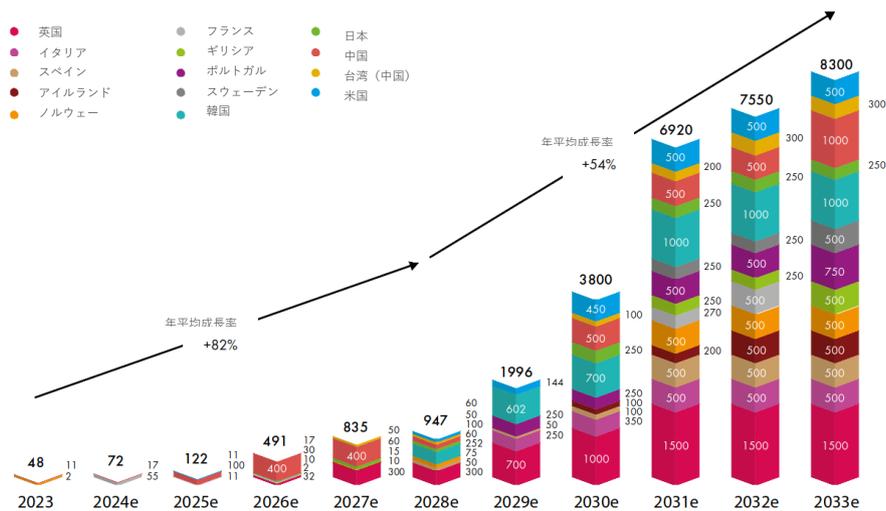
¹ 2023 年 12 月 19 日にブリュッセルで調印された欧州風力憲章は、EU 風力発電パッケージにおいて定められた行動を実施するための EU の基本的風力コミットメントである。

² 2024 年グローバル洋上風力報告書 (2024 年 6 月 17 日発行) : 2033 年までの浮体式洋上市場の見通し



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリテーター
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

図1 浮体式風力設備の新規導入量 世界全体 (MW) **



出典：GWEC Market Intelligence、2024年6月(和訳したもの)

注**：上記の浮体式風力の見通しは、GWECの世界洋上風力予測にすでに含まれている。



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
ファシリティー
EuropeAid/139636/DH/SER/JP

1.3.2 浮体式洋上風力発電支持構造物

浮体式風車の構成部品の大半は、ナセル、電気系統の大部分、ブレード、タワー等、着床式風車と同じであるが、基礎となる構成要素は異なる。洋上風車の浮体式基礎には、通常、主要部分として、浮体構造と、浮体を所定の位置に固定するためにあらかじめ設置された係留及びアンカーシステムの2つがある。

世界各国で開発されたパイロット・プロジェクトに関連するさまざまな浮体式の設計やコンセプトがあるが、IEC 61400-3-2 規格で検討されているように、世界的に最も普及しているデザインは、下図に示すように、4つの基本的なプロトタイプにまとめることができる。

- ・**スパー・プラットフォーム**：長い係留ラインで海底に接続された、深い喫水で底部にバラストを備えた垂直浮力シリンダー
- ・**テンションレグ・プラットフォーム/ブイ (TLP/TLB)**：浮力柱とボンツーンでできた浮体式船体から構成される。船体は、海底に固定された垂直テンドン（通常は鋼管）を介して、自然浮力レベル以下に保持される。
- ・**船型構造物及びバージ**：平たく細長い船のような形状が特徴で、浮力と安定性をもたらす。これらの設計が単純なため、建造が容易でコストもかからないことが多いが、荒れた水域では安定性に欠ける。

・**セミサブ・プラットフォーム**：3又は4本の支柱が互いに距離をおいて連結されている。これらのプラットフォームも、係留ケーブルで海底に固定される。

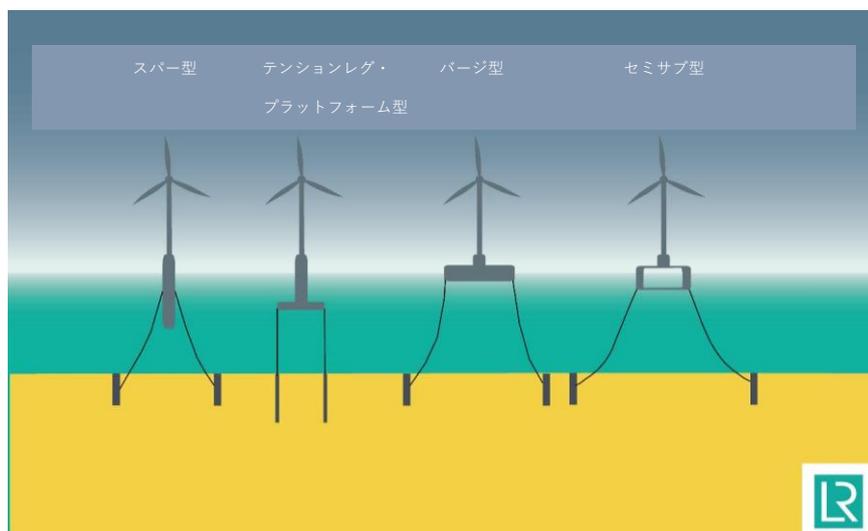
係留システムは、浮体によって異なる。例えば、セミサブやスパー浮体は、より長く簡易な係留システムを使用するが、TLP はより複雑なアンカリングシステムと垂直荷重の係留ラインで固定される。

各浮体式プラットフォームにはそれぞれ長所と短所があり、水深、海底の状態、風況やプロジェクトの予算等の要素に応じて選択される。

スパー・プラットフォームの長所の例として、喫水が深いため荒れた海況で優れた性能を発揮すること、張力係留ラインで係留するため安定性が保たれること等がある。しかし、これは通常、重機や保守クルーのためのスペースは限られており、他の設計に比べて波によって生じる動きが大きくなる傾向がある。一般的に、他の設計に比べて製造が容易かつ安価である。

テンションレグ・プラットフォームは、穏やかな海でも荒れた海でも安定性が高く、張力垂直テザーにより波によって生じる動きを最小限に抑える。大型タービンや重機を支えることができる。しかし、これは多くの場合、海底に取り付けられた張力テザーを含む複雑な係留システムを必要とし、水深要件により配置場所の柔軟性が制限される。通常、建設費と設置費が他の設計に比べて高い。

図2 主な浮体式風車支持構造物の種類



出典：浮体式洋上風車支持構造物に関する推奨プラクティス (LR-RP-003) (和訳したもの)

船型構造物及びバージの場合、比較的喫水が浅いため、水深の変化がある海域に適しており、サイトへの曳航や設置が容易である。他の設計に比べ、荒れた水域での安定性が低いため、非常に深い水域での使用には適さない。中間の水深では、設計と施工が単純なため、費用対効果が高くなる。

セミサブ・プラットフォームは、複数のボンツーンによって荒れた海での安定性が向上し、より大きなタービンやより重い機器を搭載することができ、保守・運用のためのデッキスペースを確保することができる。安定性を確保するために必要な係留システムはより複雑で、スパーブイ設計に比べて通常建設及び設置費用が高くなる。



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
ファシリティー
EuropeAid/139636/DH/SER/JP

プラットフォームの建設に使用される材料について、欧州の風車用浮体式プラットフォームの建設では、鋼鉄が一般的に使用されている。その高い強度重量比や海洋環境での耐久性により、船体、柱及びブレースといったプラットフォームの構造部品に使用されている。

コンクリートは、浮体式プラットフォーム、特にスパーバイ設計の建設に使われるもう一つの重要な材料である。コンクリートはプラットフォームに安定性と浮力を与え、構造物の潜水部分に使われることが多い。さらに、コンクリートは強度と耐久性を高めるために鋼鉄で補強することができる。

アンカリング及び係留システムは浮体式洋上風車の重要な構成要素であり、これらの構造物の安定性、位置決め及び全体的な性能において重要な役割を果たしている。

浮体式洋上風力発電風車 (FOWT) の係留システムは、浮体構造物を海底のアンカーに接続する。一般的にチェーン、ワイヤ又は合成ロープで構成され、主な機能は、浮体構造物をあらかじめ定義された海域に維持し、環境による力の作用を最小限に抑えながら制御された動作を可能にすることである。係留システムは、エネルギーを吸収して浮体構造物の動きを抑え、稼働の安定性と安全性を確保するように設計されている。水深や海底の状態、環境荷重の変化に対応できる強度及び柔軟性を兼ね備えていなければならない。

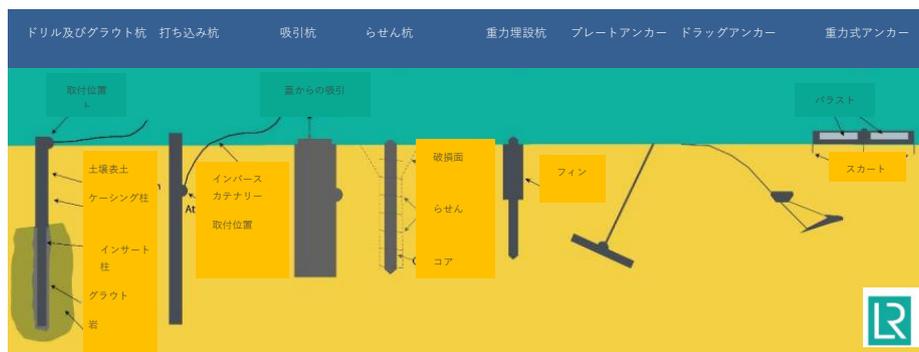
浮体式洋上風力発電風車のアンカリングシステムの目的は、構造物を海底に確実に固定し、力が加わった場合でも浮体式風車が指定された場所に留まるようにすることである。アンカリングシステムは、波、風、潮流及びタービン自体の動作等、さまざまな動的荷重に耐えなければならない。これらのシステムは、数十年にも及ぶプロジェクトの耐用年数にわたって、引抜力や滑動力に耐える堅牢性及び耐久性を備えていなければならない。

浮体式洋上風力発電風車のアンカリングシステムと係留システムとの関係性は、本質的に相互依存적である。要約すると、アンカリングシステムはタービンを海底に固定し、係留システムはタービンを同固定ポイントに接続し、制御された動作を可能にするが、浮体式洋上風車の稼働効率、安全性及び寿命を確保するためには、両方のシステムを綿密に設計し、統合する必要がある。

係留及びアンカリングシステムの設計は非常に複雑なプロセスであるが、洋上石油やガス等の隣接セクターが長年培ってきた経験や知識を前提として、全体としての技術は一定の成熟度に達しており、これらのセクターの知識は浮体式風力発電市場にも転用可能である。

アンカーに関して、通常考えられる主な種類は、下図に示すようなものである。

図3 主なアンカーの種類



出典：浮体式洋上風車支持構造物に関する推奨プラクティス (LR-RP-003) (和訳したもの)

以下は、上図の浮体式洋上風車を海底に固定するために使用されるアンカリングの種類の詳細な説明である。

・**打ち込み杭**: 細長い柱で、多くの場合に鋼鉄製。海底に打ち込むか、振動を与えることで目的の深さまで掘り進む。打ち込み杭は強度を高め、砂、粘土及び岩等、さまざまな土壌に適している。

・**吸引 (設置) 杭**: 中空で底が開いた大きな円筒で構成される。海底に設置後、シリンダー内の水を排出することで圧力差を作り、海底に埋め込まれる。特に軟らかい堆積物において有効で、さまざまな水深で使用可能である。

・**らせん杭**: 中央のシャフトに取り付けられた1本又は数本のらせん状のブレードが特徴。杭が回転すると、らせんがスクリューのように杭を地面に埋め込んでい

く。設置が簡単で環境への影響が少ないことで知られている。

・**重力埋設式アンカー (例: 魚雷杭)**: この種類のアンカーは、その重量と形状を利用して衝突時に海底を貫通する。これは、従来の杭打ちが実施できない深海向けのコスト効率の高い方法である。

・**プレート・アンカー**: シャングに取り付けられた平らで幅の広い板で、海底に埋められる。アンカーは、所定の位置まで曳いて設置され、海底深くまで引き込まれる。荷重を広範囲に分散させるため、軟弱な海底環境に効果的である。

・**ドラッグ・アンカー**: 従来の船舶用アンカーと同様、ドラッグ・アンカーは、付属構造物に曳かれながら海底に食い込むように設計されている。特に、調整と移設のしやすさが評価されている。



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
ファシリティー
EuropeAid/139636/DH/SER/JP

・**重力式アンカー**：その重量のみを利用して、海底での位置を維持している。コンクリート製又は鋼製の重力式アンカーは、浮体構造物を固定するためにチェーンやケーブルと組み合わせて使用されることが多い。効果的に使用するにはかなりの重量を必要とするため、浅瀬や環境条件の変化の少ない場所に適している。

・**ドリル及びグラウト杭**：海底に穴を開け、杭を設置し、杭と穴の隙間にグラウトを充填することを含む。岩の多い海底や、安定した地盤に到達するために深く貫通させる必要がある場合に特に有効である。

上記アンカリング法はそれぞれ、洋上風車の設置における特定の条件や要件に適した独自の特徴を有している。

1.4. 浮体式洋上風力発電及び洋上風力エネルギーの拡大

着床式風車は洋上風力発電セクターにおいて圧倒的なシェアを誇っており、今後も安定したペースで成長を続けると考えられる。しかし、着床式基礎の設置は、少なくとも現在利用可能な技術及び技術的方法によれば、水深 60 メートル未満に限られるため、この成長はいずれ鈍化すると思われる。浮体式風車は、同水深以上の海域において風力発電の可能性を開発するために技術的に実現可能な選択肢である。

1990 年に最初の洋上風車が設置されて以来、風車の大きさ、海岸からの距離及び基礎が設置される水深は大幅に拡大し続けている。平均水深は 2000 年から 2022 年の間に 6 倍以上上昇し、予測平均傾向ラインは、上昇傾向が続き 2035 年までに水深約 44m に到達すると示している³。

浮体式風車は、沖合にあるほど風速が強く、傾度も高いため、岸に近い場所に設置された風車よりも高い稼働率を達成することができ、年間を通じてより多くのエネルギーを生産することができる。したがって、洋上風力発電所は、陸上風力発電所よりも効率的であると考えられている。その主な理由は、より強く安定した風速を利用できることと、また、干渉する物体がほとんどないからである。さらに、ほとんどの浮体式風車は海岸から離れた場所に設置されるため、浮体式風車は海岸近くの着床式に比べ、視覚公害が少なく、NIMBY（迷惑施設となること）の影響も少ない。

しかし、浮体式風力技術には発展の可能性があることは間違いない一方で技術的に大きな課題があり、それに対処する必要がある。

例えば、浮体式プラットフォームのサイズ、重量及び材料の種類は、効率及びコスト削減における重要な変数である。プラットフォームのサイズを小さくすることにより、プラットフォームの安定性を損なうことなく大量生産が可能になる。鋼鉄の代わりにコンクリートを使用することもコスト削減につながるが、その分プラットフォームの建設期間が長くなる。また、風車の出力も浮体式プラットフォームの最終的なサイズを大きく左右する。

適切な最適化が求められるもう一つの重要点は、浮体式プラットフォームの設置プロセスである。利用可能

な気象海象情報窓口に関する知識、タグやバージ船による最適化された洋上操業戦略の開発、気象海象気候の監視、並びに適切な荷役及び組立インフラを備えた近隣の港湾の利用可能性等が、同種の技術開発の重要な要素となる。

操業及びメンテナンス戦略もまた、浮体式プラットフォームに関するコスト削減につながる重要な要因となる。かかる技術の技術的な実現可能性を実証するためには、その場での操業が可能で、すべてのプロセス（係留システム及び電気ケーブルからのプラットフォームの離脱、港までの曳航、メンテナンス、試運転並びに再接続時間）を考慮して港へのアクセスを必要とする新しい方法論の開発が極めて重要である。

稼働中の浮体式風力発電所には、その完全性を確保するために定期的な監視と検査が必要となる部品が多くある。風車プラットフォームの係留システムは、浮体式設備の存続に関わる重要な要素である。これは、コストを削減するだけでなく、破損のリスクを減らすためにも、最も最適化が必要な要素である。

大規模な風力発電所では、浮体式変電所及び高電圧ダイナミックケーブルは、波や潮の満ち引き風の力によるプラットフォームの動きに対応できるように、柔軟性を考慮して特別に設計されている。これらの要素は非常に重要であり、増大する電圧要件に対応できるように精密に設計されなければならない。

浮体式風力プラットフォームの統合的モデル化は、かかる技術の開発にとって重要なツールである。浮体式プラットフォームにかかるすべての動的荷重（風車の空気力学、浮体式プラットフォームの流体力学、係留システムのモデル）の結合設計により、風力発電所の構造を最適化するための、構想設計の最適化及び風力発電所のエネルギー生産に対する波浪及び乱気流の影響の評価が可能になる。この種のモデルの開発には、波浪水槽で実施される実験規模の試験による検証が必要である。なぜなら、かかる試験によって設計の不確実性を排除し、浮体式プラットフォームの実動作に関する第一近似値を得ることができるからである。

ナセルにかかる荷重や加速度に対処するための従来の風車制御システムは、浮体式プラットフォーム上では修正される必要がある。タービンのエネルギー出力を最大化し、乱気流とプラットフォームの動きを抑え、プラットフォームのサイズを最適化する効率的な解決法を実現するには、設計者と製造者との緊密な協力が必要である。

各地域における浮体式風力発電所の実現可能性は、その社会的影響及び環境的影響に大きく左右される。同種のプロジェクトの開発には、他の海洋利用との競合の可能性を低減し、アンカーや係留ラインを使用して海底に生じる可能性のある影響、タービンローターとの衝突によって鳥類に生じる可能性のある影響等、さまざまな環境側面への影響を評価する必要がある。

浮体式洋上風力風車は、容易に設置できる浅瀬が着床式風車で埋め尽くされた後、将来の洋上風力エネルギーの拡大にとって極めて重要になる。日本、フランス、イタリア及びスペインのように浅瀬に限られている国にとって、浮体式風車は大規模な風力資源を利用するための重要な技術となるであろう。

³ 出典 Bloomberg NEF Rabobank 2023



かかるシナリオでは、浮体式風力発電技術を電力供給の主流に効果的に押し上げるためには、いくつかの障壁や課題を克服しなければならない。これには、不十分な港湾インフラ、未熟な研究開発及び高いエネルギー標準化コスト (LCOE) 等が含まれる。

2. 国際標準化機構

着床式及び浮体式洋上風力産業に関連する規約や規格を作成する標準化団体や組織は数多くある。いずれの組織も国際的な性質を有し、その主な任務は、技術、

科学的試験、安全性、耐久性、稼働条件、社会的影響等の分野における規格の策定及び推進である。主なものは以下の通りである。

- ・国際標準化機構 (ISO)
- ・国際電気標準会議 (IEC)
- ・電気電子学会 (IEEE)
- ・欧州標準化委員会 (CEN)
- ・欧州規格 (EN)
- ・英国規格協会 (BSI)
- ・米国石油協会 (API)
- ・ドイツ規格協会 (DIN)
- ・デット・ノルスケ・ベリタス (DNV)

上記の組織は、国を超えて技術仕様や品質基準を調和させ、国境を越えて相互運用性を促進する規格を共同で策定及び実施するという目標を共有している。製品、サービス及びプロセスが安全かつ効率的で、環境にやさしいものであることを保証し、それによってグローバルな商取引やイノベーションを促進するために活動している。

これらの組織によって策定された規格の内容は多岐にわたり、品質管理、環境管理、情報セキュリティ、エネルギー管理及び社会的責任を含むが、これに限らない。製造、技術、医療、農業及びエネルギー等さまざまなセクターのニーズに対応し、製品やサービスが品質、安全性及び効率性の厳しい基準を満たすようにしている。

ISO (国際標準化機構) は、160 以上の国の標準化組織の代表から構成される世界的組織である。ISO 規格は、製造、テクノロジー、ヘルスケア、エネルギー、農業、食品安全及び環境管理を含む、ほとんどすべての産業及びセクターを対象としている。

IEC (国際電気標準会議) は、電気、電子及び関連技術の規格を中心とした国際標準化組織である。安全性、信頼性及び相互運用性を確保するために、あらゆる電気、電子及び関連技術に関する国際規格を策定及び発行している。IEC は、再生可能エネルギー、発電、送電、配電、エレクトロニクス及び電気通信を含む幅広い産業を対象としている。IEC は ISO と緊密に連携している。ISO と IEC が共同で策定する規格は、ISO/IEC という接頭辞で識別される。

電気電子学会 (IEEE) は、電気、電子、コンピュータ工学及び関連技術に焦点を当て、規格の策定及び普及、出版並びに教育活動を行っている。IEEE 規格は、電気及び電子機器、電気通信、電力及びエネルギー、情報技術、航空宇宙並びにヘルスケアを含む幅広い分野を対象としている。

欧州標準化委員会 (CEN) は、さまざまなセクターにわたる欧州規格 (EN) の策定を担当する地域標準化組織である。CEN 規格は、とりわけ、建設、エンジニアリング、材料、消費者製品、環境管理及びヘルスケアを対象としている。EN 規格は、CEN 及び欧州電気標準化委員会 (CENELEC) によって策定及び発行されている。

英国規格協会 (BSI) は、英国の国家規格機関であり、ISO の創設メンバーでもある。BSI 規格は、製造、ヘルスケア、建設、情報技術及び経営管理を含むさまざまなセクターを対象としている。

米国石油協会 (API) は、米国最大の石油及び天然ガス業界の業界団体である。API 規格は、石油及び天然ガスの探鉱、生産、精製、輸送及び流通に加え、石油化学や再生可能エネルギー等の関連産業も対象としている。

ドイツ規格協会 (DIN) は、さまざまな分野の規格を策定及び公表するドイツの国家標準化組織である。DIN 規格は、製造、エンジニアリング、建設、材料、環境管理及びヘルスケアを含む、幅広いセクターを対象としている。

デット・ノルスケ・ベリタス (DNV) は、海事産業で豊富な経験を有する、ノルウェーの船級協会である。DNV は、海事、石油及びガス、再生可能エネルギー並びにヘルスケア等の業界に対し、安全性、信頼性及び持続可能性を確保するための船級、認証、検証及びアドバイザーサービスを提供するグローバルプロバイダーへと発展してきた。

エネルギーセクターにおいては、国際標準化組織は、再生可能エネルギー技術、エネルギー効率及びスマートグリッド技術の開発に関する規格を対象としている。これらの規格は、再生可能エネルギー源の既存の送電網への統合を促進し、産業プロセスにおけるエネルギー効率を改善し、エネルギー生産の安全性と信頼性を確保するものである。

さらに、風力、太陽光及びバイオエネルギー等の新興技術の分野では、国際規格が技術革新及び成長の基盤となり、新技術が世界市場にシームレスに統合されることを保証する。これは再生可能エネルギー源の導入を加速させるだけでなく、世界中のエネルギーシステムの強靱性及び持続可能性にも貢献する。

浮体式洋上風車による荷重の増加は、着床式基礎におけるタービンの認定荷重を上回る可能性がある。つまり、浮体式風車の場合は、よりサイトや浮体に特化した評価を行わなければならない。



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリテーター
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

かかる標準化団体や組織の多くは、着床式や浮体式洋上風力産業に関連する規約や規格を作成している。そのレベルは多岐にわたるが、そのどれもが、たとえ洋上風力だけが目的でないと、浮体式洋上風力発電のために導入可能な規格を少なくともいくつかは有している。

欧州レベルでは、国際標準化組織が、グローバル市場の形成、技術進歩の促進及びさまざまな産業における持続可能性の推進において重要な役割を果たしている。これらの団体は、ISO、IEC、IEEE、CEN のような幅広い欧州のさまざまな標準化団体を含み、国境を越えて国際貿易、安全性、信頼性及び効率性を促進する規格を策定及び実施するために協力している。

IEC 規格は、洋上風力エネルギーセクターにおいて、風車や風力発電所の設計要件、測定可能な要件、試験及び方法について記載している。これらは IEC 61400 シリーズに分類され、設計、建設、試験、検査、性能、運転及び保守監視等を対象としている。これらを組み合わせることで、風力発電所が期待通りに安全で

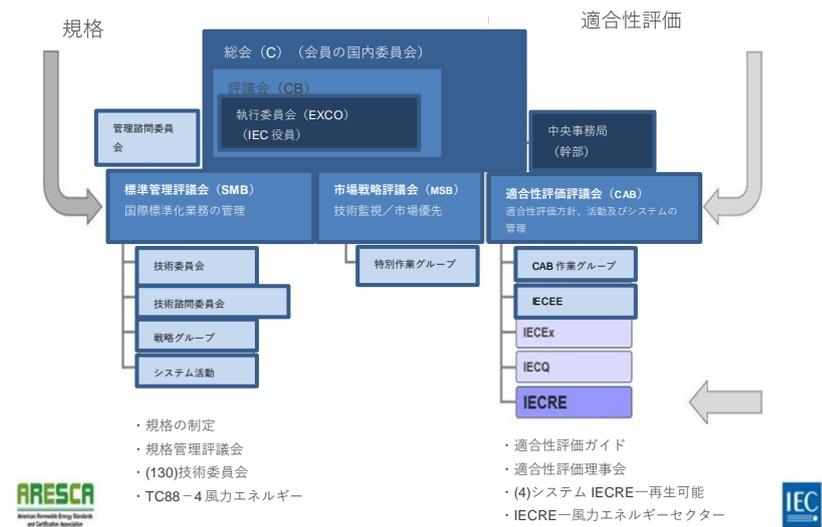
信頼性が高く、性能を発揮できるようにすることを目的としている。

ISO/IEC は、特定の製品やプロジェクト自体の適合性評価や認証書の発行を行うことはないが、かかる活動の規則や手順を定義している。このため、IEC は、認証プロセスに関連する規格を担当する適合性評価委員会を有する。

2014年に再生可能エネルギーのための IEC 適合性評価枠組み (IECRE) とその運用文書 (OD) が策定されたことにより、評価の透明性及び一貫性が提供されるようになり、IEC 61400-22 は 2018年9月1日をもって廃止された。しかし、IECRE の風力認証スキーム OD-501 及び OD-502 は、依然として適切な国際的導入が必要であり、多くの規制は今も IEC 61400-22 を参照している。

下図は、規格と適合性評価との関係性を含む、IEC の組織を示している。

図 4 IEC 規格構造及び IECRE 適合性評価組織



出典：米国再生可能エネルギー規格及び認証協会 (和訳したもの)

2.1. 浮体式洋上風力発電プロジェクトに関連する IEC 規格

IECRE の下で適合性評価/認証プロセスの国際規格が確立されたことで、多国間の承認協定が可能となった。特に型式認証及び部品認証で頻繁に使用されている。

各国は、国内標準化団体 (NSB) を通じて、またリエゾン組織からの情報を通じて、ISO/IEC の活動に参加している。ISO/IEC 活動に関する各国の立場は、NSB

によって継続的に策定される。ほとんどの NSB は、国際又は地域標準化組織の活動を反映させるため、国内ミラー委員会 (NMC) を設置している。

ISO/IEC の中で関連する技術委員会は、IEC TC88 風力発電システム、ISO TC60 ギア及び IEC TC14 電力用変圧器である。

ここでは、国際電気標準会議 (IEC) の規格及びガイドラインを具体的に参照するための最初のアプローチを紹介する。



表 1 IEC 規格

TC88 風力発電システムで扱われている関連 IEC 規格：	
<ul style="list-style-type: none">• IEC 61400-1:設計要件• IEC 61400-2:小形風車• IEC 61400-3-1:着床式洋上風車の設計要件• IEC TS 61400-3-2: 浮体式洋上風力発電風車の設計要件 (技術仕様書)• IEC 61400-4:風車ギアボックスの設計要件• IEC 61400-5:風車ブレード• IEC 61400-11:騒音測定方法• IEC 61400-12-1:発電用風車の電力性能試験方法	<ul style="list-style-type: none">• IEC 61400-13:機械的荷重の測定方法• IEC 61400-14:音響パワーレベル及び純音声評価値の表示• IEC 61400-21:電力品質特性の測定• IEC 61400-22:風車の適合性試験及び認証 (取り下げ)• IEC 61400-23 TR:実翼構造強度試験• IEC 61400-24 TR:雷保護• IEC 61400-25-(1-6):通信• IEC 61400-26 TS:利用可能率• IEC 61400-27:風力発電の電気系統解析用モデル
最近発行された、又は準備中の IEC 規格は以下の通りである。	
<ul style="list-style-type: none">• IEC 61400-3-2:浮体式洋上風車の設計要件 (2024 年 11 月発行予定)• IEC61400-50:風況観測 (2022 年 08 月 30 日発行)• IEC61400-50-1:気象マスト、ナセル及びスピナー搭載計器の風況観測応用 (2022 年 11 月 16 日発行)• IEC61400-50-2:風況観測一地上設置型リモートセンシング技術の応用 (2022 年 08 月 30 日発行)• IEC61400-50-4:風況観測のための浮体式ライダーの利用 (2024 年 12 月発行予定)	



3. 日本における洋上風力発電/浮体式洋上風力発電技術基準及び規格

3.1. 法令

日本の洋上風力発電に関連する法令のうち、技術基準に関する主なものを以下に示す。洋上風力発電所は、各法律で定められた技術基準を遵守する必要がある。

内容の多くは着床式洋上風力発電と共通する部分が多く、その詳細については 2022 年セクター別研究報告書に記載されている⁴。

3.1.1. 電気事業法

洋上風力発電設備は、電気事業法上の事業用電気工作物に該当する(同法第 38 条第 2 項)。事業用電気工作物は、経済産業省 (METI) の省令で定める技術基準に適合するものとする (第 39 条)。具体的には、一般的な電気保安基準を定めた「電気設備に関する技術基準を定める省令」及び風車及び支持構造物の安全性能に関する基準を定めた「発電用風力設備に関する技術基準を定める省令」がある。

3.1.2. 港湾法

洋上風力発電設備の支持構造物は、保守のために船舶が接岸する場所の係留施設であるため、港湾法及び国土交通省 (MLIT) の省令で定める港湾施設の技術基準 (第 56 条の 2 の 2) に適合しなければならない。

3.1.3. 船舶安全法

浮体式洋上風力設備は、船舶安全法施行規則第 1 条第 4 項の「特殊船舶」に該当し、同法に基づく安全規制の対象となる⁵。

浮体式洋上風車は船舶として扱われるため、建築基準法は適用されない。ただし、技術基準には同法において言及されている部分もある (例: 積雪荷重)。

一方、船舶法上、浮体式洋上風車は船舶とはみなされず、同法は適用されない⁶。

3.1.4. 海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律

海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律 (以下「再生可能エネルギー海域利用法」という。)に基づく海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域 (以下「促進区域」とい

う。)に洋上風力発電設備を設置する場合、公募占用計画にプロジェクト内容が記載される。公募占用計画に記載する洋上風力発電設備及びその保守方法は、経済産業省令及び国土交通省令で定める技術基準 (再生可能エネルギー海域利用法第 15 条第 1 項第 3 号) に適合しなければならない。同法施行規則第 5 条で規制基準が具体的に定められ、国土交通省告示において、性能要件、性能検証の基本及び設定等が定められている⁷。

潜在的な開発地域の拡大を目的として、排他的経済水域 (EEZ) における洋上風力開発のための国内法の策定に向けた法改正が準備中である。法案は国会で審議中である。

3.1.5. 環境影響評価法

2012 年、環境影響評価法により、10MW 以上の風力発電設備の設置について環境影響評価を行うことが義務付けられた。2021 年、同法における風力発電所の規模要件が 50MW 以上に改正された。

2020 年、風力発電設備の導入を加速させるために、環境影響アセスメントの参考項目が見直された⁸。「洋上風力発電所に係る環境影響評価手法の技術ガイド」⁹及び「参考資料」¹⁰が 2023 年 12 月に発効した。ガイドラインは着床式風車に基づいているが、浮体式洋上風力発電にも同様に適用されると想定される。

2023 年 8 月、「洋上風力発電に係る新たな環境アセスメント制度の在り方」¹¹に関する検討会報告書が発表された。同報告書は、再生可能エネルギー海域利用法において定義される海域及び EEZ 内における開発を対象としている。本報告書は、必要な法的枠組みの検討も含め、新たなスキームの早期実施に向けたさらなる検討の基礎となるものである。環境省 (MOE) は専門審議会を組織し、同審議会は洋上風力発電の環境影響アセスメント手続に関する法制度を改正するための勧告報告書を発表した。審議会の報告書によると、環境省は、プロジェクト開発者を選定する前の早い段階で、利害関係者や地元コミュニティから幅広い情報や知識を収集する予定である。同省は、事前に環境アセスメントの方法を決定した上で現地調査を実施し、その結果を再生可能エネルギー海域利用法に基づく区域選定等の検討や、選定事業者が策定するプロジェクト計画に適切に反映させている。同改革策は、国会で審

⁴セクター別研究: 日欧の洋上風力発電市場における規格、技術基準及び適合性 評価: 現在の実施状況とベストプラクティス、2022 年 7 月 https://www.eas.europa.eu/sites/default/files/documents/OWP%20Study%20-%20ODTU-REI_publication_EN.pdf

⁵国土交通省海事局「排他的経済水域における洋上風力発電の実施に係る国際法上の諸課題に関する検討会」資料第 2 回 2022 年 11 月 8 日開催、資料 1、<https://www.8.cao.go.jp/ocean/policies/energy/pdf/shiryou21.pdf>

⁶船舶法は、「船舶」の具体的な定義を定めていないが、同法は船舶を「浮遊性」、「積載性」及び「移動性」の 3 つの要素を有するものとして扱っている。浮体式洋上風車は、係留ケーブルによって海底に固定されており、「移動性」を欠いているため、同法における「船舶」に分類される基準を満たさず、同法の対象とはならない。

⁷国土交通省「洋上再生可能エネルギー発電設備又はその維持管理の方法の基準に関し必要な事項を定める告示」

⁸経済産業省 産業安全グループ 電力安全課「風力発電所の環境影響評価の参考項目の見直しについて」(2020 年 2 月 5 日)

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohidenryoku_anzen/newenergy_hatsuden_wg/pdf/021_01_01.pdf

⁹環境省大臣官房環境影響評価課、経済産業省産業保安グループ 電力安全課「洋上風力発電所に係る環境影響評価手法の技術ガイド」(2023 年 12 月) <https://www.env.go.jp/content/000184694.pdf>

¹⁰環境省大臣官房環境影響評価課、経済産業省産業保安グループ 電力安全課「洋上風力発電所に係る環境影響評価手法の技術ガイド 参考資料」(2023 年 12 月) <https://www.env.go.jp/content/000184695.pdf>

¹¹洋上風力発電の環境影響評価制度の最適な在り方に関する検討会「洋上風力発電に係る新たな環境アセスメント制度の在り方について」(2023 年 8 月) http://assess.env.go.jp/files/0_db/seika/1055_03/report.pdf



議中の再生可能エネルギー海域利用法改正法案に盛り込まれている。

3.1.6. 航空法

航空機が安全に離着陸するためには、空港周辺の一定の区域に障害物がないようにしなければならない。国土交通省告示（障害物制限表面、第 49 条及び第 56 条の 3）で示されることにより、進入表面、転移表面、水平表面（特定の大規模空港では延長進入表面、円錐表面、外側水平表面）より高い位置に工作物、植物等を設置、植栽又は留置することはできない。障害物制限表面は、空港ごとに定義されている。12

さらに、有効な通信範囲内で運航する航空機に方位及び距離について情報を提供する VHF 全方向無線標識 (VOR) 及び距離測定装置 (DME) 局の近くに風車を

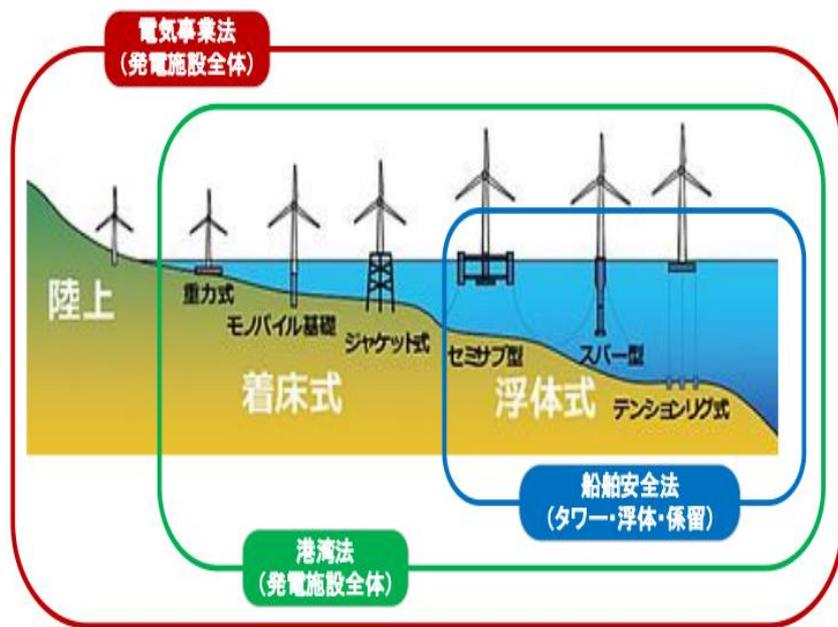
建設する場合は、航空局への通知及び相談が必要である。

3.1.7. 気象業務法

風車が気象レーダーの近くに設置される場合、タービンの大きさ、高度、レーダーからの距離に応じて、第 37 条に基づく通知及び相談が必要となる¹³。これは、タービンが電波を遮断したり、偽エコーを発生させたりする可能性があり、観測に大きな影響を与える可能性があるからである。レーダーと風車の距離は、気象レーダー/風車の設置に関する世界気象機関のガイダンス声明 (The CIMO Guide, 2021) に従って決定される、

さらに防衛省は、レーダーへの影響を最小限に抑えるため、事業者がプロジェクト計画の初期段階で同省に相談することを義務付けている。

図 5 電気事業法、港湾法、船舶安全法の適用範囲



出典：日本海事協会「風車認証及び関連サービス」p.27をもとに自然エネルギー財団作成¹⁴

¹²国土交通省東京航空局ウェブサイト「空港周辺における建物等設置の制限（障害物制限表面）」

<https://www.cab.mlit.go.jp/tcab/restriction/02.html>

¹³気象庁・国交省「風力発電施設と気象レーダーの共存のために」（2022年1月25日）

https://www.enched.meti.go.jp/category/saving_and_new/saieue/yojo_furyoku/dl/kyougi/akita_oga/01_docs06.pdf

¹⁴https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/authentication/renewableenergy/ja/RD2101_202108_jpn.pdf



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

3.2 規格

3.2.1 ISO/IEC 及び JIS

日本工業規格 (JIS) は、ISO 及び IEC の規格に基づいて制定される。日本では ISO 及び IEC がそのまま適用されているが、国内での適用を容易にするため、広く使用されることが予想される主要なものは JIS 規格に組み込まれている。具体的には、関係団体から提案された JIS 原案を日本産業標準調査会 (JISC) が審議し、主務大臣がこれを制定又は変更する。ただし、日本語への翻訳及び補足説明の追加作業のため、JIS 規格は、ISO/IEC 規格の発行及び改訂から数年後に制定又は更新される¹⁵。補足説明には、日本では一般的に使用されていない用語の説明や、規格が国内規格を参照する旨を示している場合 (例：地震) の日本の基準の参照先の追加等が含まれる。

風力発電システムについては、日本電機工業会 (JEMA) が、IEC/TC88 (技術委員会 88) の国内審議機関として風力発電システム技術委員会を設置し、国際規格案の審議、提案及び承認投票を行うほか、国内市場向けの JIS 原案の作成を行っている。

日本からの提案に基づき、IEC61400-1 ED4.0 (設計要件) において、従来の風車クラス (I、II、III 及び S) に加え、台風の影響や乱流強度が大きい日本や東南アジア向けの要件としてクラス T (熱帯) が追加された。IEC61400-24 ED2.0 (雷保護) では、従来の 150 クーロン及び 300 クーロンの要件に加え、雷エネルギーの高い地域向けに新たに 600 クーロンの要件が追加された。

IEC 及び JIS の発行状況は付属書 II に記載されている。

3.2.2. IECRE への移行及び日本の対応

風車の適合性試験及び認証に関する IEC 規格 (IEC 61400-22 Ed.1.0) は、技術規格と認証規格を分離する方針の下、2018 年 8 月末に廃止され¹⁶、IECRE という、風力発電システムだけでなく太陽光発電システム等の他の再生可能エネルギーも含む再生可能エネルギー機器の認証制度へと変更された。風力発電については日本を含めて 14 か国 17 がその活動に参加している。再生可能エネルギーセクターで使用される機器及びサービスの国際貿易を促進することを目的としている。IECRE OD-501 Edition 3.0 2022-10-23 は型式認証と部品認証に使用され、IECRE OD-502 Edition 1.0 2018-10-11 はプロジェクト認証に使用される¹⁸。以下の 11 の認証機関 19 が IECRE に登録されている。

表 2 風力エネルギーセクターにおける IECRE 認証機関

国/場所	RE 認証機関名
中国	China General Certification Center (CGC)
中国	China Quality Certification Centre
中国	China Classification Society Certification Co., Ltd.(CCSC)
フランス	Bureau Veritas Certification France
ドイツ	UL Solutions
ドイツ	WindGuard Certification GmbH
ドイツ	TÜV SÜD Industrie Service GmbH
ドイツ	TÜV NORD CERT GmbH
ドイツ	DNV Renewables Certification GmbH
ドイツ	TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
英国	Lloyd's Register Marine Limited

出典：IECRE

しかし、日本では、IECRE は参照として使用されているものの、IEC61400-22:2010 Ed.1.0 に相当する JIS C 1400-22:2014 が引き続き有効であり、風力発電システムに適用されている。経過措置の可能性もあるが、管轄当局は、IECRE の正式な国内適用時期の発表に至っていない。

IECRE 制度が適用される前に、他国で IECRE の型式認証を取得した風車は、IEC61400-22 との同等性が確認できれば、相互承認のもと日本で利用可能となる。

3.3 統一的解説、技術基準及び安全ガイドライン

3.3.1. 洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説

洋上風力発電所は、関連法規で定められた技術基準への適合を求められる。そのため、事業者の負担軽減や審査手続の効率化を図るためには、規制の違いによる手続の重複や煩雑化を避ける必要がある。このような観点から、「電気事業法、港湾法及び再エネ海域利用法に基づき、洋上風力発電設備等が適合すべき基準について、各法の統一的な考え方を解説」した「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説 (2020 年 3

¹⁵ISO/IEC 発行後の情報発信を迅速化するため、2023 年 8 月の改革の発行等、いくつかの運用改革が検討されている。これにより、JIS 規格の制定よりも早く、標準仕様書 (TS)、標準報告書 (TR) 及び産業標準予備原案 (PD) を発行することができる。
 経済産業省、日本工業標準調査会、基本政策部会、「JISC 中間試案、PD の迅速な作成のための機械翻訳の利用を推奨」JISC 標準第一分會・標準第二分會「標準仕様書 (TS) 制度、標準報告書 (TR) 制度及び産業標準予備原案 (PD) 制度 実施要領」(2023 年 8 月 7 日改正) <https://www.jisc.go.jp/jis-act/pdf/str-youryou.pdf>、JISC 基本政策部会「総括報告書」(2022 年 5 月 30 日) 日本型標準加速化モデル (2023 年 6 月) <https://www.meti.go.jp/policy/economy/hyojun-kijun/jisho/pdf/20230620tori.pdf>

¹⁶IECRE—IEC 再生可能エネルギー機器規格試験認証制度 <https://www.iecre.org>

¹⁷加盟団体 IECRE

¹⁸規則、運営文書及びガイド



月版)」(以下「統一の解説」という。)が公表されている²⁰。

統一の解説の内容は、電気事業法、港湾法、再生可能エネルギー海域利用法に基づき、洋上風力発電設備の構造に関する審査に適用されるものである (P.14) ²¹。浮体式洋上風力発電に適用される内容の多くは着床式洋上風力と共通するものであり、その詳細については 2022 年セクター別研究報告に記載されている。統一の解説のうち、支持構造物に関する部分は主に着床式に適用され、次のセクションで詳述する浮体式洋上風力発電施設技術基準安全ガイドラインは浮体式洋上風力発電に適用される。

3.3.2. 浮体式洋上風力発電施設技術基準

国土交通省は「浮体式洋上風力発電施設技術基準」を制定した²²。同基準は、浮体式洋上風力発電施設の支持構造物である浮体式施設及びタワーに適用される。同基準は 2012 年 4 月に発行された後、2020 年 3 月に IEC 61400-3-1 及び IEC TS 61400-3-2 を参照するように改正された。主な内容は以下の通りである。

A) 第 2 編 技術基準 - 第 1 章 外部条件

本章では、1. 一般的事項、2. 風条件、3. 海象条件、4. その他の環境条件 (4-1. 地震、4-2. 海底変形及び洗掘、4-3. 積雪荷重を含む。) について記載している。

「4-1. 地震」の内容は以下の(1)から(4)の通りである。着床式の場合は水平方向と鉛直方向の地震動を考慮する必要があるが、浮体式洋上風力発電の場合は海水の緩衝効果により鉛直方向の地震動を主に考慮する。「浮体式洋上風力発電施設技術基準 安全ガイドライン」の付録 1 に、地震及び津波が浮体に与える影響の評価方法が示されている (後述)。

(1) 地震の影響について適切に考慮すること。地震は、設置海域周辺において過去発生した最大レベルのものを考慮しなければならない。

(2) 津波の影響について適切に考慮すること。津波は、設置海域周辺において過去発生した最大津波を考慮しなければならない。ただし、水深が十分深い場合は、津波による影響は、潮位変動及び海流として差し支えない。

(3) 地震及び津波を考慮する際の風、波等の環境荷重は通常状態のものとして差し支えない。

(4) 地震が生じた場合の地盤の液状化について考慮しなければならない。

B) 第 2 編 技術基準 - 第 2 章 構造に関する規則 - 第 1 節 材料

1. 使用材料

(1) 浮体式洋上風力発電施設の主要構造部及び排水設備等に使用する材料については、船舶構造規則 (平成 10

年運輸省令第 16 号) に規定する材料を使用しなければならない。

(2) (1) において定められる以外の材料を使用する場合には、国土交通省海事局検査測度課長まで必要な資料を添えて伺い出ること。

C) 第 2 編 技術基準 - 第 2 章 構造物の規則 - 第 2 節 荷重

本節は、1. 一般的事項、2. 荷重、3. 設計条件及び荷重ケースについて規定している。

「1. 一般的事項」では、次のように示されている。「浮体施設及びタワーに対しては、時間領域での連成解析 (時系列の履歴データを使用した結合解析と、時間間隔を細かくして計算を繰り返す。) を行わなければならない。解析の際には、荷重を正確に把握するために十分なシミュレーション時間を確保しなければならない。なお、管海官庁が適当と認めた場合においては、模型試験によって荷重を算定しても差し支えない。「2. 荷重」では、重力荷重、慣性荷重、空力荷重、運転荷重、水力荷重、海水荷重その他の荷重について規定されている。「3. 設計条件及び荷重ケース」では、発電については DLC (設計荷重ケース) 1.1 から DLC8.4 までの 29 件、海水については DLC D1 から D8 までの 8 件のケースが規定されている。

D) 第 2 編 - 技術基準 - 第 3 章 位置保持システム

同章では、以下の項目を規定している。1. 一般的事項、2. 係留システム、3. 係留解析、4. 係留ライン等の設計、及び 5. 係留機器

「1. 一般事項」には、次のように規定されている。「浮体施設には、本章に定める事項又は ISO 19901-7 の規格を満足する位置保持システムを備えなければならない。」

「3. 係留解析」では、以下を含む計 9 項目が規定されている。

(1) 係留解析は第 1 章に規定する外部条件に基づいて行うこと。解析にはこの外部条件から生じる漂流力及び浮体施設の応答、並びにそれらに対応するラインの張力を評価することを含むものでなければならない。

(2) 係留システムは想定されるすべての係留状態に対して管海官庁が適当と認める係留解析を行わなければならない。この場合、浮体施設の喫水変化の影響についても考慮すること。また、浮体施設から独立した別個の CALM ブイ等の係留施設に係留する場合はこれらの係留施設も含めた全体系として係留解析を実施すること。

(3) から (8) まで省略

(9) 係留ラインの張力の計算には、少なくとも以下に掲げる項目を考慮しなければならない。この解析手法を準静的解析といい、係留ラインに働く張力の計算方法はこの準静的解析手法を標準とする。準静的解析手法により計算された係留ラインの最大張力は、係留ライ

²⁰ 同文書の内容は、経済産業省及び国土交通省の審議会である「洋上風力発電施設検討委員会」で議論された。洋上風力発電設備に関する技術基準の統一の解説 <https://www.mlit.go.jp/common/001339422.pdf> 付属書 <https://www.mlit.go.jp/common/001336262.pdf>

²¹ 本書では、洋上風力発電設備のうち洋上風力発電設備用支持構造物を主な対象としているが、洋上風力発電設備を洋上送電施設及び観測タワーと読み替え、それぞれ適用することができることとされている。海底送電線及び通信ケーブルの設計では、本解説で取り上げた支持構造の設計法が直接適用できない場合があり、かかる場合には、国際規格、国内規格及び認証規格を参照することができる。

²² 国土交通省 海事局安全政策課「浮体式洋上風力発電施設技術基準」(2020 年 3 月) <https://www.mlit.go.jp/common/001331375.pdf>



ンの規格切断荷重に対して以下の表に掲げる安全率を有することを原則とする。

- (i) 係留係留ラインの自重及び浮力による係留ラインの静的張力
- (ii) 風、波、及び潮流による浮体施設の定常的な水平方向の変位による係留ラインの定常的な張力
- (iii) 波による浮体施設の運動による係留ラインの準静的な変動張力

表 3 係留ラインの安全比率2324

状態	安全率	
	チェーン及びワイヤロープ	合成繊維ロープ
非損傷時		
動的解析を行う場合	1.67	2.50
準静的解析	2.00	3.00
単一索破断状態 (破断後の平衡状態)		
動的解析を行う場合	1.25	1.88
準静的解析を行う場合	1.43	2.15
単一索破断時の過渡状態		
動的解析を行う場合	1.05	1.58
準静的解析を行う場合	1.18	1.77

「5.係留機器」には「(2)チェーン、ワイヤ等」、という項目があり、以下のように規定している。

- (a) 係留システムに使用するチェーン、ワイヤ又は合成繊維ロープ、中間シンカー、中間ブイ、海底係留点となるアンカー、シンカー、バイル等は管海官庁が適当と認めたものでなければならない。

3.3.3. 浮体式洋上風力発電施設技術基準 安全ガイドライン 25

同ガイドラインは、浮体式洋上風力発電施設の支持構造物である浮体施設及びタワーを対象に、それらの合理的かつ効率的な安全設計を促進するため、実設計者が実務的に適用できる技術的解決策を体系的に提供するものである。2023年5月に国土交通省海事局により

発行された。同ガイドラインは、浮体式洋上風力発電施設技術基準の解説書であり、建築基準法と気象海象データベースを参考とした計算方法を紹介している。主な内容は以下の通りである。

A) 第2編 技術基準- 第1章 外部条件

「4.1.地震、(1)」

...設計地震動は基本最大加速度に地震地形係数を乗じて求めることとしている。基本最大加速度は50年と500年再現期待値に相当する160galと320galを用い、地震地形係数(0.7~1.0)に地域別に定めることとされている。

浮体構造物に対する地震及び津波の影響評価方法は、ガイドラインの付録1に以下のように示されている26。

「1.1 水平地震動」

水平地震動は、地盤→アンカー→係留索(チェーン)を介して浮体施設にほとんど伝達されないため、風力発電設備の各機器に対する影響は省略して良く、係留索の張力変動の観点から評価されるべきである。

「1.2 鉛直地震動」

鉛直地震動は、地盤→アンカー(シンカー)→係留索(チェーン)を介して浮体施設に伝達される。鉛直地震動は、次の観点から評価されるべきである。

- 1) 浮体施設への影響
- 2) シンカーへの影響

B) 第2編-技術基準- 第2章 構造に関する規制- 第1節 材料

1. 圧延鋼板

「国土交通省告示(「船体及び排水設備の材料の要件を定める告示」)に定める要件事項に適合する材料は、表2-1-1-1(以下、本報告書では表4)に示す材料であり、告示で定める要件とは、使用箇所に応じて、軟鋼を使用する場合には告示別表第四に示す軟鋼を、高張力鋼を使用する場合には、告示別表第五に示す高張力鋼を使用するということである。詳細は、船舶構造規則を参照のこと。

日本海事協会鋼船規則検査要領の鋼船規則P編(海洋構造物等及び作業船)の場合は、規則P編第2章を適用することになる。この場合、船体構造及び船体機装等に使用される圧延鋼材は、鋼船規則検査要領K編(材料)の規定に適合するものとなる。詳細は、NK鋼船規則K編を参照のこと。

表4 船体に使用される圧延鋼の分類(船舶構造規則より引用)

軟鋼	高張力鋼
MA鋼 MB鋼 MD鋼 ME鋼	HA32鋼 HD32鋼 HE32鋼

²³合成繊維ロープがナイロンなのか、高弾性ポリエチレン(HMPE)なのか、アラミドなのかは明記されていない。

²⁴英国のMarine Power Systems社は、日本のアラミド繊維を使用したノルウェーのFibreMax社製係留ケーブルを世界で初めてTLP浮体に採用した。<https://www.marinepowersystems.co.uk/mps-joins-forces-with-the-worlds-strongest-cable-manufacturer-fibremax/>

²⁵浮体式洋上風力発電施設技術基準 安全ガイドライン(2023年3月31日改正) <https://www.mlit.go.jp/common/001331376.pdf>

²⁶浮体式洋上風力発電設備の技術基準に関する安全ガイドラインの別添1(2020年3月3日改正)

<https://www.mlit.go.jp/common/001331294.pdf>



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

	HA36 鋼 HD36 鋼 HE36 鋼
--	-------------------------

表 5 船体用圧延鋼材の種類 (日本海事協会鋼船規則検査要領の鋼船規則 K 編より引用)

使用材料	K 編で定義されている記号
軟鋼	KA KB KD KE
高張力鋼	KA32, KA36, KA40 KD32, KD36, KD40 KE32, KE36, KE40 KF32, KF36, KF40
構造用調質高張力圧延鋼材	KA420, KA460, KA500 KA550, KA620, KA690 KD420, KD460, KD500 KD550, KD620, KD690 KE420, KE460, KE500 KE550, KE620, KE690 KF420, KF460, KF500 KF550, KF620 KF420, KE460, KE500, KE550, KE620, KE690

2. コンクリート

「コンクリート材料 (セメントなどの結合材、砕石骨材、砂、スラグ骨材、鉄筋等を含む) は、使用する目的と使用される場所に適したものでなければならない。

コンクリートは、混合される素材の構成により、セメントコンクリート、アスファルトコンクリート、レジンコンクリートに分類される。

また、鋼材との複合材料としては、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート、その他に分類される。

浮体式洋上風力発電施設においては、浮体施設の固定バラスト、鋼材との複合材料として浮体施設、タワー及び海底部の係留装置の固定のための基礎等への適用が考えられる。

浮体施設、タワー等の構造強度部材として使用する場合には、適切な強度評価を行い、十分な安全性を有していることを確認する必要がある。コンクリートの材料特性から、特に、曲げモーメントや引張り荷重が作用する部材として使用する場合には、注意が必要である。

詳細は「コンクリート製浮体式洋上風力発電施設の設計施工ガイドライン」別冊第 3 編に記載されている。

C) 第 2 編 技術基準 - 第 2 章 構造物の規則 第 2 節 荷重

「(2) 連成解析」

一体連成解析を実施する場合は十分に検証されたプログラムを使用するか、解析結果を模型試験結果と比較しその精度を検証しなければならない。とくに解析対象のモデル化については十分注意しなければならない。

解析では、時系列解析による連成解析を標準とするが、一部に周波数領域解析も用いられる場合がある。周波数領域解析とは、多くの周波数成分が合わさった現象において、個別周波数に分解して、運動方程式を解くための諸係数を求め、それらの係数を使用して調和振動を仮定した運動方程式を解くことを指す。

D) 第 2 編 技術基準 - 第 3 章 位置保持システム

「1. 一般的事項」

ISO19901-7:2013 Petroleum and natural gas industries - Specific requirements for offshore structures - Part 7: Stationkeeping systems for floating offshore structures and mobile offshore units は、石油・天然ガス開発のための浮体施設の位置保持システムの要件を定めたものである。洋上風力発電施設が石油・天然ガス開発用の浮体施設と大きく違う点は、発電・待機等の運転条件によって環境外力が大きく変化することであると考えられる。

このため、本技術基準は、IEC で定められた「設計荷重ケース (DLC)」の概念と浮体施設の位置保持システムの規格として先進的な「ISO 19901-7」に定められた解析手法を融合させたものとなっている。

「5. 係留機器」

(2) チェーン、ワイヤ等

係留システムに使用するチェーン、ワイヤ又は合成繊維ロープ、中間シンカー、中間ブイ、海底係留点となるアンカー、シンカー、パイル等は管海官庁が適当と認め たものでなければならない。

3.3.4. (別冊) コンクリート製浮体式洋上風力発電施設の設計施工ガイドライン²⁷⁾

本ガイドラインは、浮体式洋上風力発電施設の支持構造物であるコンクリート浮体式構造物の合理的かつ効率的な安全設計を推進するため、実際の設計者が参考にできる技術的解決策を提供することを目的として、国土交通省海事局が 2023 年 5 月に発行したものである。スチール製浮体式洋上風力発電設備に共通する事項については、「浮体式洋上風力発電施設技術基準安全ガイドライン (2020 年 3 月)」を参照のこと。主な内容は以下の通りである。

A) 第 1 編 総則

「洋上風力発電施設における鋼製浮体施設とコンクリート製浮体施設の特徴を下表に示す。」

²⁷⁾国土交通省海事局「(別冊) コンクリート製浮体式洋上風力発電施設の設計施工ガイドライン」2023 年 3 月)
<https://www.lmlit.go.jp/maritime/content/001598467.pdf>



表 6 鋼製浮体施設及びコンクリート製浮体式設備の特徴

項目	鋼構造	コンクリート構造	ガイドライン該当箇所	
材料	材料の構成	単一材料 (鋼材)	複合材料 (セメント、練混ぜ水、骨材、混和材、混和剤、鉄筋、構造用鋼材、PC 鋼材、補強繊維等)	第2編第2章1-1-3 コンクリート材料
	材料の特性	必要に応じて材質を選定	使用目的に応じた配合設計が必要	第2編第2章1-2 配合設計
	材料の特性	<ul style="list-style-type: none"> 腐食性があるため防食が必要。 一般に部材の細長比が大きく、座屈の照査や座屈防止対策が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートが圧縮、鉄筋が引張を負担する複合構造。 水密性が要求される個所では、コンクリートのひび割れを防止・制御するための方策 (プレストレス等) が必要。 鉄筋腐食の防止対策が必要。 	第2編第2章3-2 設計目標と設計条件3-6 耐久性に関する照査3-6-2 ひび割れ幅の照査
建造	建造方法	<ul style="list-style-type: none"> 工場で建造する方法と、工場で製造した鋼製部材をサイトで接合して建造する方法がある。 工場製造は天候の影響を受けない (屋外作業が必要なものを除く)。 	<ul style="list-style-type: none"> サイトで型枠にコンクリートを流し込んで建造物建造する方法と、工場で製造したプレキャストコンクリートをサイトで接合して建造する方法がある。 天候の影響を受けないような施工方法及び管理が必要 (工場製造が可能 なものは除く)。 	参考1 コンクリート製浮体式設備の施工
	建造プロセス	<ul style="list-style-type: none"> 硬化時間は不要。 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートの強度発現に時間がかかるので、現地でコンクリートを打設して建造物を建造する場合は工程に影響する。 	参考1 コンクリート製浮体式設備の施工 (2) (c) 養生
検査	<ul style="list-style-type: none"> 水圧試験および水密試験等 構造部材および溶接部の欠陥 (傷、クラック等) 検査 (目視あるいは非破壊検査) 塗装検査 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋かぶりの検査 (非破壊検査) ひび割れ幅の検査 コンクリート打継ぎ部の検査 プレキャスト部材接合部の検査 水圧試験および水密試験 	参考2 浮体式設備の検査	

出典：(別冊) コンクリート製浮体式洋上風力発電施設の設計施工ガイドライン、解説表 1-1 鋼製及びコンクリート製浮体式浮体設備の特徴

B) 第2編技術基準- 第2章1 材料及び配合設計 1-1

「1-1-1. 一般」

コンクリート製浮体施設に用いる材料は、土木学会コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準 3 章 材料] および [施工編：特殊コンクリート 7 章 海洋コンクリート] を参照する。ガイドラインの本章では、コンクリート製浮体施設に使用する材料について特殊な配慮事項のみを示す。

「1-1-2. コンクリートの種類」

(1) コンクリート製浮体施設に用いるコンクリートは、土木学会コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準 3 章 材料] および [施工編：特殊コンクリート 7 章 海洋コンクリート] を参照する。

(2) コンクリート製浮体施設の主構造部材に用いるコンクリートの圧縮強度の特性値 (設計 基準強度) は、30 N/mm² 以上を標準とする。

(3) [コンクリート製浮体施設には、] 標準的なコンクリート (設計基準強度が 50N/mm² 未満、打込みの最小ス



ランプが 16cm 以下の AE コンクリート)のほか、「流動化コンクリート」、「高流動コンクリート」、「高強度コンクリート」、「膨張コンクリート」、「短繊維補強コンクリート」、「プレストレストコンクリート」、「プレキャストコンクリート」、「工場製品」、「軽量骨材コンクリート」を単独あるいは組み合わせで使用。また、「超高強度繊維補強コンクリート」(UFC) など、品質の確認された新しい機能を有するコンクリートの使用も検討するとよい。

「1-1.3. コンクリート材料」

土木学会コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準 3 章 材料〕、〔施工編：特殊コンクリート 7 章 海洋コンクリート〕及び〔設計：本編 5 章 材料〕を参照する。

C) 第 2 編技術基準 - 第 2 章 3 コンクリート製浮体施設 の設計

「3-1. 一般」

国交省ガイドライン〔第 2 編第 2 章 3.1 一般の事項〕を参照する。

コンクリート製浮体施設的设计は、コンクリート特有の材料の劣化、ひび割れ、透水性、鉄筋等腐食を考慮して、十分な耐久性を確保した上で、安全性、使用性を満足するものでなければならない。

3.3.5. 洋上風力発電設備の運転及び保守に関する統一的理解

洋上風力発電施設の規制への適合性は、運転及び保守段階でも検証することが法律で義務付けられている。設計及び建設段階と同様、洋上風力発電設備の運転及び保守には複数の法規制（電気事業法、港湾法及び再

生可能エネルギー海域利用法）が適用される。事業者の負担軽減及び審査の効率化を図るため、「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的理解（2020 年 3 月版）」²⁸及び「参考資料」²⁹が公表された。本統一的理解では、運転及び保守に加えて、廃止措置（撤去）に関する事項も取り上げている。

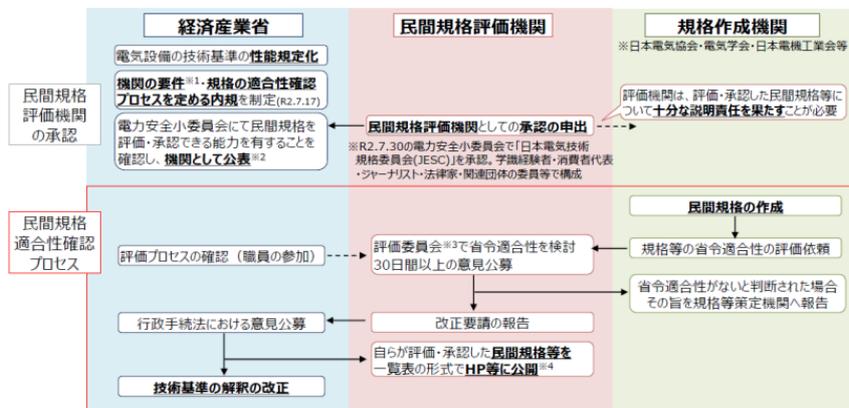
内容の多くは着床式洋上風力と共通する部分が多く、その詳細については 2022 年セクター別本研究報告書で述べられている。

3.3.6. 技術規定における規格の役割

前述したように、経済産業省及び国土交通省は、それぞれの規制要件に対する適合性評価の具体的な方法を示すために、「統一的理解」及び「安全ガイドライン」等さまざまな文書をそれぞれ発行している。国際規格及び JIS 規格は、土木学会が発行するガイドライン等とともに、この目的のために参照される情報である。

技術革新のスピードが速いため、規制は最新の技術開発に柔軟に対応することが重要である。その意味において、経済産業省は 2020 年以降、民間セクター主導で開発された規格を技術基準に組み込む新たなスキームをスタートさせた。このスキームでは、経済産業省が民間規格評価機関を認定し、その評価機関は基準原案作成機関（産業機関又は学術機関）から基準原案を受領する。民間規格評価機関は、草案の技術基準への適合性を審査し、パブリックコメント手続きを実施し、基準として公表する。同省は、認定機関の会議及び定期的な確認に参加することで、認定機関を管理している。経済産業省は、認定機関からの報告を受領すると行政手続法に基づくパブリックコメント手続きを経て、技術基準の解釈を変更する。

図 6 民間セクター主導による技術基準の採用



出典：経済産業省、産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会「産業安全分野における当面の制度化に向けた取組と今後の重要課題」（2021 年 12 月 1 日）図 62、p.64

²⁸ 洋上風力発電設備検討委員会「洋上風力発電設備の運転及び保守に関する統一的理解」（2020 年 3 月版）
<https://www.mlit.go.jp/common/001335973.pdf>

²⁹ 洋上風力発電設備の保守及び管理に関する統一的理解 参考資料」（2020年3月版）
<https://www.mlit.go.jp/common/001335974.pdf>



3.4. 技術基準及び第三者認証手続に関する審査

第三者認証の導入及び普及に伴い、関連技術基準への適合性審査手順も変化している。認証手続の重複、規制当局の審査、修正、手続の長期化などが問題となっている。こうした状況を踏まえ、いくつかの組織改革及び業務改革が行われ、議論されてきており、現在は変革の過渡期にある。

3.4.1. 電気事業法に基づく審査

A) 計画段階

事業者は、洋上風力発電設備を設置する場合、経済産業省に工事計画書（同法第 48 条第 1 項）を届け出なければならない。経済産業省は、工事計画が電気事業法に定める技術基準に適合しているかどうかを審査し、技術基準適合していないと認めるときは、30 日以内に工事計画の変更又は中止を命ずることができる（同法第 48 条第 4 項。期間は延長することができる（第 48 条第 5 項））。

以前は、建設計画を提出する際、日本独自の「ウインドファーム認証30」を得する必要があり、また経済産

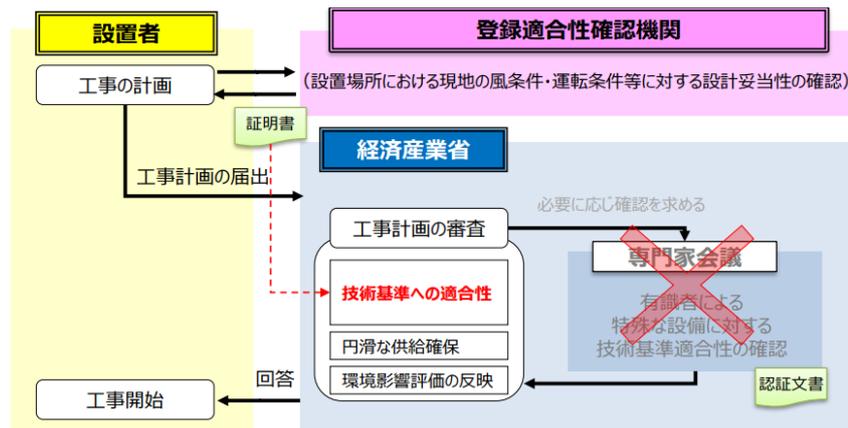
業省の認証手続と内部手続が重複していたため、手続に時間がかかっていた。

2022 年 6 月に電気事業法が改正され、経済産業省の審査手続（同省の専門委員会によるものを含む。）に代わり、適合性確認機関による事前確認制度が導入され、2023 年 3 月 20 日に施行された。この制度により登録適合性確認機関から事前の確認が得られている場合、経済産業省による審査が不要となる。

現在のところ、この制度は風力発電施設に限られている。適合性確認機関は、風力発電設備（ナセル、サポート及び基礎等）の技術基準への適合性を評価し、設備が基準に適合していれば確認書が発行される。経済産業省は、すべての登録基準を満たす事業者を登録する責任を負う（第 69 条）。

現在、適合性確認機関は日本海事協会及びビューローベリタスの二つである。日本海事協会は、2023 年 3 月 31 日付で電気事業法第 48 条の 2 の登録を受けた適合性確認機関である。その業務範囲は、陸上風力、着床式洋上風力及び浮体式洋上風力発電所を含む。ビューローベリタスは 2023 年 3 月 31 日付けで登録され、その業務範囲は陸上及び着床式洋上風力発電所が含まれる。

図 7 洋上浮力の建設計画における適合性評価の新しい審査プロセス



出典：第 27 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会資料 1

B) 商業運転前段階

事業者は、洋上風力発電設備の使用を開始する前に、使用前安全管理検査を実施しなければならない（電気事業法第 51 条）。具体的には、事業者は、使用開始前に当該事業用電気工作物の自主検査を行い、その結果を記録し、保存しなければならない。自主検査は、工事が建設計画に従って行われたこと及び工事が技術基準に適合していることを確認するものとする。31 さら

に、事業者は、使用前自主検査を実施するための体制を提出し、経済産業省の審査を受けなければならない。

C) 運転及び保守段階

事業者は、洋上風力発電設備が技術基準に適合するよう維持管理を行わなければならない（電気事業法第 39 条第 1 項）、洋上風力発電設備は定期検査の対象となる

³⁰日本の認証機関の一つである日本海事協会によれば、「ウインドファーム認証」は、「風力発電所が建設されるサイトの環境条件を評価し、その環境条件に基づいて風車及び支持構造物の強度及び安全性が設計上保証されていることを確認する」ものであり、「電気事業法に基づく工事計画届出の審査に活用されることが検討」されており、「日本独自の認証」（詳細は後述）である。完全なプロジェクト認証と比較すると、サイト適合性評価（IECRE OD-502 Edition 1.0 におけるプロジェクト設計認証）に相当する。

³¹使用前自己点検及び使用前自己確認方法の解釈
https://www.neti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/230310shiyoumaenaiki.pdf



(電気事業法第 55 条第 1 項第 2 号、電気事業法施行規則第 94 条第 10 号)。検査頻度は風車の部位により 6 か月又は 1 年である³² ³³。

一方、日本ではプロジェクト認証は普及していない。その理由は、電気事業法に基づく技術基準適合性評価が安全性に重点を置いていること、また第三者認証機関ではなく経済産業省が型式認証を受けた風車の建設地の気候、地質、耐震条件等の立地適性評価を実施していること等による。使用前安全管理検査及び定期検査は法的に義務付けられている。保険会社及び金融機関は、プロジェクト認証の取得を契約又は融資の条件としていないが、海上保証調査 (MWS) は契約又は融資の条件の一つとなっている。加えて、プロジェクト認証取得のためのコストが要因として指摘されている。

最近では、スマート技術を活用した新たな検査スキーム、いわゆる「高度保安実施設置者制度」が電気事業法の改正により導入され、2023 年 12 月に施行された³⁵。経済産業省の認定を受けた事業者は、高度な技術を用いた自主検査を実施し、経済産業省の実施中の審査を免除される。この新制度により、事務負担が軽減され、実力のある事業者が独自のノウハウを活かして運転及び保守を行うことが容易になることが期待される。

3.4.2. 港湾法に基づく審査

A) 計画段階

港湾法に基づく安全検査は、国土交通省によって登録された確認検査機関である沿岸技術研究センター (CDIT) ³⁶が適合確認検査を行っている。CDIT は、港湾施設に関して技術基準への適合性の下記の確認を行う責任があり、洋上風力発電設備を備えた係留施設は審査の対象となる (港湾法施行規則 第 28 条の 2)。

*1

- 水深7.5m以上の係留施設
- 危険物積載船、旅客船又は自動車航送船に係留するための係留施設
- レベル2地震動への耐震性を有する係留施設
- 海洋再生可能エネルギー発電設備等を備える係留施設

*2

- 当該港湾の港湾計画において、大規模地震対策施設として指定されているものに限る。

対象施設

- 外郭施設
- 係留施設 *1
- 道路及び橋梁
- 固定式荷役機械及び軌道走行式荷役機械 *2
- 廃棄物埋立護岸
- 海浜
- 緑地及び広場 *2

手続の重複を避けるため、経済産業省登録の適合性確認機関 (日本海事協会) 及び国土交通省登録確認機関 (CDIT) による共同審査が開始された。CDIT との二者間協定により、他の経済産業省登録適合性確認機関もこのコンセプトを適用できるようになる。

³²洋上風力発電設備の運転及び保守に関する統一解説、p.73 なお、電気事業法施行規則第 94 条の 2 第 1 項第 5 号において、検査頻度は 3 年を超えない範囲内と規定されているが、詳細は同規則の解釈により決定される。

³³また、再生可能エネルギー海域利用法及び港湾法に基づく定期検査の規定もある。

³⁴電気事業法施行規則第 94 条の 3 第 1 項第 1 号及び第 2 号に規定する事業者による定期検査の方法の解釈について (p.11)

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/20210414teiken-kaisyaku.pdf

³⁵経済産業省 産業保安グループ、電力安全課「認定高度保安実施設置者制度」(2023 年 12 月)

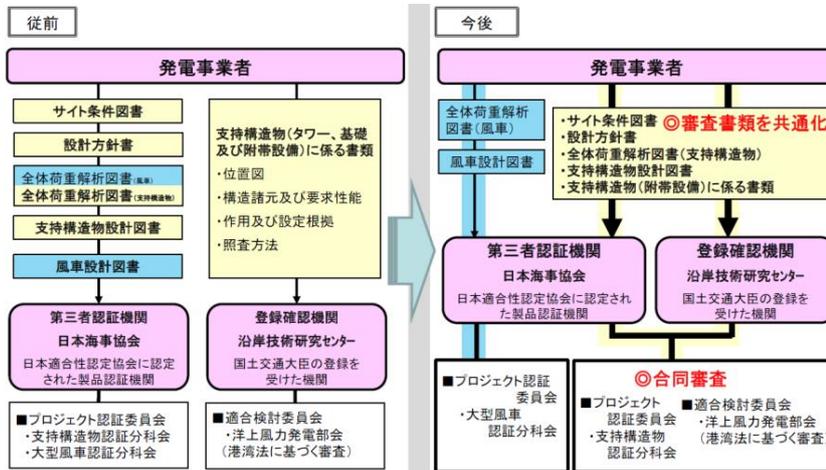
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/ninteigaiyou.pdf

³⁶沿岸技術研究センター <https://www.cditi.or.jp/>



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

図 8 港湾法に基づく適合性確認手続及び風力発電設備の第三者認証の一本化³⁷



出典：出典：日本海事協会「ClassNKの風車認証及び関連サービス」（2021年8月）p.29

B) 商業運転前段階

初回点検及び診断は、施設全体だけでなく、各構成機器及び付帯設備についても、初期の運転・維持管理状況を把握するため、事業者が工事及び改良直後の完成段階又は既存施設の運転及び維持管理計画策定段階で実施するものである（「港湾施設の点検診断ガイドライン」2021年3月改訂、国土交通省港湾局）。

初回点検及び診断の内容は、定期点検及び診断の内容と同一である。新築時の初回検査及び診断は、可能であれば竣工後2年以内に実施することが望ましい。ただし、竣工時の品質検査及び出来形検査の結果に基づいて初期状態を把握することもできる。

C) 運転及び保守段階

事業者は、係留施設が技術基準に適合するよう維持管理しなければならず（港湾法第56条の2の2）、洋上風力発電設備は定期検査の対象となる。港湾法は洋上風力発電施設の水中部分に適用され、検査頻度は対象箇所によって1年から10年の範囲とされる。³⁸

3.4.3. 船舶安全法に基づく審査及び船級検査

A) 計画段階

船舶安全法では、浮体式洋上風力発電設備は特殊船舶（船舶安全法施行規則第1条の第4項及び特殊な構造又は設備を有する船舶を定める告示（船舶安全法施行規則第1条の第4項））に該当する。支持構造物である浮体式設備及びタワーに関する調査の詳細は、浮体式洋上風力発電設備の技術基準に従う。この調査は地方運輸局によって実施される。ただし、浮体式洋上風力発電設備のうち、船舶安全法第8条に規定する国土交通省登録船級協会の船級検査を受けたものについては、地方運輸局の調査を受け合格したものとみなす³⁹。

日本海事協会は、日本（九州及び福島）における浮体式洋上風力発電プロジェクトの船級検査の経験があり、2012年に浮体式洋上風力発電の船級検査のガイドラインを発行した。すなわち、日本海事協会は鋼船規則検査要項P編において、洋上風力発電設備を洋上風力発電船と定義している。「浮体式洋上風車に関するガイドライン-船級検査-」（2021年12月）は、浮体式洋上風力発電に関する技術基準（国土交通省海事局安全政策課、2020年3月）、IEC TS 61400-3-2（2019年）及びその他鋼船規則検査要領の一部等、最新の規制及び基準に基づく改訂版となっている。

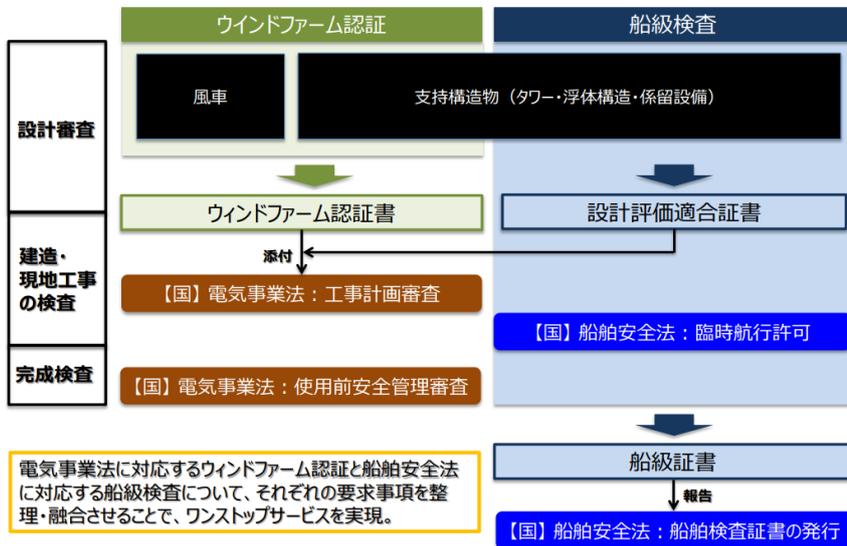
³⁷産業構造審議会 安全・消費生活用製品安全分科会 電気安全小委員会 電気安全システムワーキンググループ 第6回会合資料3：洋上風力発電設備の導入促進に向けた工事計画審査の見直しについて 経済産業省 2021年6月
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_seido/pdf/006_03_00.pdf

³⁸ 洋上風力発電設備の運転及び保守に関する統一解説、p.73以下港湾施設の点検及び診断ガイドライン2014年7月（2008年6月一部修正）国土交通省港湾局国土交通省

³⁹同法における「船級協会」は、検査及び調査のために旗国行政に代わって行動する認定団体に相当する。



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP



出典：出典：日本海事協会「ClassNKの風車認証及び関連サービス」（2021年8月）p.3340

船舶安全法に基づく船舶検査は上図のとおりであるが、日本海事協会の船級検査は登録検査及び定期検査に大別される。

表7 船舶安全法に基づく船舶検査

検査の種類	内容
製造検査	長さ30メートル以上の船舶を製造する際に製造者が受ける検査
定期検査	初めて船舶を就航させるとき、又は船舶検査証書の有効期間が満了するときに受ける精密な検査
中間検査	定期検査と定期検査の間に受ける簡易な検査。第1種中間検査、第2種中間検査、第3種中間検査の3種類に細分化され、船舶の種類によりいずれの検査を受けるかが決まる
臨時検査	改造、修理、又は設備の新替え等を行ったときに受ける検査。
臨時航行検査	船舶検査証書の交付を受けていない船舶を臨時に航行させるときに受ける検査
予備検査	船舶安全法第2条1項に掲げる設備等について、設置される船舶が特定されていない場合に受ける検査（合格した場合は上記の検査が省略される。）

出典：国交省ウェブサイト「船舶検査の適切な実施（検査の概要）」41

計画段階では、登録検査として構造検査、水圧試験、水密試験等通常の船舶と同一の検査が行われ、タワーの製作及び組立時にも検査が行われる。

B) 商業運転前段階

浮体式構造物の建設が完了した後、安定度試験が実施される。浮体式構造物が設置される海域で安定性試験を実施することは困難であるため、風車が設置される前に安定度試験を実施し、その試験結果に風車の効果を加えることは差し支えない。設置場所では、浮体設備の係留ラインの張力試験、風車の制御システムの確認、機器の稼働状況の確認等が行われる。タワーが浮体設備に架台される際にも検査が行われる。

C) 運転及び保守段階

定期検査には、年次検査、2から3年毎の中間検査、5年毎の定期検査の3種類がある。

年次検査は原則として書類検査である。中間検査及び定期検査は、事前に検査計画書及び検査要領書を作成し、日本海事協会の承認を得てこれに基づき検査を実施する。中間検査では見える範囲を検査し、定期検査では浮体式構造物及び水中構造物の内部も検査する。

⁴⁰ https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/authentication/renewableenergy/ja/RD2101_202108_Jpn.pdf

⁴¹ 国交省ウェブサイト「船舶検査の適切な実施（検査の概要）」https://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_fr8_000018.html



4. EU における浮体式洋上風力発電技術基準及び規格

4.1. EU における技術基準及び規格の概要

欧州連合（EU）域内の浮体式洋上風力エネルギーは、規格及び技術基準の強力な枠組みに支えられている。安全性、信頼性及び世界的な認知度、適合性評価の確保、プロジェクトの成功及び持続可能性に貢献するためには、国際基準、特定のEU規範、認証制度及び認定手続の遵守が不可欠である。

欧州規格は、欧州標準化委員会（CEN）、欧州電気標準化委員会（CENELEC）又は欧州電気通信標準化機構（ETSI）によって採択され得る。これらの規格は、すべてのEU加盟国の国内規格に置き換えられなければならないが、抵触する場合は、欧州規格（EN：ドイツ語名 Europäische Norm）がいかなる国内規格にも優先する。EN規格は、（CENにより）ISO及び（CENELECにより）IECを直接参照することによって採択される場合があり、その場合は「EN ISO」又は「EN IEC」が冒頭に付される。

EN規格が国内規格として採用される場合、例えば「DIN 42 EN ISO」のように名称の前に国別の略称が付される。電気及び電子規格の分野では、実際、欧州規格の80%近くがIEC国際規格である（IEC、2022）。また、国際規格は修正を加えて採択することもできる。

ISO、IEC、CEN又はCENELECのような着床式及び浮体式洋上風力発電産業に関連する規約及び規格を作成する国際標準化機関及び欧州標準化機関に加え、EU各国にはそれぞれ独自の国内規制機関がある。

ISO/IECの業務に関する各国の立場は、各国審議団体/各国標準化機関（NSBs）によって策定され、そのほとんどは国際標準化機関又は地域標準化機関の業務を国内レベルで反映させるために、国内ミラー委員会（NMCs）を設置している。

これらの委員会では、国際規格の策定及び採択に各国の専門家が参加し、各国の関心及び特殊性が考慮されるようにしている。ミラー委員会は通常、それぞれの国で使用する国際規格を審査し、コメントし、採択する。

ミラー委員会は、一方ではISO/IECレベル、他方ではCEN/CENELEC（欧州）レベルで組織された委員会及

びワーキンググループのシステムを、各国レベルで反映するように機能する。

浮体式洋上風力発電風車に規約及び規格を適用する際、IEC規格は洋上風車の設計の特定の側面についてISO 19900シリーズの規格を参照している。IEC規格の要件を満たすには、通常、ISO 19900規格及びその他の技術文書を用いて、浮体式洋上風力発電風車支持構造物の設計のための追加規約が必要となる。

プロジェクトの開発及び実行段階には通常、設計基礎、コンセプトの選択、基本設計、詳細設計、製造、輸送、据付、試運転、O&M（運転及び保守）、及び廃止措置及びリサイクル又は廃棄を含む耐用年数の終了が含まれる。

IEC 61400-3-1及びIEC 61400-3-2は浮体式洋上風力発電風車支持構造物に関する主要な国際標準文書であり、CIGRE TB 862は海底ダイナミックケーブルに関する主要文書の一つである。

世界的に、浮体式洋上風力発電ファームの開発はさまざまな規制及び要件の対象となる。典型的な要件事項のヒエラルキーを以下に示すが、これは特定のプロジェクトのニーズに合わせて変更することができる：

- ・国際法、国内法及び地方自治体法
- ・規制要件
- ・IECRE OD-501又はIECRE OD-502等の認証スキームの要件を踏まえた、IEC 61400-3-1及びIEC 61400-3-2を含む洋上風車設計に関する規格。
- ・その他の業界設計規格（例：ISO 19900～19906）
- ・プロジェクト開発者の要件
- ・業界の資料及びガイダンス文書

以下は、浮体式洋上風車に適用可能な関連規格及びガイドラインの草案リストであり、IECだけではなく、ISO、IEC、CEN及びDNV、API、CIGRE、ABS等の認証及び船級協会のものを含む。

表 8 浮体式洋上風車に適用可能な関連規格及びガイドライン

浮体式洋上風車に適用可能な関連規格及びガイドライン⁴³

⁴²DIN：ドイツ規格協会（Deutsches Institut für Normung）の略。

⁴³この関連規格のリストはあくまで参考であり、すべてを網羅しているわけではない。



設計及び一般要件 ⁴⁴	<ul style="list-style-type: none"> - ISO 19901-2:耐震設計の手順及び基準 - ISO 19901-7:浮体式洋上構造物及び移動式海洋ユニットのステーションキーピングシステム - ISO 19904-1:浮体式洋上構造物：船型、セミサブ型、スパー型、浅喫水円筒型構造物 - IEC 61400-1:風車の設計要件 - IEC 61400-2:小形風車 - IEC 61400-3-1:洋上風車の設計要件 - IEC 61400-3-2:浮体式洋上風力発電風車の設計要件 - IEC 61400-5 風車ローターブレード - IEC 61400-11、騒音測定方法 - IEC 61400-12-1 電力性能試験 - IEC 61400-13 機械的負荷の計測 - IEC 61400-14 音響パワーレベル及び純音性値の表示 - IEC 61400-21 電力品質特性の測定 - IEC 61400-22 風車の適合性試験及び認証 (2018年8月31日取り下げ) - IEC 61400-23 実翼構造試験 - IEC 61400-24 雷保護 	<ul style="list-style-type: none"> - IEC 61400-25-(1-6) 通信 - IEC 61400-26-1 風力発電システムの可用性 - IEC 61400-27-(1-2) 電気系統解析用モデル - IEC 61400-50:風況観測 - IEC 61400-50-1:気象マスト、ナセル及びスピナー搭載計器の風況観測応用 - IEC 61400-50-2:風況観測一地上設置型リモートセンシング技術の応用 - IEC 61400-50-4:風況観測のための浮体式ライダーの利用 (進行中) - CEN/TS 17083:設計、建設及び浮体式洋上風力発電風車の導入 - DNVGL-ST-0119:設計、認証及び浮体式洋上風力発電風車の評価 - DNVGL-RU-OU-0512: 浮体式洋上風力発電風車設置用 - DNVGL-RU-OU-0571: 浮体式インフラ設置用 - IECRE OD-501 : 型式及び部品認証スキーム - IECRE OD-502 : プロジェクト認証スキーム - IECRE OD-502-1 : RECBによる適合性評価及びサイト評価の認証 - API RP 2F 及び API RP 2SK:FO システムの企画、設計及び施工 - API RP 2RD:浮体式生産システムに関する勧告 - CIGRE TB 490 及び CIGRE TB 863 : 海底ケーブル試験用 - 浮体式洋上風車の建設及び等級分けのための ABS ガイド (2024年1月)
コンクリート構造	<ul style="list-style-type: none"> - EN 1992:コンクリート構造要件 - EN 1992-1:コンクリート構造の設計 	
鋼構造	<ul style="list-style-type: none"> - EN 10025:構造用鋼の熱延製品 - EN 1993-1 鋼構造物の設計 - EN 1993-1-10:鋼構造物の設計材料靱性及び板厚特性 - EN 13173:鉄鋼洋上浮体構造物のカソード保護 	
係留及び基礎 ⁴⁵	<ul style="list-style-type: none"> - DNVGL-ST-0054 : 洋上風車の輸送及び設置 - DNVGL-ST-0126 : 風車の支持構造物 - DNVGL-ST-0437 : 風車の荷重及びサイト条件 - API RP 2T:テンションレグプラットフォームの計画、設計及び施工に関する推奨プラクティス 	

風車の種類、部品及びプロジェクトに適用されるすべての規制及び技術文書を考慮すると、適用される規格及び技術的規約のリストはもっと長くなる。浮体式洋上風車には、設置の一般的な側面又は特定の部品を評価するために、多くの規格、基準及び技術勧告が存在する。

以下のセクションでは、認証プロセス、主要な技術評価、特定の規格の実施について説明する。これらは、上記その他の関連文書及び勧告とともに、付属書Iにまとめられている。

4.2.規格の採用及び実施

4.2.1.規格の採用

国際標準化機構 (ISO) 及び国際電気標準会議 (IEC) は、国際規格の策定及び採用のための包括的なプロセスを確立している。このプロセスは、各国の専門家の意見を取り入れながら、すべての規格が普遍的な関連性及び適用性を持つように設計されている。規格の開発には6段階のプロセスがある。

1. 提案段階：このプロセスは、構成員による新規業務項目提案 (NWIP) から始まる。提案メンバーは、新規規格又は修正規格の必要性を正当化しなければならない。その後、関連する委員会又は小委員会に提出され投票

⁴⁴DNVGL が DNV に名称変更

⁴⁵DNVGL が DNV に名称変更



に付される。承認された場合、プロジェクトは業務プログラムに追加される。

2. 準備段階: ワーキンググループ又は専門家グループが設立され、規格の草案が作成される。このグループは、さまざまな利害関係者からの提案を踏まえて、最初の草案をまとめる。草案は、ワーキンググループメンバーからのフィードバックに基づき、作業原案 (WD) 又は委員会原案 (CD) が確定するまで何度も修正される。

3. 委員会段階: 委員会草案は、コメントと投票のために全委員と共有される。この段階では、技術的な内容についてコンセンサスを得ることを目指す。フィードバックに基づき、草案を修正する。コンセンサスが得られるまで、複数の委員会草案が回付されることがある。

4. 照会段階: CD は承認されると国際規格案 (DIS) となり、投票及びコメントのために ISO 又は IEC の全組織メンバーに回付される。投票中に寄せられたコメントは考慮され、それに応じて草案が修正されることもある。

5. 承認段階: 修正案は最終国際規格案 (FDIS) として回付される。全構成員が FDIS に投票する。承認されれば、文書は公開へと進む。そうでない場合は、さらなる作業のために戻される。

6. 公表: 承認された規格は国際規格として発行され、一般に公開される。規格は定期的に見直され、改訂又は撤回されることもある。

ISO/IEC 専門業務用指針は並行投票を認めており、プロジェクトが合同技術委員会 (JTC) の管轄下にある場合、国際規格案 (DIS) 及び FDIS の段階は、ISO と IEC の両方のメンバーによって同時に投票される。

投票規則では、関連委員会の参加メンバーのみが投票する義務を負うが、オブザーバーメンバーは投票することを選択できる。棄権票は総投票数には算入されないが、記録される。メンバーがかかる規格が自国に関係ないと考える場合又は十分な情報に基づいた投票を行うだけの専門知識を持たない場合は、棄権することができる。

このように構成されたプロセスにより、ISO/IEC 規格が利害関係者全員のニーズ及び懸念を反映して策定されることを確保している。

4.2.2. 規格の実施

ISO/IEC システムは、規格の策定及び採用のための枠組みを提供するものであるが、加盟国の状況における実際の導入は、現地の法律、業界の慣行、経済的な考慮事項に基づいて大きく異なる可能性がある。しかし、実施プロセスには共通の原則及び段階がある。

まず、規格が採用されると、各国規格団体 (NSB) 又はそれに相当する機関は、業界団体、規制機関、一般

市民を含む関連利害関係者に新規格及びその内容について通知する。規格の内容、利点及び実施ガイドライン等を含む情報は、ワークショップ、セミナー、出版物及びオンラインプラットフォーム等さまざまなチャネルを通じて広く発信される。

次に組織は、現在の業務を新基準の要求事項に照らして評価し、対処すべきギャップを特定する。ギャップ分析に基づき、タイムライン、責任及び必要なリソース等を含む規格に準拠するために必要なステップの概要を示す詳細な計画が策定される。

プロセス、システム及び手順のすべての変更は、規格の要件事項に従って文書化される。この文書化は、監査及び認証に不可欠である。組織は、規格への準拠を評価し、改善のための領域を特定するために内部監査を実施する。内部監査及びコンプライアンス評価の結果は、経営陣によってレビューされ、規格との継続的な整合性を確保し、あらゆる問題に対処する。

多くの組織は、規格に準拠していることを証明するために、認定機関の認証を求めるときを選択する。規格の恩恵を維持するためには、規格遵守の継続的な監視が不可欠である。規格は定期的に見直され更新されるため、組織もまた最新版への準拠を維持するために業務を更新しなければならぬ。

規制によって義務化される規格もあるが、自主的な採用という原則が ISO/IEC システムの中心となっている。効果的な実施には、規格が業界及び社会のニーズを満たす形で確実に適用されるよう、すべての利害関係者の関与が必要である。

EU 関連国における主な浮体式洋上風力発電技術基準及び規格の概要は、以下の表 9 に記載されている。EU レベル及び分析対象となった 4 つの加盟国間における最初の比較アプローチとして、規制機関によって定義された主なパラメーター並びに評価及び認証プロセスにおいて採用及び適用された最も関連性の高い規格をまとめている。

主な立法、認可、ライセンス及び標準化機関に加え、最も関連性の高い規格 (ISO、EN 及び IEC) はこれらが欧州全体の規制であるため、4 か国で一致していることが表から分かる。

加盟国は、各国標準化機関 (NSB) を通じて ISO/IEC の活動に参加している。ISO/IEC 業務に関する各国の立場は、NSB が継続的に策定し、NSB の大半は、国際標準化組織の活動を反映させるため、国内ミラー委員会 (NMC) 団体を設置している。

サイト調査の規格には、海底の状態、水深及び気象条件を総合的に評価することが含まれる。EN ISO 19901-4 は、地質及び気象海象サイトアセスメントに関するガイダンスを提供している。



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

表 9 - EU 関連国の主な浮体式洋上風力発電風車技術基準及び規格の概要

	EU	ドイツ	フランス	スペイン	イタリア
立法 認可 承認ライセンス	-RED-EU 海洋空間計画	-再生エネルギー法 連邦海事 -空間計画法 -連邦航海水路局 (BSH)	-エネルギー転換グリーン成長法 -海洋計画法 -フランス生物多様性庁 (AFB) -DAM 海事総局	-気候変動及びエネルギー転換法 -海事地上公有領域法	-国家エネルギー戦略 -環境影響評価法
標準化団体	IEC、CEN	IEC、CEN DIN	CEN、CENELEC AFNOR IEC	CEN、CENELEC、 ETSI UNE	IEC ENEA
国際規格の採用	IEC 61400 シリーズ ISO / IEC 及び 17025 EN 1090-2	IEC 61400 シリーズ ISO / IEC 及び 17025 EN 1090-2	IEC 61400 シリーズ ISO / IEC 及び 17025	IEC 61400 シリーズ ISO / IEC 及び 17025	IEC 61400 シリーズ ISO / IEC 及び 17025
特定規格	EN 61400-3 IEC 61400-3-2 EN 1992-1 EN 1993-1	EN 61400-3 IEC 61400-3-2 EN 1993-1	EN 61400-3 IEC 61400-3-2 EN 1992-1 EN 1993-1	EN 61400-3 IEC 61400-3-2 EN 1992-1 EN 1993-1	EN 61400-3 IEC 61400-3-2 EN 1992-1 EN 1993-1
サイト調査	EN ISO 19901-4	EN ISO 19901-4	EN ISO 19901-4 洋上構造物に関するフランスの規制により義務付けられている。	EN ISO 19901-4 洋上構造物に関するスペインの規制により義務付けられている。	EN ISO 19901-4 洋上業務安全委員会
荷重の評価	ISO 2394 EN 61400-3-2 DNV、BV、...	ISO 2394 EN 61400-3-2	ISO 2394 EN 61400-3-2	ISO 2394 EN 61400-3-2	ISO 2394 EN 61400-3-2
鉄鋼規格	EN 10025 シリーズ	DIN EN 10025 シリーズ	EN 10025 シリーズ	EN 10025 シリーズ	EN 10025 シリーズ
コンクリート規格	EN 1992-1 ISO 19904-1	EN 1992-1 ISO 19904-1	EN 1992-1 ISO 19904-1	EN 1992-1 ISO 19904-1	EN 1992-1 ISO 19904-1

荷重評価は、特定のサイト条件を考慮する。EN 61400-3-2 は、風、波及び潮流等の要素を考慮した浮体式洋上風車の荷重を評価するためのガイドラインを提供している。

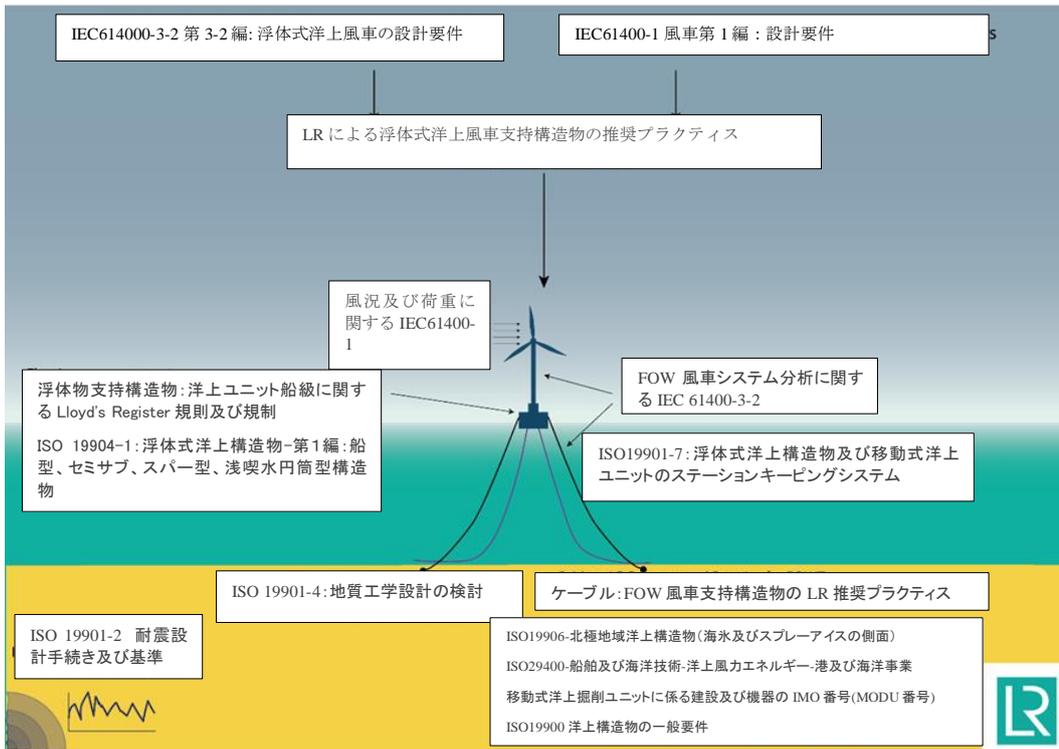
EN 10025 シリーズ等の鉄鋼規格は、浮体式洋上風力構造物に使用される鉄鋼部品の品質及び耐久性を保証するものであり、コンクリート規格の主な参照先は ISO 19904-1 及び EN1992-1 規格に相当する。

規格を実施する際、IEC 規格は洋上風車の設計の特定の側面について ISO 19900 シリーズの規格を参照している。浮体式洋上風力発電構造にさらにアプローチするために、本研究を通じて示されるとおり、ISO 19900 規格並びに DNV、LR、CIGRE、その他類似の関連文書及びガイドを使用することができる。

次の図は、IEC / IECRE 規格及び Lloyds Register が浮体式洋上風力発電風車構造物に推奨する ISO 19900 規格の相互関係を例示している。



図9 浮体式洋上風力発電風車支持構造物設計に適用される IEC 規格及び ISO 規格の概要



出典：浮体式洋上風車支持構造物に関する推奨プラクティス (LR-RP-003) (和訳したもの)

4.3. 認証プロセス及び要件

認証プロセスは船級から始めることができる。船級は、デベロッパー、規制当局、金融機関又は保険会社等のプロジェクト利害関係者の要件となる場合がある。風車、ロータ・ナセル・アセンブリー (RNA)、タワー及びダイナミックケーブルは、船級ではなく認証の対象となる。適切な場合には、船級については、風車、ダイナミックケーブル、タワーが浮体下部構造及び係留物に及ぼす影響を考慮される。

船級の結果、浮体式洋上風車が船級協会の船級規則46に適合していることを証明する**船級証明書**が発行される。船級符号への付記47の要件に適合するユニットは、

オフショアルールに規定されるサービス表記48 浮体式洋上風力発電風車の指定を受ける資格がある。

認証の結果、浮体式洋上風力発電風車及び／又はその構成部品が規則又は規格に適合していることを証明する証明書が発行される。浮体式洋上風力発電風車の認証プロセスは、計画や計算の審査、調査、検査、及び規格／国家基準を満たしていることを証明するための試験で構成される49。

特定の国内規制に適合する浮体式洋上風力発電風車の認証については、所管の国家当局から認証を受けた場合に限り、船級協会はこれを行うことができる。

国内水域で操業する浮体式洋上風力発電風車は、船級協会規則に加えて行政規則を遵守しなければならない。規則間に不一致がある場合、行政規則が本協会規則に

⁴⁶協会：独立した認証（又は船級）機関、第三者認証協会

⁴⁷船級符号への付記は、浮体式洋上風力発電風車が当該協会の特定の規則要件に適合していることを示す。

⁴⁸サービス表記は、浮体式洋上風力発電風車が船級協会の定める規則に適合していることを示す正式な認定又はラベルである。

⁴⁹船級及び認証の違いについては、例えば PN000405-RPT-002-D1-FOW-Standards-Certification-and-Classification-Mapping-Report_Formatted.pdf (catapult.org.uk) の第 5.1 節に記載されている。



優先する（後者の方がより高い安全レベルを提供する場合を除く）。この場合、その都度協会及び浮体式洋上風力発電風車の所有者との合意により決定される。法定の要件が適用される場合は、旗国及び／又は沿岸国の同意が必要な点に注意が必要である。

浮体式洋上風力発電風車の認証プロセスは通常目標ベースのアプローチに基づいており、達成すべき目標とその達成方法を設定するために密接に関連する次の3つの要素を統合している。

- ・ **目的**：ライフサイクルを通じて生産を確保し、従業員の安全及び周辺環境の安全を確保する浮体式風力構造物を提供する。
- ・ **基準**：IEC 61400-3、IEC 61400-3-1 e IEC TS 61400-3-2 及びその他 IEC 規格の要件を満たし、計画された耐用年数の間、あらゆる危険からの損傷から保護する。設計プロセス及びいずれかのプロジェクト認証から得られる重要なアウトプットは、物的損害又は事業の中断につながる可能性のあるものを正確に理解すること、及び修理又はメンテナンスの面で潜在的な損失を軽減するためにどのような可能性があるかを理解することである。
- ・ **方法論**：設計方法論は通常、IEC 規格と併せて洋上構造物用の ISO 19900 から 19906 のような他の認定規格によって提供される。必要に応じて、規格及び規約は

他の業界プラクティス及び技術資格によって補足される場合もある。

対象となる資産は、一体化された浮体式風車（浮体下部構造、タワーと関連するロータ・ナセル・アッセンブリー（RNA）、荷重及びステーション維持システム（係留ライン及びアンカーを含む。））である。浮体式タービンの動きとの関係を検討し、ケーブルの動的な部分も考慮されている。

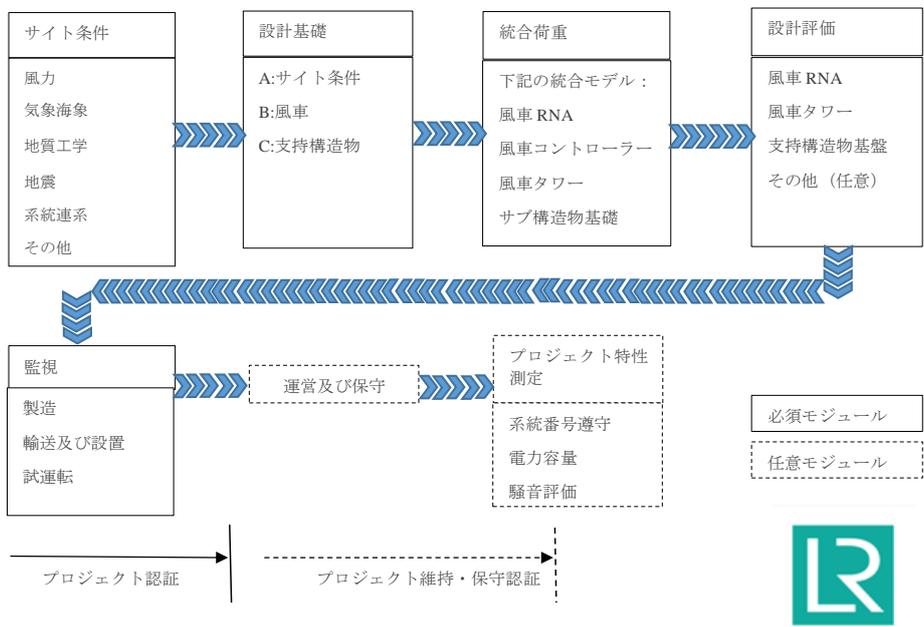
通常、サイト条件評価、設計基礎、コンセプト選定及びコンセプト設計、FEED50、詳細設計並びに製造、輸送、据付、試運転及び稼働中管理等の後続段階を含む、すべてのプロジェクト段階が考慮される。

IEC 61400-22（取り下げられたが、依然として参照されている）及び IECRE-OD-502 によるプロジェクト認証は、一連のモジュールを完了することで構成される。

プロジェクト認証の枠組みには、必須モジュール及び任意モジュールがあり、モジュールの概要を Lloyds Register が推奨する「IEC 61400-22 及び IECRE-OD-502 による風力・ウィンドファーム認証モジュール」[図](#)に示す。

浮体式洋上風車の設置のためのサイト条件調査には、風況、海底の状態、気象海象及び地質工学的特性、環境への影響、系統連系、インフラの要件等、さまざまな要素を総合的に評価する必要がある。

図 10 IEC 61400-22 及び IECRE-OD-502 に準拠した風力認証モジュール



出典：浮体式洋上風車支持構造物に関する推奨プラクティス (LR-RP-003)

⁵⁰ FEED: フロントエンド・エンジニアリング・デザインの略



基本設計は、その後の詳細設計のための一般的な設計資料を網羅するものでなければならない。この詳細設計には、統合された構造システムのサイト固有の設計承認及び荷重計算の検証が含まれる。

荷重解析には、風車 RNA、コントローラー、タワー、下部構造及び基盤を含む統合モデルが推奨される。

最終モジュールには、風車の試運転に先立ち、製造、輸送及び設置時に必要な監視及びモニタリング作業が含まれる。

EU 加盟国における浮体式洋上風力発電プロジェクトの認証要件は主に各国当局が規制している。浮体式洋上風力については、浮体式洋上風車の特定の規格への参照を含め、3つの主要な認証分野が検討される。

認証プロセスには、型式認証、部品認証及びプロジェクト認証があり、それぞれがさまざまな組織によって設定された特定の規格に準拠している。これらの規格は、洋上風力設備の安全性、信頼性、環境の持続可能性を保証するものである。

- **型式認証**：安全性、信頼性、性能、試験及び電力ネットワークとの相互作用に関する特定の規格及び技術要件に従った風車の設計基礎評価、設計評価、型式試験、製造評価及び最終評価を目的とする。基礎設計及び製造評価等、オプションの段階が適用される場合もある。国際規格に準拠した型式認証の例は次のとおりである。
 - IEC 61400 シリーズ：IEC 61400-3-1、設計要件についての IEC 61400-3-2 を含む。
 - DIN EN：関連規格には、一般設計要件に関する DIN EN 61400-1 が含まれる。
 - DNV(GL)-ST-0126：風車の認証に関する DNV 規格で、設計検証、型式試験及び文書化要件に対応している。
 - IECRE 規格：プロジェクト認証のための国際電気標準会議の再生可能エネルギー規格である。
 - IECRE OD-501：この認証スキームは、浮体式洋上風車を含む風車型発電機システムを対象としている。
- **部品認証**：型式認証と同一の特定の基準及び技術要件に従い、主要部品（ブレード、ギアボックス）に適用される型式認証に準ずる。部品認証に係る関連国際規格及び業界固有規格の遵守には以下が含まれる。
 - IEC 61400 シリーズ：設計要件に係る IEC 61400-1 を含む。
 - DIN EN 規格：関連規格には、一般設計要件に関する DIN EN 61400-1 が含まれる。
 - DNV(GL)-ST-0376：部品に関する設計要件及び試験手続に対応する浮体式風車の認証に関する DNV 規格。基礎設計及び製造評価等、オプションの段階が適用される場合もある。
 - IECRE OD-501 は、風車部品の認証も対象としている。

- **プロジェクト認証**：風力発電所の設計とその設計が立地条件を満たしているかどうかの検証を行う。土壌調査、測定活動の精査⁵¹、エネルギー収量報告書の評価、海洋条件の評価、荷重ケース定義の検証等が含まれる。以下を例とする国際規格の遵守
 - ISO 9001：プロジェクトのライフサイクル全体を通じて、品質マネジメントシステムの遵守を確保する。
 - DNV(GL)-ST-0378：洋上風力発電所の認証に関する DNV 規格で、設計検証、建設監督及び文書化要件を対象としている。
 - IECRE OD-502：浮体式洋上風力発電プロジェクトを含む洋上風力発電所の認証を対象とする。

EU のすべての洋上風力市場において、完全なプロジェクト認証が正式に義務付けられている訳ではない。完全なプロジェクト認証が要求される場合、通常は国内規則を参照し、金融、保険又はデベロッパーの要件を満たすための間接的な要件に過ぎないこともある⁵²。部品認証は、型式認証及びプロジェクト認証への統合を促進することが見込まれている。

EU における浮体式洋上風力発電プロジェクトの認証要件は各国当局が規制しており、主に監督している。たとえばドイツでは、連邦海事水路庁 (BSH) による。

4.4. サイト調査

EU における浮体式洋上風車の設置のための立地調査には、海底の状態、気象海象の特性、環境への影響、インフラの必要性など、さまざまな要素を総合的に評価する必要がある。これらの調査は、洋上風力発電プロジェクトの実現可能性と最適設計を決定するために極めて重要である。

外部サイト条件は、IEC 61400-1、IEC 61400-3-1 及び IEC 61400-3-2 に示される追加要件に従って評価される。長期的な風況及び海況を決定するために使用された詳細な方法を文書化するため、サイト条件報告書を作成する。

評価を必要とする外部サイト条件の例を以下の図に示し、サイト条件とロイド・レジスターが推奨する関連規約及び基準を示す。その目的は、資産の設計と建設に十分な情報が利用可能であることを保証し、開発期間内のすべての段階でその他の要件を充足することである。

地震活動が活発な地域では、浮体式洋上風力発電風車支持構造物設計に対する地震条件の影響も特定のプロジェクト毎に考慮されなければならない。ISO 19901-2 で定義されているような評価により、地震ハザードが低いと確認された場合、設計において地震的側面を無視しても差し支えない。

⁵¹プロジェクト認証に含まれる構造、製造及び安全性評価に関するすべての測定及び試験手続⁵² 参考文献：「プロトタイプから商業プロジェクトまでのリスク管理」、第3回 Annual Floating Wind Europe Conference; Kimon Argyriadis, DNV

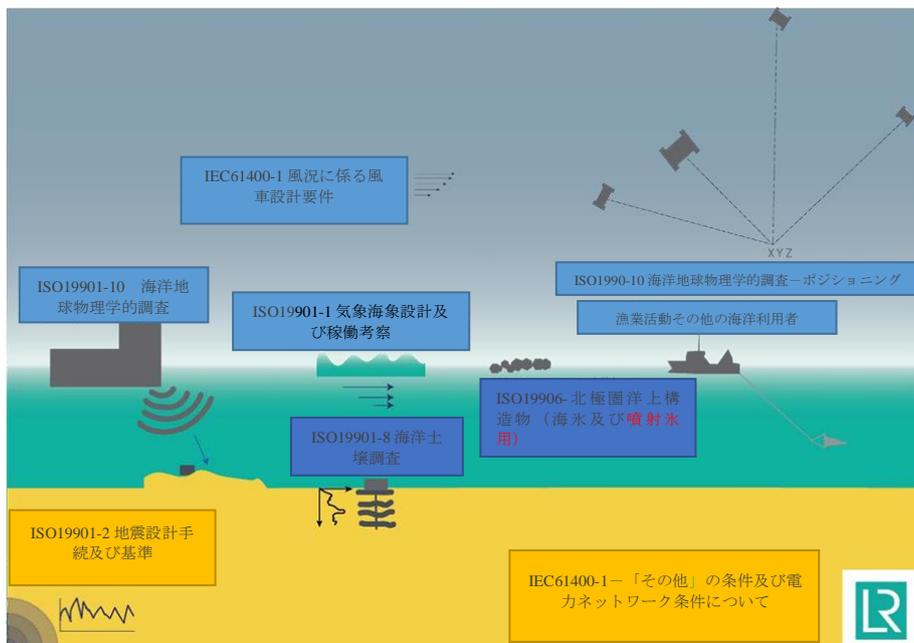
⁵²参考文献：「プロトタイプから商業プロジェクトまでのリスク管理」、第3回 Annual Floating Wind Europe Conference; Kimon Argyriadis, DNV

Deleted: 1



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

図 11 サイト条件及び関連規約・規格概要



出典：浮体式洋上風車支持構造物に関する推奨プラクティス (LR-RP-003) (和訳したもの)

その影響は、アンカーに係る地盤の動きの関数であったり、又は関連する突発的な波浪荷重 (津波) である場合がある。緊張係留、張り係留又はコンプラアントタワーの場合、地震条件は、ステーションキーピングシステム又はダイナミックケーブルを通じて浮体式下部構造に、その後タワー及び風車 RNA に荷重を伝達する可能性がある。地震現象はまた、海底の液状化につながる可能性があり、ダイナミックケーブル、係留ライン、アンカーの支持力又は地質工学的能力を失わせる可能性がある。

氷雪荷重は、その場所の氷雪気候によって関連する荷重ケースとなり得る。風車の氷結が重大となる可能性があるかどうか検討し、浮体式洋上風力発電風車の設計と稼働を通じてさらなる検討が必要かを判断する。氷雪荷重が重大となる可能性がある場合、ブレードへの氷の付着によって引き起こされる質量の不均衡と、ブレードの空気力学的性能の変化により、タービンの性能を評価する。風車からの落水や投氷は、浮体式洋上風力発電風車自体、浮体式洋上風力発電風車の周囲、又は風車に搭載されている若しくはタービン付近の機器や人員にも危険をもたらす可能性がある。必要な場合には、投氷及び落水を考慮しなければならない。

電力ネットワーク条件については、IEC61400-3-1 で要求されているところに従い、サイト条件報告書の一部として、システムの通常の接続点電圧範囲、変圧器の自動タップ変更装置による一時的な影響、通常の周波数範囲と変化率、最大及び最小力率における kVA 単位の推

定予備定容量等、いくつかの系統要件を含めるべきである。

EU におけるサイト調査の関連ガイドライン及び規格は国によって異なり、以下が含まれる場合がある。

- **海底及び地質工学調査**：浮体式風車の設置の実現可能性を判断するためには、海底の状態を評価することが極めて重要である。当該調査は、浮体式風車を固定するための安定性と適性を確保するために、海底の状態を評価するものである。ISO 19901-8 のような規格は、洋上構造物の地質工学調査のガイドラインを提供している。
- **気象海象研究**：風速、波高、潮流、水深等の気象海象条件を理解することは、浮体式風車の設計と稼働に不可欠である。気象海象調査では、プロジェクトサイトの気象海象条件、波高、潮流、洗掘及び水深などを分析する。関連する規格は、環境条件については ISO19901-1、及び気象海象基準については ISO19901-3 がある。
- **航行及び安全性評価**：海上航行の安全を確保し、海運や漁業等、他の海洋利用者へのリスクを最小限に抑えることも不可欠である。サイト調査には、航行上の危険、船舶の交通パターン、衝突リスク、地震条件、風車設置周辺の安全緩衝地帯の評価を含めるべきである。

高度な数値モデリングツール及び長期監視プログラムの実施も、さまざまな気象海象条件下での浮体式洋上風力発電風車の動的挙動を評価するために関連する方法である。



浮体式洋上風車はレーダーに大きな干渉を与える可能性があり、航行、気象予報及び国防に不可欠なレーダーシステムに問題をもたらす。当該干渉は、主にタービンとその回転するブレードの大きな物理的構造から生じるもので、レーダークラッターやドップラースhiftされたリターンを発生させ、他の物体を模倣したり、不明瞭にしたりする。回転するブレードは、その大きさと動きによって、異なる移動目標を識別するレーダーの能力に特に影響を与え、これはレーダースクリーンに曖昧なリターンを発生させる。

こうした干渉に対応するため、EU加盟国は、風力発電所の近くでレーダーシステムが効果的に作動し続けられるようにするための緩和戦略を実施している。タービンにおけるレーダー吸収素材の使用、レーダー技術の向上及び風車とその他の物体とを識別しやすくする特殊なレーダーシステムなど、さまざまな対策が検討されてきた。

4.5. 荷重の評価

浮体式洋上風車の統合荷重解析の目的は、RNA、浮体下部構造及び支持地盤（該当する場合）を含む統合風車構造に係るサイト固有の荷重が、設計基準に適合して算出されたことを確認することである。当該要件は、

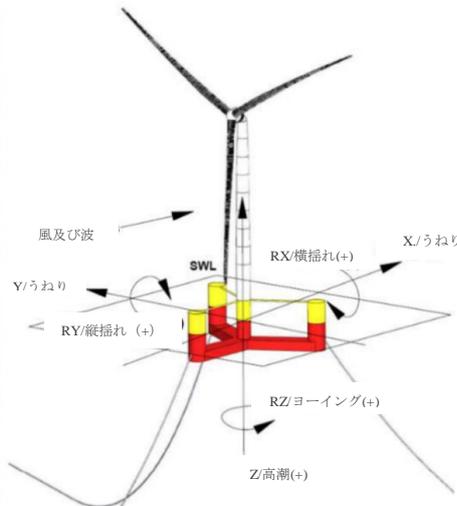
計算された荷重が風車型式認証及び風車クラス (IEC 61400-1) に従って設計された浮体に対して想定される荷重の範囲内であることを保証するものでなければならない。

浮体式風車の荷重応答特性において53、浮体に係る風圧は、着床式構造物にかかる風圧よりも大きな課題となる。なぜなら、風は、大域的運動を課し、これにより、さまざまな構造上の要素に多大な圧力をかけるからである。

浮体は、風励振、波励振、付加質量、空力減衰、波動減衰、構造減衰、係留張力、静水圧剛性、浮体の形状及びWTの制御戦略等、空気力学的及び流体力学的な荷重から大きな動的応答を受けるため、浮体運動の決定は設計に不可欠である。

運動応答及びその自然周期に関しては、浮体の準拠した6つの自由度又は運動モード（すなわち、大波、うねり、高潮、横揺れ、縦揺れ、ヨーイング）により、風及び波/潮流のずれに起因する荷重応答について、着床式風車構造で通常必要とされるよりも綿密な評価が必要となる。特に、うねりの方向と平均風向きとのずれが大きい。この点で、浮体下部構造の設計対称性と係留システムの対称性は、関連するずれが生じるケースを減らすのに役立つ可能性がある。

図 12 15 メガワット浮体式洋上風車システム及び参照座標システム。



出典：波浪条件に応じた大型浮体式洋上風車システムのタワー設計のための荷重評価; Energies 2023, 16(4), 1862 ; <https://doi.org/10.3390/en16041862> (和訳したもの)

RNA については、浮体運動に起因する荷重（例えば、浮体のピッチ運動中に傾いたローターに起因するヨー荷重）を評価しなければならない。これらの荷重は通常、風車型式認証の対象外である。よって、浮体の設計に使用される空力、水力、サーボ、弾性ソフトウェア

アは、縮尺模型水槽試験、その他の数値ソフトウェア及び/又は類似の特性を持つ浮体式洋上風力発電風車の利用可能な測定値によって検証される。⁵⁴

一般に、うねりの周期が横揺れや縦揺れの周期に近似しすぎている場合、連成振動の形態を回避するように

⁵³浮体下部構造の荷重応答特性：浮体式洋上風車支持構造物に関する推奨プラクティス (LR-RP-003)、2024年1月

⁵⁴モデル試験に関する詳細は、IEC 61400-3-2の付属書kを参照。



設計する。ローター荷重と制御アルゴリズムが複合的に影響するため、6つの自由運動すべての間の結合効果が重要になる可能性がある。

環境荷重には、風の作用による空気力学的荷重、波や潮流による流体力学的荷重、水位の変化、海洋の成長、雪や氷、地震による荷重など、大きさや方向が時間とともに変化する可能性のある、外部のサイト条件によって引き起こされるすべての荷重が含まれる。

気象気象に関する再現期間は、IEC-61400-3-2 浮体式洋上風車規格を使用して特定され、これには、関連する気象気象条件と稼働状況によって示される、各設計状況に適用可能な設計荷重ケース (DLC) が含まれる。

環境荷重の評価はまた、非線形性、2次効果 (例えば、ゆっくりとした漂流水力学的效果) 及び荷重の緩慢に変化する応答を適切に捉えるために、浮体運動の自然周期も考慮しなければならない。問題となる荷重ケースによっては、シミュレーションの期間を一般的な 10分から最低でも 3時間、場合によっては 6時間まで延長する必要がある。

浮体式洋上風力発電風車の動作及び荷重応答に対する低周波と高周波の励振の影響を評価するために、タービンの稼働段階における時間領域における浮体及びタービンの連成解析が実施されなければならない。

周波数領域法は、コンセプト・エンジニアリングや設計の初期段階に適用できる。浮体式洋上風車では、空気力学、構造力学、制御システムの非線形性をよりよく捉えることができるという理由から、一般的に時間領域解析が必要とされる。

疲労荷重解析については、浮体の運動特性及び制御システムとの相互作用を十分に考慮した上で、時間領域解析により、故障時の風荷重及び波荷重による応力範囲を設定しなければならない。

偶発的な (又は異常な) 荷重は、偶発的な事象、異常な運転、又は技術的な故障に関連する荷重が想定される。

風力発電所の荷重解析要件に関するガイダンスは、上流の後流条件の影響から始まり、これを合理的に予見できる場合に考慮すべきである。上流の後流条件が風力発電所に影響を及ぼす可能性のある例としては、以下のようなものがある。

- 一帯として開発されている風力発電所
- 他の風上の風力発電所の影響を受ける可能性のある風力発電所

荷重解析用の風車の位置を選択する際は、風力発電所内の後流条件を評価し、風速と乱流強度の主要条件が風力発電所の列内でどのように変化するかを検討する必要がある。浮体ユニットの潜在的な動きの影響も評価に含めるべきである。

EUで策定されている既存の基準は、台風や地震、落雷等の極端な環境荷重の下での浮体式風車の長期性能に適切に対応していない可能性がある。これらの構造物が耐用年数を通じてこれらの事象に耐えられることを保証する基準を示すためには、より多くのデータと経験が必要である。

4.6. 関連材料

浮体式洋上風車の製造に使用される最も一般的な構造材料には、鋼鉄、コンクリート、複合材料、ポリマー、アルミニウムなどがある。

鋼鉄は、その強度、耐久性、過酷な海洋環境に対する耐性から、風車タワー、浮体式プラットフォーム及び下部構造の建設に主に使用されている。鋼鉄は、構造部品用の炭素鋼や耐食性部品用のステンレス鋼など、さまざまな形で使用されることが多い。

コンクリートは、その浮力、耐久性及び低メンテナンス性から、浮体式プラットフォームに利用されている。コンクリート・プラットフォームは、浮体構造物にとって有利な安定性と重量を提供し、特定の設計や環境にとって、よりコスト効率が高くなる可能性がある。

風車のブレードやナセルには、主にグラスファイバーやカーボンファイバーなどの複合材料が使用されている。これらの材料は、高い強度重量比、耐腐食性、効率を最適化する空力的形状に成形できる性能を理由に選択されている。

ポリエステル、ナイロン又は HMPE 等の合成繊維ロープは、軽量かつ高強度であるため、その使用が増加しており、特に従来のチェーン係留が実用的でない深海での用途に適している。プラスチック及びポリマーは、タービン内のさまざまな非構造部品や断熱材に使用されている。これらの材料は、実用時の耐久性、耐候性、柔軟性を備えている。

軽量かつ高い耐腐食性を有するため、タービンやプラットフォームの二次構造や部品にアルミニウムが使われることもある。アルミニウムは鋼鉄に比べてコストが高く、強度も低いため、一次構造材にはあまり使われていない。

浮体式洋上風車システムのどの部分にどの材料を選択するかは、コスト、環境条件、設計要件、用途に必要な特定の性能特性など、さまざまな要因に左右される。以下は、最も関連性の高い素材である鋼鉄とコンクリートについてのより詳細な概要である。

4.6.1. 鋼鉄及びコンクリート

鋼鉄とコンクリートはどちらも強度と耐久性に優れており、過酷な海洋条件に耐える浮体式プラットフォームの建設に理想的な材料としてよく知られている。コンクリートは優れた浮力を提供し、プラットフォームが浮くのを助ける一方、鋼鉄構造は波浪及び風による荷重に対して安定性を与えるように設計することができる。

鋼鉄とコンクリートは適応性があり、さまざまな設計や構成に合わせて形状や設計を変えることができるため、特定の洋上立地に合わせた浮体式プラットフォームを柔軟に建設することができる。

初期建設費は他の材料に比べて高くなるかもしれないが、鋼鉄やコンクリート構造物の長期耐久性とメンテナンス要件の低さは、風車のライフサイクルを通じたコスト削減につながる。さらに、鉄骨やコンクリート構造物は、より大きなタービンを支え、風車技術の将来の進歩に対応するために規模を拡大することができ、より効率的で強力な洋上風力発電所の開発を可能にする。



全体として、浮体式洋上風車の建設に鋼鉄とコンクリートを使用することは、より深い海域で風力エネルギーを利用するための信頼できる効果的な解決策を提供する。

鉄鋼規格は、ユーロコード及びEU機械指令に基づいており、主に EN 10025 にまとめられている。また、構造用鉄鋼製品への CE マーキングは、欧州連合の建設製品規則 CPR (5.1 参照) に基づく規制要件である。船級協会 (CS) が船級証明書を発行する場合、その協会の規則が使用されるようである。55

浮体式洋上風車では、いくつかの主要部品に鋼材が主に使用されている。トランジションピースはタービンタワーと下部構造を接続する。一般的に鋼鉄製で、浮体式プラットフォームとタワー構造の間の移行部として機能する。また、水面下の主要な支持構造物を含む下部構造の建設にも一般的に使用されている。この鋼鉄製の下部構造は、タービンタワーとローターアセンブリを支えるために必要な浮力と安定性を提供する。

浮体式プラットフォームを海底に固定する係留システムの一部として、鉄鋼ケーブルやチェーンが採用されることが多い。これらの係留索は、さまざまな気象条件下でタービンの位置と安定性を維持するために不可欠である。

ワイヤロープとチェーンの場合、係留設計に使用される一般的な安全率は、無傷の状態では 1.67 であり、損傷状態を考慮すると 1.25 まで下がる可能性がある。これは、さまざまな係留パターンと係留材料に適用される、係留の安全性に関する一般的な業界標準に沿ったものである。56

浮体式洋上風車に関して、コンクリートもいくつかの重要な部分で特に注目されており、浮体式プラットフォーム自体の主要材料として一般的に使用されている。これらのプラットフォームは、一枚構造であることもあれば、モジュール式ユニットで構成されていることもある。コンクリートは、浮力と安定性に優れ、風車タワーとローターアセンブリの重量を支えるのに適している。

コンクリートはまた、安定性を確保し、風や波の力を打ち消すために、浮体式プラットフォーム内のバラストとして使用することもできる。バラストの量を調整することで、エンジニアはプラットフォームの喫水と重心を最適化し、さまざまな海象条件下での性能を高めることができる。

浮体式プラットフォームを固定する係留システムの一部として、コンクリートブロックやアンカーが採用されることが多い。これらのコンクリート係留素材は、信頼性の高いアンカーソリューションを提供し、過酷な海洋環境にも耐えることができる。

欧州で浮体式洋上風車のための鉄骨・コンクリート構造物を設計・試験する際には、安全性、性能及び品質要件への適合を保証するために、いくつかの規格や技術基準が一般的に使用されている。ここでは、最も関連性の高い鉄鋼規格の一部をご紹介します。

- EN 10025-1: 第 1 部: 一般技術的納入条件 (TDC)

- EN 10025-2: 第 2 部: 非合金構造用鋼の技術的納入条件
- EN 10025-3: 第 3 部: 正規化/正規化された圧延溶接可能な細粒構造用鋼の技術的納入条件
- EN 10025-4: 第 4 部: 熱機械圧延溶接可能な細粒構造用鋼の技術的納入条件
- EN 10025-5: 第 5 部: 耐大気腐食性が改善された構造用鋼の技術的納入条件
- EN 10025-6: 第 6 部: 高降伏強度の構造用鋼の扁平製品の焼入れ及び焼戻し状態の技術的納入条件
- EN 1993-1 (ユーロコード 3 に関連する) 鋼構造物の設計
- EN 1993-1-10: 鋼構造物の設計材料靱性及び板厚特性
- EN 13173: 鉄鋼洋上浮体構造物のカソード保護
- BS EN 1090: 浮体式洋上風力発電風車に関連する鉄鋼構造及びアルミ構造
- ISO 19902: 固定鉄鋼洋上構造物 (石油・天然ガス産業)
- DNV-OS-B101: 金属材料
- 材料の製造、試験及び認証に関する LR 規則

コンクリート構造物については、EN、ISO 及び DNV 規格が、浮体式洋上風車に適用されるコンクリート洋上構造物の設計に関する要件を規定し、ガイドラインを提供している。

- EN 1992 Eurocode 2: 洋上構造物を含む、コンクリート構造物の設計規則。材料特性、構造解析、さまざまな荷重条件に対する設計基準など、構造設計のさまざまな側面を網羅している。
- EN 206-1: 材料、製造、性能基準を含むコンクリートの仕様要件。セメントの種類、骨材の特性、配合設計、海洋構造物に使用されるコンクリートの品質と耐久性を評価するための試験手順などの側面を網羅している。
- ISO 19901-7: 浮体式洋上構造物及び移動式海洋ユニットのステーションキーピングシステム
- DNV(GL)-ST-0119: 浮体式洋上風力発電構造物の設計のためのガイドライン。構造設計の原則、荷重条件、材料特性、加工要件、試験手順などを網羅。

浮体式洋上風力発電構造物用の鉄鋼及びコンクリートに関する EU の関連プラクティスには、海洋環境に適した材料の選択が含まれる。例えば、耐腐食性鋼や、耐久性、耐海水腐食性、機械的特性を向上させる添加剤を組み込んだ高性能コンクリートミックスの使用などである。

4.7. 係留及びアンカリング

石油やガスなど他の産業から受け継いだ係留システムの提案は多いが、これらの産業で使われている基準が必ずしも洋上風力発電で求められる基準と一致する必要はない。一般的に、石油・ガス産業における浮体式プラットフォームは、洋上風車よりもはるかに深い海域に設置されるため、海底の種類や海底地形などの付加的な要因を考慮し、より浅い水深で状況に応じた係留システムを設計する必要がある。

⁵⁵日本では日本海事協会規則が適用されるが、EU では CS が船級証明書を発行する場合、CS 独自の材料規則が使用されるようである。通常、等級は、材料に関する CS 独自の要件に準拠することを条件とし、異なる規則への準拠は CS の裁量によってのみ認められる。

⁵⁶GuidetoFloatingOffshoreWind



浮体式風車の構成部品の大半は、ナセル、電気系統の大部分、ブレード、タワー等、着床式風車と同じであるが、基礎となる構成要素は異なる。洋上風車の浮体式基礎には、通常、主要部分として、浮体構造と、浮体を所定の位置に固定するためにあらかじめ設置された係留及びアンカーシステムの2つがある。

アンカリングシステムはタービンを海底に固定し、係留システムはタービンをこれらの固定ポイントにつなぎ、制御された動作を可能にする。係留システムは、エネルギーを吸収して浮体構造の動きを抑え、稼働の安定性と安全性を確保するように設計されている。水深や海底の状態、環境荷重の変化に対応できる強度及び柔軟性を兼ね備えていなければならない。これは、コストを削減するだけでなく、破損のリスクを減らすためにも、最も最適化が必要な要素である。

浮体下部構造と係留については、EU には、設計とシステム解析に影響を与える IEC 61400-3-2 以上の、特定の完全な規格や法律で強制された規格群が存在しない。ISO19901-7「石油及び天然ガス産業—海上構造物に関する特定要求事項-第7部：浮体式洋上構造物及び移動式海洋ユニットのステーションキーピングシステム」が、EU における洋上係留について推奨されるガイドである。

浮体式洋上風力発電風車の係留システム解析では、以下のコードも考慮される場合がある。

- DNV(GL)-RP-C203：洋上鉄鋼構造物の疲労設計についての推奨プラクティス
- DNV(GL)-OS-C101：鉄鋼構造物の設計 (LRFD 法) 57
- DNV-RP-C202 シェルの座屈強度
- DNV-OS-E301：フロックアンカーの設計と設置
- API RP 2T：テンションレグ・プラットフォームの計画、設計、施工に関する推奨プラクティス

ここ数年、浮体式洋上風力発電風車プロジェクトや試験設置に関連する経験から、係留・固定システムの設置に関する技術や手順が進歩し、各国間で広範に共有されている。

石油及びガスプラットフォームで使用されている従来のアンカリングシステムは、浮体式洋上風力発電には最適ではないかもしれない。サクション・アンカーのようなより新しい係留技術は、その効率性と海底撓乱の低減のために研究されている。しかし、規格はこれらの新しいアンカリングシステムの設計、設置及び長期的性能に完全には対応していない可能性がある。浮体式基礎はさらなる成熟が必要であり、規格化はまだ発展途上であるため、安全で手頃な価格の設計を開発するのは難しい。

EU におけるその他の関連する係留技術開発は、リアルタイムの監視システムに特化しており、この技術には、ひずみゲージ、モーションセンサー及び水中カメラが組み込まれており、陸上施設にリアルタイムのデータフィードを提供し、迅速な対応を可能にする。また、高強度合成繊維と耐腐食性繊維を使用した、運転コストを削減し、システムの寿命を延ばす複合索の継続的な開発と試験も、非常に重要である。

アメリカ船級協会 (ABS) は、位置係留システムに係る ABS PMS ガイド、洋上係留に係る繊維ロープの適用

に係る ABS 繊維注記、洋上係留チェーンの認証に係る ABS チェーンガイドといった係留システムに関する規格を定めている。

4.8. 安全要件

浮体式風力発電所の安全要件については、航行上の危険、船舶の通行パターン、衝突リスクなど、さまざまなリスクに対処する必要がある。しかし、日本のような海洋環境では、地震や津波による潜在的なリスクを具体的な詳細に分析する必要がある。

地震活動が活発な地域では、浮体式洋上風力発電風車支持構造物の設計に対する地震条件の影響も具体的なプロジェクトベースで考慮されなければならない。その影響は、アンカーに係る地盤の動きの関数、又は関連する突発的な波浪荷重 (津波等) である場合がある。

EU では、地震又は地震現象は、考慮される限界状態に対する典型的な再現期間に基づいて考慮される。IEC 61400-1 によると、475 年の再現期間を有する地震現象は、評価される必要がある。

サイト条件評価では、サイトの地震条件と各資産の耐震設計基準を定義しなければならない。これには、風力発電所のサイトに影響を及ぼす可能性のある地震現象の可能性と規模、及びそのような地震現象に対する地盤の反応、並びにそれらが資産に及ぼす可能性のある影響が含まれる。

一般的に、地震条件は ISO19901-2 又は同等のものに従って評価されることが期待されている。ISO 19901-24 で定義されているような評価により、地震ハザードが低いと確認された場合、設計において地震的側面を無視しても差し支えない。

地震活動が活発な地域では、浮体式洋上風力発電風車支持構造物設計に対する地震条件の影響も特定のプロジェクト毎に考慮されなければならない。その影響は、アンカーに係る地盤の動きの関数であったり、又は関連する突発的な波浪荷重 (津波) である場合がある。

緊張係留、張力係留又はコンプライアントタワーの場合、地震条件は、ステーションキーピングシステム又はダイナミックケーブルを通じて浮体式下部構造に、その後タワー及び風車 RNA に荷重を伝達する可能性がある。地震現象はまた、海底の液状化につながる可能性があり、ダイナミックケーブル、係留ライン、アンカーの支持力又は地質工学的能力を失わせる可能性がある。

係留フットプリント又はケーブルコリドー内の活断層の存在も評価されるべきである。どの断層が活断層であるかは、通常その国の地質当局が把握していることが多く、相談できる場合がある。浮体式洋上風力発電風車ステーションキーピングシステムのフットプリント内の活断層は、地震現象が発生した場合、アンカー位置間差の差分変化を含む海底レベル変化につながる可能性がある。

土壌が液状化しやすいかどうかを判断するために、スクリーニング評価を実施しなければならない。土壌が液状化しやすい場合は、液状化の完全な評価を実施し、資産に対する液状化の影響の性質と期間を決定しなければならない。液状化は別として、特定の係留形態に



については、地震条件を完全に評価するために、詳細な確率論的地震危険度評価 (PSHA) が必要になる可能性が高い。

4.9. プロジェクト及びテストサイト

以下は、その開発及び運営を通じて、欧州諸国における浮体式洋上風車の設置のためのサイト調査、荷重解析、関連する材料及び基礎の使用 (係留及びアンカリング) に関連する革新的な技術や手順を示している重要なプロジェクト及び試験場の例である。

1. WindFloat アトランティックプロジェクト (ポルトガル、ヴィアナ・ド・カステロ)。稼働開始 (EO) : 2020 年 7 月、設置電力 (P) : 25.2MW (3T x 25.2MW)。欧州初のセミサブ型浮体式洋上風力発電所で、100m 以上の深海に対応する革新的な係留技術を使用。浮体式洋上風力発電のための統合的なサイト特性評価の先駆的な例である。このプロジェクトでは、マルチビーム音響測深機や海底コアシステムなどの高度な調査技術を活用し、プロジェクト現場の海底の状態や地盤特性を評価している。風速、波高及び潮流のデータを収集するために、長期的な気象海象観測が行われている。
2. Hywind Tampen プロジェクト (ノルウェー、北海)。EO : 2022 年 11 月、P:94.6 MW (11T x 8.6 MW)。沖合 140km、水深 260~300m に位置する洋上石油・ガス設備に電力を供給する世界初の浮体式風力発電所。このプロジェクトでは、数値流体力学 (CFD) シミュレーションを用いて、浮体構造物と風や波の相互作用をシミュレートしている。極端な気象条件下での荷重と反応を正確に予測することで、風車の構造的完全性と信頼性を確保し、安全性を高め、稼働リスクを低減することができる。
3. Kincardine 浮体式洋上風力発電所 (スコットランド、アバディーンシャー)。EO : 2021 年 9 月、P : 50MW (5T×9.5MW + 1T×2MW)。WindFloat のセミサブ・プラットフォームにタービンを設置するこのプロジェクトは、リスクベースのアプローチをサイト調査とプロジェクト開発に適用した例である。プロジェクトサイトでは、海底の状態、気象海象現象、稼働上の課題に関連する潜在的な危険性を特定し、それを軽減するために、徹底的なリスク評価を受ける。
4. フローゼン・プロジェクト (フランス、ル・クロワジック海岸)。EO : 2018 年 9 月、P : 2MW (1T)。フランス初の浮体式洋上風車で、合成繊維 (ナイロン) ラインによる半張係留システムを特徴とし、特に水深の深い地域での浮体式洋上風力用途におけるコンクリート構造の実現可能性を示している。また、潜在的な生態系への影響を評価し、規制要件を確実に遵守するために、生息地のマッピング、種のモニタリング、環境影響アセスメントを組み込んでいる。
5. ELISA プロジェクト (スペイン、グラン・カナリア島)。EO : 2019 年 3 月、P : 5MW (1T)。このプロジェクトでは、その構造内に鉄鋼部品を組み込んだ、ELISA (Enabling Future Arrays in Tidal) 浮体式プラットフォームを活用している。ELISA プラットフォームにおける鋼鉄の使用は、沿岸環境における浮体式洋上風車の安定性と構造的完全性を提供することに成功している。
6. ポセイドン・プロジェクト (イタリア、ティレニア海)。2025 年着工予定、EO 予定 : 2029 年、P : 1,008MW (72T x 14MW)。このプロジェクトは、下部構造に鋼鉄部品を使用した浮体式プラットフォーム「ポセイドン」を特徴としている。ポセイドン・プラットフォームは、地中海の洋上風車に安定した信頼性の高い基礎を提供する革新的な設計と鋼材の使用で認知されている。
7. DoWin3 プロジェクト (ドイツ北海)。EO:2020 年、P : 900MW (複数の風力発電所)。このプロジェクトでは、洋上風車に独自のコンクリート製ジャケット基礎設計を採用している。コンクリート製ジャケット基礎は、厳しい海洋条件下で風車を支え、安定感を与える。このプロジェクトは、洋上風力発電用途におけるコンクリート構造の有効性を実証した。
8. 7SeasMed プロジェクト (シチリア島マルサラ海岸)。EO : 2028 年-2030 年、P : 250MW。このプロジェクトは最近、EIA の承認を受けた。この風力発電所では、海底に固定される革新的な浮体式プラットフォーム技術が使用される予定で、より深い海域での浮体式洋上風車の開発が可能になる。シチリア島の総電力消費量の約 5% を供給する見込みである。
9. EMEC 欧州海洋エネルギーセンター (スコットランド、オークニー)。EO : 2021 年。EMEC は、オークニー西海岸の Billia Croo にある既存の波力エネルギー試験施設からさらに沖合に、100MW の浮体式洋上風力試験及び実証サイトを新たに計画した。AFLOAT、CLEANWINDTUR 及び BLOW は、同センターが関与している浮体式洋上風力発電プロジェクトの数例である。
10. METCentre、海洋エネルギー試験センター (ノルウェー)。2009 年に設立されたこのセンターは、浮体技術をフルスケールでテスト及び検証する機会を提供している。このセンターは、浅瀬と深海 (200 メートル超) の両方で、さまざまな試験条件下での技術試験に必要なインフラとサービスを提供している。
11. PLOCAN テストサイト (スペイン、グラン・カナリア島)。EO:2020 年、P:5MW (1T)。X1 Wind 社は、浮体式洋上風車のプロトタイプである Pivot Buoy を設置した。ヴェスタス社の V29 タービンを搭載したプロトタイプは、水深 50 メートルの風下に設置され、パンプな「ウェザーベーン効果」を生み出し、アクティブなヨーシステムを不要にする可能性がある。研究者と産業界のパートナーは、スペインの海洋環境におけるコンクリート基礎と浮体式プラットフォームの実現可能性と信頼性を評価するため、試験と試運転を実施した。
12. AMETS 大西洋海洋エネルギー試験場 (アイルランド、モヨ郡)。このプロジェクトは、アイルランド持続可能エネルギー庁 (SEAI) が、厳しい海洋条件下での本格的な規模の波力エネルギー・コンバータと浮体式洋上風力発電技術の試験を促



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

進ずるために開発している。水深約 50m と約 100m の 2 つの試験領域があり、さまざまな機器のテストに適している。開発者向けの試験場はまだ稼働していない。

13. Green Volt 浮体式洋上風力発電所 (スコットランド)。計画された EO: 2029 年。欧州初の商業規模の浮体式風力発電所であり、クラウン・エステート・スコットランドのイノベーション・アンド・ターゲット・オイル・アンド・ガス (INTOG) リース・ラウンドの一部である。このプロジェクトは、洋上の石油・ガスプラットフォームで天然ガスとディーゼル発電に取って代わるもので、新しい浮体式技術を大規模に展開する。

14. コアウインド・プロジェクト (EU)。EU が資金を提供する研究開発プロジェクト (2019-2023 年)。主な技術革新は、係留システム、アンカリングシステム及びダイナミックケーブルの最適化によるコスト削減と浮体式風車の性能向上に重点を置いている。このプロジェクトでは、仮想シミュレーションを使って、セミサブ型やスパイ型など、さまざまな浮体式風力発電技術を試験し、コスト削減と拡張性を実現する。これは特に、将来の深海での設置にとって極めて重要である。

5. 日欧間の規格及び技術規格のベンチマーキング

5.1. 日欧のプラクティスの比較

以下の表は、規格及び技術基準のベンチマーク化を容易にするために、日本については第 3 章及び EU については第 4 章で取り上げた主要な記述を各指標 (左側の縦の列) 毎に要約したものであり、相違点を赤色で、類似点を青色で示している。日本及び EU の状況を比較したより広範な分析は、要約表の後に記載されている。

表 10 浮体式洋上風力発電技術基準並びに規格の採用及び開発に関する日欧比較

IND	EU	日本
規格の採用及び開発	<ul style="list-style-type: none"> IEC 規格は EN、ISO 及び IECRE 規格に統合されている (4.1 参照) ISO/IEC 規格の開発及び採択のための 6 段階 (4.2 参照) 国内浮体式洋上風力発電規格はないが、ISO/IEC 及び IECRE に参加している国が大半 (4.1 参照) NSB を通じた ISO/IEC における各国の立場、NSB の大半は国内ミラー委員会 (NMC) を設置 (4.2 参照) 主要規格 IEC 61400-3-1 及び IEC 61400-3-2、IEC 61400、ISO 19900 及び 19901 シリーズ (4.3 参照) 独立した第三者船級協会及び認証協会からの規格提供の増加 (5.1 参照) ドイツは洋上風力発電規格 BSH 7004 及び BSH 7005 を提供 (5.1 参照) 他国は、技術基準を強化するために「洋上風力専門家グループ」設立準備中 (5.1 参照) 参加国間の一般的な協力アプローチ (5.2.1 参照) 	<ul style="list-style-type: none"> 日本では ISO と IEC が適用されている。主な規格は JIS にも掲載されている。(3.2.1 参照) ISO/IEC/IECRE 活動への参加 (3.2.1 参照) 日本が提案したアジア地域特有の条件は、IEC 規格に反映されている (3.2.1 参照)。 IEC 規格に加え、経済産業省/国土交通省は規格やガイドラインを発表している (3.1.4、3.3.2、3.3.3 参照)。 いくつかの規格の解釈は、「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一解説」にまとめられている (3.3.1 参照)。 経済産業省/国土交通省は専門家による委員会を開催し、技術基準の詳細な解説を公表している。(3.3.2 参照)



IND	EU	日本
認証及び許可	<ul style="list-style-type: none"> 規格の適合を確実にするために必要な認証及び許可。 IECRE-OD-502 としての認証スキーム (4.3 参照) 特定の規格 (4.3 参照) に準拠した型式、部品及びプロジェクトの認証 プロジェクトの完全な認証は正式には必要なく、資金要件や保険等を充足するために、通常は国内規則 (BSH 等) を参照 (4.3 参照) 多くの場合、認定された第三者機関が発行した証明書に基づく許可 第三者によるドイツ認証 (DNV、BV...) 及び BSH の許可 (4.2 表参照) フランス: BV による BV 認証その他の公認・認定機関による認証 (4.3 参照) 認証は、船級を発行する認定船級協会が実施する船級検査から始めることができる (4.6.1 参照)。 	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力発電規格には電気事業法、港湾法及び船舶安全法に基づく技術的審査が必要 (3.1.1、3.1.2 及び 3.1.3 参照) 日本は IECRE を参照しているが、廃止された IEC61400-22:2010 に対応する JIS C 1400-22:2014 も依然として有効である。(3.2.2 参照) 経済産業省の登録確認機関による適合性確認は、IECRE OD502 6.3 に規定されるプロジェクト設計認証と同等である (3.4.1 参照)。 プロジェクト認証制度は使用されていない。(3.4.1 参照) 国土交通省の登録確認機関による係留設備の適合性評価 (3.4.2 参照) 国土交通省の認定船級協会による船級検査 (3.4.3 参照) 日本海事協会の浮体式洋上風力発電のガイドライン、登録確認機関及び認定船級協会は、IEC 61400-3-1 及び IEC TS 61400-3-2 に基づいている (3.4.3 参照)。
サイト調査	<ul style="list-style-type: none"> 関連評価: 海底条件、気象海象調査、環境影響アセスメント並びにインフラ及び系統連系 (4.4 参照) IEC 61400-3-1 に従ったサイト条件及び 61400-3-2 に示された追加要件 (4.4 参照) EN ISO 19901-4 は、地質及び気象海象サイトアセスメントに関するガイダンスを提供する (4.4 参照)。 測量技術、地球物理学的及び地質工学的統合、数値モデリング及び長期監視プログラムにおける高度なプラクティス (4.4 参照) 浮体式洋上風力発電風車によるレーダー干渉は、評価の対象となる (4.4 参照)。 	<ul style="list-style-type: none"> 政府は、浮体式洋上風力発電風車設備を設計する際に考慮しなければならない外的条件を規定し、以下の調査を義務付けている。すなわち、1.一般事項、2.風況、3.海況及び4.その他 (3.1.4A 及び 3.3.2A 参照) 環境影響アセスメント (3.1.6 参照) レーダーへの影響と緩和措置 (3.1.8 参照)
統合荷重解析	<ul style="list-style-type: none"> 環境荷重の評価は、IEC 61400-3-2 の設計荷重ケース (DLC) に従わなければならない (4.5 参照)。 疲労及び極限荷重のための選択された荷重ケースに基づく統合荷重解析 疲労強度に関連する DLC の評価は、環境データシリーズ (4.5 参照) に基づいて使用することができる (4.5 参照)。 タービンの稼働段階における浮体とタービンの連成解析を実施すること (4.5 参照)。 故障状態中の風及び波によって生じる応力範囲は、時間領域によって確立される (4.5 参照)。 使用するソフトウェアは、縮尺模型水槽試験で検証すること (4.5 参照)。 偶発的な事象、異常な運転又は技術的な故障に関連する荷重は、考慮されるべきである (4.5 参照)。 	<ul style="list-style-type: none"> 発電については DLC1.1 から DLC8.4 までの 29 件、海氷については D1 から D8 までの 8 件のケースについて、設計条件及び荷重ケースが規定されている (3.1.4 C 及び 3.3.2 C 参照)。 浮体式設備及びタワーについては、時間領域の連成解析を実施するものとする (3.1.4 C 参照)。 一体連成解析を実施する場合は、十分に検証されたプログラムを使用するか、解析結果をモデル試験結果と比較しその精度を検証しなければならない (3.2.2 C 参照)。



IND	EU	日本
鋼鉄及びコンクリート	<ul style="list-style-type: none"> EUでは、浮体式洋上風力発電規格は通常、建築基準よりもむしろ海事法又は海洋法に基づき規制されている。 ノルウェー及び英国だけが、浮体式洋上風力発電規格の認証を建築分野に分類している。 材料の選択、設計の最適化及び建設技術に関する関連プラクティス (4.6.1 参照) <p><鉄鋼></p> <ul style="list-style-type: none"> 鉄鋼規格は、ユーロコード及びEU機械指令に基づいており、主に EN 10025 にまとめられている。船級協会 (CS) が船級証明書を発行する場合、その協会の規則が使用されるようである (4.6.1 参照)。 構造用鋼材への CE マーキング (4.6.1 及び 5.1 参照) <p><コンクリート></p> <ul style="list-style-type: none"> EN、ISO 及び DNV 規格が、コンクリート洋上構造物に関するガイドラインを提供している (4.6.1 参照)。 	<ul style="list-style-type: none"> 浮体式洋上風力発電設備は、船舶安全法に基づく「特殊船舶」として分類される (3.1.3 参照)。 船舶構造規則 (平成 10 年運輸省令第 16 号) に規定する材料を使用しなければならない。 (3.3.2 B 参照) 船舶構造規則に規定されていない材料については、国土交通省に必要書類を提出しなければならない。 (3.1.4 B 参照) <p><鉄鋼></p> <ul style="list-style-type: none"> NK 鋼船規則第 2 章 P 編を適用する。この場合、使用する圧延鋼は、NK 鋼船規則 K 編の規定に準拠しなければならない (3.3.2 B 参照)。 <p><コンクリート></p> <ul style="list-style-type: none"> コンクリート製浮体式洋上風力発電設備の設計施工ガイドラインに記載されている材料を適用する。 (3.3.2 B 及び 3.3.3 B 参照)。
係留及びアンカリング	<ul style="list-style-type: none"> IEC TS 61400-3-2 規格で考慮されている浮体式構造物並びに係留及びアンカリングシステムの 4 つの基本的なプロトタイプ (1.3.2 参照)。 設計については IEC TS 61400-3-2、洋上係留については ISO 19901-7、疲労解析について DNV、API 及び ABS 規格を考慮する可能性がある (4.7 参照)。 新しい材料に適用される認証機関による認定手続、例えば常設係留システム用ナイロンロープの認定手続が現在進行中 (4.6 参照) リアルタイム監視システム、係留索、アンカリングソリューション、気象適応に関する技術開発 (4.7 参照) 	<ul style="list-style-type: none"> 係留システムに使用されるチェーン、ワイヤー又は合成繊維ロープ、アンカー等は、管轄海事当局の適切な承認を受けなければならない (3.1.4 D 参照)。 係留システムに使用される部品及び材料は、国際規格に準拠し、管轄海事当局によって適切に承認されなければならない (3.3.2 D 参照)。 合成繊維の安全率は、係留ラインのチェーンの安全率の約 1.5 倍と規定されている (3.1.4 D 参照)。 上記の合成繊維がナイロン、高弾性ポリエチレン又はアラミドのいずれであるかは明記されていない (脚注 3.1.4 D 参照)。
地震及び津波	<ul style="list-style-type: none"> IEC 61400-1 に基づいて、475 年の周期を有する地震現象は、評価される必要がある (4.8 参照)。 地震条件は ISO 19901-24 に従って評価すること (4.8 参照)。 その影響は、アンカーに係る地盤の動きの関数、又は関連する突発的な波浪荷重 (津波等) である場合がある。 海底の液状化の完全な評価を実施しなければならない (4.8 参照)。 特定の係留形態については、確率論的地震危険度アセスメント (PSHA) が必要になる可能性が高い (4.8 参照)。 その他の安全上の問題には、航行上の危険、船舶の交通パターン、衝突リスク及び風車設置周辺の安全緩衝地帯が含まれる (4.4 参照)。 	<p><地震></p> <ul style="list-style-type: none"> 地震は、設置海域周辺において過去発生した最大レベルのものを考慮しなければならない (3.1.4 A 参照)。 水平地震動及び鉛直地震動を考慮する必要があるが、浮体式洋上風力発電は海水の緩衝効果により主に鉛直地震動を考慮している (3.3.2 A 参照)。 設計地震動は、基本最大加速度に地震地形係数を乗じて求める (3.3.2 A 参照)。 <p><津波></p> <ul style="list-style-type: none"> 津波は、設置海域周辺において過去発生した最大級のもの考慮しなければならない (3.1.4 A 参照)。 水深が十分深い場合は、津波による影響は、潮位変動及び海流として差し支えない (3.1.4 A 参照)。

規格の採用及び開発

欧州諸国は、一般的に、EN、ISO 及び IECRE 規格に統合されている IEC 規格を採用している。DNV、BV 又は LR 等の独立した認証協会も、浮体式洋上風力発電技術の主要な問題を対象とする国際規格を策定している。

さらに、浮体式洋上風力発電風車の浮体式という性質は、海事及び航海セクター、特に船舶の船級及び認証用のさまざまな技術基準を適用する可能性を開いている。



自主的な採用という一般原則が ISO/IEC システムの中心であるものの、規制によって義務化される規格もある。規格が業界と社会のニーズを満たす形で確実に適用されるよう、効果的な実施にはすべての利害関係者の関与が必要である。

規格は、各国の標準化機関 (NSB) を通じて ISO/IEC の作業に参加することで策定される。ISO/IEC 業務に関する各国の立場は、継続的に策定され、NSB の大半は、国際標準化機構の活動を反映させるため、国内ミラー委員会 (NMC) を設置している。

一部の国は、洋上風力技術基準を強化するために浮体式洋上風力発電風車専門家グループに依拠している。今のところ、ドイツだけが個別の「技術専門委員会」を持ち、そこを通じて 2 つの洋上風力国家規格を立ち上げている。

ISO と IEC の活動への日本の参加は充分確立されている。日本はこれらの組織の創設メンバーではなかったが、50 年以上前の比較的早い時期に加盟した。

日本では ISO と IEC がそのまま適用されており、日本が提案したアジア地域特有の条件は、IEC 規格に反映されている。しかし、国内での適用を容易にするため、広く使用されることが予想されるものは JIS 規格に組み込まれている。EN、ISO 及び IECRE が提供する適応性と柔軟性は、浮体式洋上風力発電の特定の要件の統合を可能にする。

日本の IEC への対応は EU 諸国とほぼ同じである。技術基準については、政府が詳細な説明やガイドラインを示しており、その中には規格も参照されており、これに従うことが義務付けられている。規格は、政府によって組織された専門家グループの議論に基づいて制定されている。NSB の活動もほぼ同様であるが、日本語への翻訳及び JIS 規格への組込みには時間がかかる。

日本は IECRE を参照しているが、廃止された IEC61400-22:2010 に対応する JIS C 1400-22:2014 も依然として有効である。日本は、IECRE OD501 と OD502 の適用に向けて早急に動き出すべきである。残念ながら、日本からは IECRE 規格への移行に関するタイムラインは示されていない。IEC 61400-3-2 ED2 の発行には、メンテナンスチーム IEC TC88 を立ち上げる必要がある。

IEC 規格に加え、経済産業省/国土交通省は、専門家委員会を招集し、規格やガイドラインを発表している。

- 浮体式洋上風力発電施設技術基準
- 浮体式洋上風力発電施設技術基準 安全ガイドライン
- コンクリート製浮体式洋上風力発電施設の設計施工ガイドライン

認証及び許可

EU では、認証の結果、浮体式洋上風力発電及び/又はその構成部品が規則又は規格に適合していることを証明する証明書が発行される。認証プロセスは、計画や計算の審査、調査、確認及び規格/国家基準を満たしていることを証明するための試験で構成される。通常、完全なプロジェクト認証が行われる。

浮体式洋上風力発電プロジェクトの適合性評価手続には、風車の設計、建設、稼働が特定の規格や基準を満たしていることを確認するための一連の評価及び検証が含まれる。この詳細な評価プロセスは、リスクを軽

減し、投資家、規制機関及び一般市民等の利害関係者に対するプロジェクトの受容性を高めることにも役立つ。適合性評価は通常、IEC 61400 シリーズ、IECRE OD 501 (型式及びコンポーネント) 及び 502 (プロジェクト) 認証スキームに基づいており、政府機関は通常関与していない。すべての EU 諸国で、完全なプロジェクト認証が正式に義務付けられているわけではない。

許認可プロセスでは、通常、詳細なプロジェクト計画及び文書を政府又は規制機関に提出する必要がある。許認可取得の第一の目的は、プロジェクトを進めるための法的認可を得ることである。通常、すべての洋上風力発電の許認可を担当する国家機関は 1 つしかなく、せいぜい許認可プロセスは、当局への入口が 1 つしかないように統合される程度である。この手続により、適合性評価手続に関する重複作業を回避することができる。

EU 諸国では、浮体式洋上風車のようなプロジェクトの許認可手続は、認定された第三者機関が発行する証明書に基づいて合理化又は円滑化されることが多い。このアプローチは「相互承認」の概念を活用したもので、ある EU 加盟国の認定機関が提供した認証は、他の加盟国でも承認され、審査の無駄を減らし、許認可プロセスを迅速化する。

船級協会は、浮体式洋上風力発電プロジェクトが現地での規制要件を充足するだけでなく、国際的な安全基準や品質規格を遵守していることを保証する、第三者による技術評価及び認証を提供する上で重要な役割を担っている。船級検査は、数か国の認定船級協会によって実施される。

認証機関は、世界の海事及び洋上エネルギー分野で広く認知され、受け入れられている国際規格に基づいて運営されている。例えば、浮体式風車の設計、建設及び稼働に関する DNV の規格は、包括的な研究、業界の知識及び世界の利害関係者と協力して開発されたベストプラクティスに基づいている。

他の例としては、ビューローベリタスがあり、この点について、「認定船級協会は、浮体ユニット、係留システム、電力ケーブルに合わせた技術基準 (船級規則) を開発し、維持する能力と権限を有している」と述べている。

日本では、日本海事協会が IEC 614003-1 及び IEC TS 61400 3-2 に基づく登録確認機関及び認定船級協会であり、国際的な認知を加速するために IECRE に認証機関として登録申請する必要がある。

日本では、電気事業法、港湾法及び船舶安全法に基づく技術的審査が必要である。電気事業法について、経済産業省の登録確認機関による適合性確認は、IECRE OD502 6.3 に規定されるサイト適合性評価と同等であり、プロジェクト認証制度は使用されていない。

港湾法は、国土交通省の登録確認機関による係留施設の適合性評価を定めている。船舶安全法では、国土交通省の認定船級協会による船級検査が定められている。

この方針には、「統一的解説」シリーズ及び「浮体式洋上風力発電施設技術基準 安全ガイドライン」の制定等、第三者機関による審査への移行や、前述の電気事業法に基づく適合性確認機関の導入等、日本海事協会が主導する一元的/並列的な審査が試みられている。

サイト調査



EU 諸国においては、浮体式洋上風車の設置のためのサイト調査では、海底の状態、地質工学的形成及び気象海象特性等、さまざまな要素を評価する。

外部サイト条件は、IEC 61400-3-1 及び 61400-3-2 に示される追加要件に従って評価される。サイト調査のその他の具体的な基準やガイドラインは、国によって異なる。潜在的な関連性を鑑み、以下に、EU における調査研究のグッドプラクティスをいくつか紹介する。

硬い岩盤、軟らかい堆積物又は複雑な地質学的形成等、海底の構成がさまざま、浮体構造物の安定性やアンカリングに影響を及ぼす可能性があるため、課題が生じることがある。特定の調査により、浮体式風車を固定するための安定性と適性を確保するために、海底の状態を評価する。ISO 19901-8 等の規格は、洋上構造物の地質工学調査のガイドラインを提供している。

レーダー干渉の可能性に対応するため、EU 諸国は、風力発電所のサイト付近でレーダーシステムが効果的に稼働し続けられるようにするための緩和戦略を実施している。当該措置には、タービンにおけるレーダー吸収素材の使用、レーダー技術の向上及び風車とその他の物体とを識別しやすくする特殊なレーダーシステムが含まれる。

日本においては、政府は、浮体式洋上風力発電風車設置を設計する際に考慮しなければならない外部条件を規定し、以下の一般条件調査を義務付けている。すなわち、風況、海況及びその他の条件（地震、海底の変形及び洗掘、並びに積雪荷重を含む。）である。浮体式洋上風力発電所は、日本では場所によって特有の環境条件に直面する。

風車が気象レーダーの近くに設置される場合、タービンの大きさ、その高度及びレーダーからの距離に応じて、気象業務法第 37 条に基づく通知と相談が必要となる。防衛省は、レーダーへの影響を最小限に抑えるため、事業者がプロジェクト計画の初期段階で同省に相談することを義務付けている。

日本では、深海における海底地質調査手法の技術開発が、政府による研究開発助成の対象分野の一つとなっている。レーダー干渉の問題に関して、日本での唯一の対応は、影響を受ける地域での建設を許可しないことである。

統合荷重解析

荷重解析に関する規格と技術基準に関する日欧比較では、顕著な相違は見られない。

浮体ユニットの運動モードは、風及び波／潮流のずれに起因する荷重応答について、着床式タービン構造で通常必要とされるよりも綿密な評価が必要となる。タービンの稼働段階における浮体及びタービンの連成解析を実施しなければならない。

浮体式風力プラットフォームの統合荷重解析は、かかる技術の開発にとって重要なツールである。RNA については、浮体運動に起因する荷重（例えば、浮体のピッチ運動中に傾いたローターに起因するヨー荷重）を評価しなければならない。これらの荷重は通常、風車型式認証の対象外である。

環境荷重の評価は、浮体下部構造の種類、サイズ及び形状並びにその応答特性を考慮し、問題となる稼働に

関連する対象地域の代表的な環境データに基づき、関連する場合は水荷重を含め、TS IEC 61400-3-2 に規定された設計荷重ケース (DLC) に従う。

設計条件と荷重ケースについては、発電については DLC1.1 から DLC8.4 までの 29 ケース、海氷については D1 から D8 までの 8 ケースが規定されている。日本も同じ問題に取り組んでおり、連成解析は政府補助金による技術開発の対象分野のひとつである。

十分な長さの長期測定データや追算データ等の環境データ時系列が利用可能な場合、疲労強度に関連する DLC の評価にそのデータを使用することができる。

疲労荷重解析については、浮体の運動特性及び制御システムとの相互作用を十分に考慮した上で、時間領域解析により、故障時の風荷重及び波荷重による応力範囲を設定しなければならない。

この種のモデルの開発には、波浪水槽で実施される実験規模の試験による検証が必要である。なぜなら、かかる試験によって設計の不確実性を排除し、浮体式プラットフォームの実動作に関する第一近似値を得ることができるからである。

日本では、一般的事項、荷重並びに設計条件及び荷重ケースについて規定されている。一般的事項において、浮体式設備及びタワーについては、時間領域の連成解析を実施しなければならない。

鋼鉄及びコンクリート

EU と日本では、浮体式洋上風力発電構造物に対する規制アプローチに重要な相違がある。

EU 加盟国では、浮体式洋上風力発電構造物は通常、海事法又は海洋法の下で規制されるが、日本では船舶安全法の下で「特殊船舶」に分類される。日本では、コンクリート製浮体式洋上風力発電施設的设计施行ガイドラインに記載される材料を適用する必要がある。

日本において浮体式洋上風力発電構造物のために使用される材料は、船舶構造規則（国土交通省）に規定されているものとし、船舶構造規則（MLIT）に規定されていない材料については、国土交通省に必要書類を提出しなければならない。海洋構造物及び作業船の場合、船体構造及び船体艙装に使用される圧延鋼材は、鋼船規則検査要項 K 編（材料）の規定に適合しなければならない。

日本では、使用できる材料に関して別途規定がある。JIS 規格の材料や土木学会の定める規格に適合していることに加え、その都度、国が使用可能であると認定した材料でなければならない。浮体については、日本海事協会が船級検査を行う場合、日本海事協会が認証した NK 材を使用する必要がある。

EU 加盟国の鋼鉄規格は、主に構造用鋼の熱間圧延製品の技術的な納入条件を規定する EN 10025 にグループ化された Eurocodes と EU 機械指令に基づいている。構造用鉄鋼製品への CE マーキングは、欧州連合の建設製品規則 (EU CPR) に基づく規制要件である。このマーキングは、構造用鋼材等の製品が EU の安全、衛生及び環境に関する必要条件を満たしていることを示す。船級協会 (CS) が船級証明書を発行する場合、その協会の規則が通常使用される。



コンクリート構造物については、EN、ISO及びDNV規格が、浮体式洋上風車に適用されるコンクリート洋上構造物の設計に関する要求事項を規定し、ガイドラインを提供している。

係留及びアンカリング

浮体式洋上風力発電設備係留及びアンカリングシステムの設置については、IEC TS 61400-3-2以上の、特定の完全な規格や法律で強制された規格群が存在しない。洋上係留に関するISO 19901-7、疲労解析に関するDNV、API及びABS規格と共に、同規格において規定されている浮体式構造物及び係留アンカリングシステム並びに設計要件の4つの基本プロトタイプをすべての国において考慮することができる。

現在EUでは、永久係留システム用のナイロンロープとして、新素材の資格認定手続が適用されている。

日本では、係留システムに使用するチェーン、ワイヤー又は合成繊維ロープ、中間シンカー、中間ブイ、海底係留点となるアンカー、シンカー、パイル等は国際規格を遵守し、管海官庁が適当と認めたものでなければならない。合成繊維がナイロン、高弾性ポリエチレン又はアラミドのいずれであるかは明記されていない。安全ガイドラインでは、ISO19901-7で規定されている解析手法とIECで規定されている「設計荷重ケース(DLC)」の概念を組み合わせていることが要求されている。日本では、係留ラインのチェーンと比べて、合成繊維について安全率が1.5倍と規定されている。設置の例がほとんどなかったため、安全率が高く設定されているが、各材料に対応した安全率を設定することが望ましい。

地震及び津波

EU加盟国では、地震又は地震現象は、考慮される限界状態に対する典型的な再現期間に基づいて考慮される。IEC 61400-1によると、475年の再現期間を有する地震現象は、ISO19901-2又は同等の規格により評価される必要がある。その影響は、アンカーに係る地盤の動きの間数、又は関連する突発的な波浪荷重(津波等)である場合がある。

緊張係留、張力係留又はコンプラントタワーの場合、地震条件は、ステーションキーピングシステム又はダイナミックケーブルを通じて浮体式下部構造に、その後タワー及び風車RNAに荷重を伝達する可能性がある。地震現象はまた、海底の液状化につながる可能性があり、ダイナミックケーブル、係留ライン、アンカーの支持力又は地盤工学的能力を失わせる可能性がある。

土壌が液状化しやすいかどうかを判断するために、スクリーニング評価を実施しなければならない。土壌が液状化しやすい場合は、液状化の完全な評価を実施し、資産に対する液状化の影響の性質と期間を決定しなければならない。

液状化とは別に、特定の係留形態については、地震条件を完全に評価するために、詳細な確率論的地震危険度評価(PSHA)が必要になる可能性が高い。

日本では、地震は、設置海域周辺において過去発生した最大レベルのものを考慮しなければならない。

水平地震動及び鉛直地震動を考慮する必要があるが、浮体式洋上風力発電は海水の緩衝効果により主に鉛直

地震動を考慮している(3.3.2A参照)。設計地震動は、基本最大加速度に地震地形係数を乗じて求める。

津波は、設置海域周辺において過去発生した最大級のものを考慮しなければならない。水深が十分深い場合は、津波による影響は、潮位変動及び海流ととして差し支えない。

日本では、過去最大規模の地震と津波、そして地盤の液状化の影響を適切に考慮しなければならない。同時に、浮体式構造物は一般に地震や津波の影響を受けにくいとされており(ただし、TLP式は鉛直地震動の影響を受けやすい)、「安全ガイドライン」の付録1に評価モデルと計算結果が示されている。

液状化については、設置海域の地盤調査でサンプルを採取し、調査データに基づいて係留アンカーの位置を決定する要件が安全ガイドラインで定められている。

5.2. ベストプラクティス

浮体式洋上風力発電規格及び技術基準のベストプラクティスを、日本での適用可能性を追求するために、上記のEUと日本の比較に基づいて特定した。

5.2.1. 国際標準化及び規制

- ✓ **多面的な規制の枠組み**：浮体式洋上風力発電設備の浮遊性は、海洋及び航行セクターからの多面的なアプローチを必要とする独特の課題をもたらす。EN、ISO及びIECREが提供する規制の枠組みの適応性と柔軟性は非常に有用であり、洋上風力発電設備の特定の要件に合わせた技術基準の統合を可能にする。
- ✓ **IEC 61400-3-2 ED1の設計要件への適合**：2024年11月に発行予定の本規格は、現在適用されている技術仕様であるIEC TS 61400-3-2:2019から各国及び各認証機関の規格及びガイドラインを更新することを要求する
- ✓ **IEC 61400-3-2 ED2の発行には、IEC TC88 MTを始動している必要がある**：いくつかの分野はまだ技術開発段階にあるので、IEC TC88 MTは、プロトタイプ及び商用設備の成果に基づいて、新しい技術及び材料の応用に取り組んでいる。
- ✓ **日本はJIS C 1400-22:2014を廃止しなければならない**：日本もIECRE加盟国であるが、今後は、IECRE OD501及びOD502の適用に移行し、それぞれの規格及びガイドラインを更新する必要がある。
- ✓ **日本では、日本海事協会が認証機関としてIECREに登録申請する必要がある**：これにより国際的な相互承認の適用が加速される。認証は船級協会から開始することができ、日本海事協会の浮体式洋上風力発電のガイドラインは、IEC 61400-3-1及びIEC TS 61400-3-2に基づいている。
- ✓ **許認可は、プロジェクトを進めるための法的認可を与えるものであり、通常、適合性評価手順に関連する作業を簡素化する**。許認可プロセスでは、通常、詳細なプロジェクト計画と文書を政府又は規制機関に提出する必要がある。
- ✓ **第三者認証機関は、研究能力、業界知識及び世界の利害関係者と緊密に協力して開発されたベストプラクティスを提供する**。これらの独立機関の関与により、規制機関の世界的な広がり及び信頼性が強まる。それらの貢献により、規格が技術の進



歩と業界のイノベーションの最前線に位置し続けることが保証される。日本は、浮体式洋上風力発電設備の品質と安全性を確保するために、第三者認証機関の専門知識を活用し、その独立した研究能力、業界知識及びベストプラクティスを利用することができる。例えば、DNV及びBVには、規格、基準及び規格に関連する推奨プラクティスが含まれる。

- ✓ **IECRE に登録された、又は第三者として認定された国内認証機関が認証した材料について、他の認証機関に情報を提供することが望ましい。** これにより、国際的な相互承認制度を通じて、他の国への適用が促進される。

5.2.2. 安定した技術評価

5.2.2.1. 外部サイト条件の評価

- ✓ **マルチビーム音響測深機、サイドスキャンソナー及び海底コアリングシステム等の測量技術の利用：**より正確で詳細な海底状況の評価を可能にする。これらの技術が堆積物の種類、岩盤形成及び地質工学的特性に関する貴重なデータを提供することで、海底の安定性及び浮体構造物のアンカリングのための適合性の理解を深めることができる。
- ✓ **地球物理学及び地質工学の調査データの統合：**水深、海底形態及び土質に関する情報を組み合わせ、海底の包括的な特性評価を可能にする。この統合的なアプローチは、浮体式風力プロジェクトのより良いサイト選定、基礎設計及びリスク評価を促進する。
- ✓ **高度な数値モデリングツールの適用：**有限要素解析 (FEA) や数値流体力学 (CFD) 等の先進的なツールは、さまざまな気象海象条件下での浮体式風車の動的挙動をシミュレーションするためにますます利用されている。これらのモデルは、設計パラメータの最適化、構造荷重の評価及び実際の動作環境でのパフォーマンスの予測に役立つ。
- ✓ **プロジェクトサイトにおける長期監視プログラムの実施：**気象海象の状態、環境パラメータ及び構造性能に関する継続的なデータ収集を可能にする。リアルタイム監視により、設計仮定の検証、傾向の把握及び潜在的な問題の早期発見が可能となり、業務の効率化及び安全性の向上を図ることができる。
- ✓ **サイト調査へのリスクベースのアプローチの採用：**海底の状態及び気象海象の特性に伴う不確実性の評価及び管理を含む。確率論的分析によってリスクと不確実性を定量化することで、開発者は設計マージンの最適化、リスク軽減策の優先及びプロジェクト・ライフサイクル全体での意思決定の改善を行うことができる。

5.2.2.2. レーダー干渉の軽減

- ✓ **レーダー吸収材 (RAM)：**レーダー波を吸収する材料をタービン構造に適用することで、レーダー反射断面積を小さくことができ、それによってタービンのレーダー信号を最小化することができる。
- ✓ **レーダーブランキング及びフィルタリング：**レーダーシステムは、風車の位置から来る信号を無視

するように構成することができる。この技術には、タービンが配置されている領域を非表示にするか、又は高度なフィルターを適用してタービンブレードと他の物体を区別する技術が含まれる。

- ✓ **タービンへのレーダートランスポンダーの設置：**これらの機器はレーダー信号を受信し、脅威ではないオブジェクトとして識別する明確な応答を返すため、レーダー画面の混乱と乱雑さを軽減する。
- ✓ **タービン干渉と本物の航空機又は気象現象との識別を改善するためのレーダーソフトウェアのアップグレード：**強化された信号処理アルゴリズムは、異なる種類の物体を区別するのに役立つ。

5.2.2.3. 統合荷重解析

- ✓ **タービンの稼働段階における時間領域における浮体及びタービンの連成解析を実施する。**故障状態中の風荷重及び波荷重によって生じる応力範囲は、疲労荷重解析のための時間領域法によって設定される。
- ✓ **浮体の設計に使用される空力、水力、サーボ、弾性ソフトウェアは、縮尺模型水槽試験、その他の数値ソフトウェア及び／又は類似の特性を持つ浮体式洋上風力発電タービンの利用可能な測定値によって検証すべきである。**モデル試験に関する詳細情報は、IEC TS 61400-3-2 の付属書 K に記載されている。
- ✓ **技術基準の策定において国際的に標準化される計算方法及び計算式が推奨される。**これにより、入力する数値の違いによる評価の実施が容易になる。

5.2.2.4. 鉄鋼及びコンクリート

- ✓ **洋上環境に適した高品質の鋼材を選択することは、浮体式洋上風力発電の設計の鍵となる。**これには、長期的な耐久性と性能を確保するための耐食鋼の使用が含まれる。
- ✓ **浮体式洋上風車の安全で信頼性の高い稼働の継続を確保するためには、鋼部材の定期的な保守点検が不可欠である。**欧州のベストプラクティスは、潜在的な問題を早期に検出し、コストのかかるダウンタイムを防ぐために、包括的な検査プログラムを実施し、高度な監視技術を採用することの重要性を強調している。
- ✓ **浮体式洋上アプリケーションの特定の要件に合わせた高性能コンクリートミックスの利用。**これらの混合物には、耐久性、海水耐食性及び機械的性質を高めるために、添加剤及び強化剤が含まれることが多い。
- ✓ **IECRE に登録された国内認証機関又は第三者として認証された材料及び新材料の適用に関する情報は、他の認証機関に通知されるべきである。**これにより、国際的な相互承認制度を通じて、他の国への適用が促進される。
- ✓ **製品が再利用、再製造、リサイクル又は回収される持続可能性と循環モデルは、技術設計と評価にとって重要性を増している。**

5.2.3. 係留及び安全の専門知識

5.2.3.1. 係留及びアンカリング



- ✓ **リアルタイム監視システム**：この技術には、ひずみゲージ、モーションセンサー及び水中カメラが組み込まれており、陸上施設にリアルタイムのデータフィードを提供し、迅速な対応を可能にする。イデオル社が開発したフランスのフロージェン・プロジェクトでは、リアルタイム監視技術を用いてメンテナンススケジュールの最適化と故障防止を実現している。
- ✓ **複合係留ライン**：これらのラインは耐食性の高強度合成繊維で作られており、運用コストを削減し、システムの寿命を延ばしている。ウィンドフロート・アトランティック等のプロジェクトでは、実際の条件下でのパフォーマンスを評価するために、複合索のテストを開始している。
- ✓ **アンカリングのソリューション**：抗力埋め込みアンカーは、砂地及び泥質の海底で効果的な保持力を発揮するため広く使用されているが、パイル・アンカーは、抗力埋め込みアンカーの効果が発揮されにくい岩場の海底で使用されている。サクション・アンカーは、迅速な配置及び適切な海底タイプでの強い保持力のために好まれている。

船舶への設置の手順には、GPS 及び DP (ダイナミック・ポジショニング) システムを用いたアンカーの配置が含まれ、それに続き、ウインチ及びガイドシーブを用いた係留ラインの敷設を行う。メンテナンスには、索の張力及び潜在的な摩擦又は損傷を検出するための定期的な ROV 検査及び音響モニタリングの使用が含まれる。
- ✓ **天候適応及び環境感度**：スコットランド沖のペアトリス風力発電所は、北大西洋の激しい嵐に耐え

られる係留システムの設計に関する洞察を提供している。

北海でのプロジェクトのような初期のプロジェクトは、係留システムが深海底生態系に与える影響を浮き彫りにした。新しいプロジェクトには、現在、導入前の包括的な環境影響アセスメントが含まれている。

- ✓ **日本では新素材とともに合成繊維ロープが適用されており、係留ライン用チェーンの 1.5 倍の安全率が規定されている。**各材料に対応した安全率を設定することが望ましい。

5.2.3.2. 安全要件

- ✓ **地震と津波は、各国で過去に発生した最大レベルで考える必要がある。**地震、津波並びにハリケーン及び台風等の熱帯暴風雨の影響は、各国の実情に合わせて調整する必要がある。
- ✓ **地震事象の評価のための計算方法及び計算式を国際的に標準化することが推奨される。**計算式に異なる入力値を使用することで、各国の違いに対応できるようにするためである。
- ✓ **地震活動を含む日本の地理的及び環境的条件を考慮すると、浮体式洋上風力発電の規制の枠組みは適応性及び弾力性がなければならない。**欧州や北米の規格団体によって実証されているように、海洋や航行セクターの技術基準を考慮することは、洋上風力発電設備の安全性及び信頼性を確保しつつ、これらの課題に効果的に対処するのに役立つ。



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
ファシリティー
EuropeAid/139636/DH/SER/JP

6. 日本における適合性評価機関の認定及び適合性確認機関の登録

本章では、技術基準への適合性を審査する機関の認定及び登録制度について取り上げる。技術基準及び第三者認証手続に関する審査の詳細については、3.4 において検討した。

6.1. 適合性評価機関の認定

第三者認証機関は、ISO/IEC17065 (JIS Q 17065) に基づき、日本適合性認定協会 (JAB) によって認定される。JAB は、試験所及び検査所認定機関の国際組織である国際試験所認定協力機構 (ILAC) に加盟しており、ILAC 協定に同意している。

JAB では、風力発電システムの認証のために、JIS Q 17065:2012 (ISO/IEC 17065IDT) の認定を受けた製品認証機関に適用されるガイドラインとして、「「認定の基準」についての分野別指針—風力発電システム：ウィンドファーム、プロジェクター」58を策定した。本ガイドラインによれば、評価方法は、IEC 61400-22:2010 Ed. 1.0 に相当する JIS C 1400-22:2014 及び日本電機工業会 (JEMA) の「風力発電のサイト適合性評価手法」に規定する方法に基づいている。これは、IEC 61400-22 が廃止され、IECRE に置き換えられたが、JIS 規格は廃止されていないためである。JIS 規格及び国際規格に加えて、法律及び省令、その解釈並びに土木学会のガイドラインが適合性評価基準として挙げられている。現在、以下の二つの組織が第三者認証機関として認定されている。

- 日本海事協会 (Class NK)
- ビューローベリタスジャパン株式会社

6.2. 電気事業法に基づく適合性確認機関

以前は、第三者認証機関からウィンドファーム認証を受けた後、経済産業省が専門家会議において技術基準

への適合性の審査を行っていた。2023年3月からは、専門家会議による審査を廃止し、適合性確認機関による審査を実施している。

経済産業省は、2023年3月に「登録適合性確認機関の申請・届出等に係る確認要領」59を公表し、登録前の業務体制、引用基準、確認の手法及び標準処理期間等の要件を見直した。

現在、以下の二つの組織が経済産業省に登録されている。

- 日本海事協会 (Class NK)
- ビューローベリタスジャパン株式会社

6.3. 港湾法に基づく確認機関

国土交通省は、港湾法第56条の2の3及び港湾法施行規則第28条の4の規定に基づき、要件を審査の上、確認機関を登録する。

現在、洋上風力の確認審査を実際に実施している登録確認機関は、沿岸技術研究センター (CDIT) のみである。

6.4. 船舶安全法に基づく船級協会

船舶安全法に基づく船級協会は、国土交通省が同法第25条の47の要件を審査して登録する。国土交通省は、船舶安全法並びに海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律に基づき、船舶検査機関の登録及び検査業務規程の認可の申請を受け、書類審査、立入検査等を行い、登録を行う。

現在、日本で浮体式洋上風力発電の船級検査を実施する船級協会は日本海事協会 (Class NK) のみである。

⁵⁸日本適合性認定協会「「認定の基準」についての分野別指針—風力発電システム：ウィンドファーム、プロジェクター—JAB PD366:2024」(2024年1月19日改定) https://www.jab.or.jp/cms/uploads/PD3662024V3_6c57bfb0b.pdf

⁵⁹経済産業省大臣官房技術総括・保安審議官「登録適合性確認機関の申請・届出等に係る確認要領」(2023年3月20日) https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/tekigouseikikann_kakuninyouryou.pdf



7. EU における適合性の認定手続及び認証制度

7.1. EU における認証制度及び認定

EU で認定を求める適合性評価機関は、欧州認定機関協力機構 (EA) の枠組みの中で認定に関連する規則及び手続を含む EA-1/17 に沿った評価を受ける。認定手続は EA-1/17 に準拠しており、IECRE のような認証制度が認められている。

適合性評価の認定手続には、以下のものが含まれる。

- IECRE (国際電気標準会議再生可能エネルギー機器規格試験認証制度) : EU の適合性評価機関は、IECRE 認証制度に参加することができ、それにより、国際的な受け入れが促進される。
- 国内認定機関 (NAB) : 各 EU 加盟国は、EU 規格に準拠した国内認定機関を運営している。NAB は、規格の遵守を評価する能力を確保するために、適合性評価機関を評価し、認定する。

IECRE システムでは、ISO/IEC 規格に認定された認証機関は、適合性評価のためのグローバル基準を満たすことを保証する構造化された枠組みの中で活動する。手続の概要には、以下の手順が含まれる。

- 1) **認定規格** : 認証機関の主要な規格には、マネジメントシステムの認証のための ISO/IEC 17011、要員の認証のための ISO/IEC 17024、製品の認証のための ISO/IEC 17065 が含まれる。
- 2) **認定プロセス** : 認証機関は、関連する ISO/IEC 規格への適合を確実にするために、認定機関による厳格な評価を受ける。
- 3) **継続的な査察** : 認定認証機関は、継続的な適合性を保証し、潜在的な問題に対処するために、認定機関による定期的な監視監査の対象となる。
- 4) **相互承認** : 国際認定フォーラム (IAF) の相互承認取決め (MLA) 等の取決めを通じて、ある国で付与された認定が他の国でも認められる。
- 5) **適合性及び完全性** : 認定認証機関は、倫理ガイドラインを遵守し、認証プロセスにおける信頼を維持する方法で運営しなければならない。全体として、IECRE システムは、認証された製品、人員又は管理制度が国際規格を満たし、一貫性、信頼性及び世界的に認められていることを保証する。

さらに、ISO/IEC 17011 規格は、適合性評価機関を評価及び認定する認定機関の能力と公平性に関する要件を規定している。苦情及び不服申立ての処理を含む認定の全体的な手続を対象としている。

EC 規則 765/2008 60 は、各 EU 加盟国が、非営利の方法で運営され、財政的に安定しており、その責任を効果的に遂行できる単一の国内認定機関を任命しなければならないことを義務付けている。その目的は、EU 域内で販売される製品が適用される規格を満たし、EU 全域で自由に取引できるよう確保することである。

したがって、各 EU 加盟国は、EU 規格に準拠した国内認定機関を運営している。NAB は、規格の遵守を評価する能力を確保するために、適合性評価機関を評価し、

認定する。EU の主要な認定機関には、ドイツの Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS)、フランスの COFRAC、スペインの ENAC 及びイタリアの ACCREDIA がある。

7.1.1. EU における認証機関

EA を通じた適合性評価のための認定手続は、欧州全体での認定活動の相互承認を保証する。EA は、適合性評価機関の認証スキームを提供している。EA スキームによる認証は、公認の欧州規格への準拠を意味する。

EU における適合性評価制度は、製品、プロセス及びサービスを該当規格に照らして評価することを含む。認定適合性評価機関は、このプロセスにおいて重要な役割を果たす。

ドイツの認定機関 (DAkkS) は、浮体式洋上風車に関連する試験及び認証に関わる適合性評価機関のための認定サービスを提供する。これらの機関が国際的に認められた能力及び公平性の規格を満たすことを保証する。

ドイツロイド船級協会 (Germanischer Lloyd (GL) Certification GmbH) は、洋上風力を含む再生可能エネルギープロジェクトに特化したドイツの著名な認証機関である。技術要件及び安全基準への適合を検証する浮体式洋上風車の認証サービスを提供している。

フランスでは、フランス認定委員会 (COFRAC) が適合性評価機関の認定を監督している。認定機関は、サービスの信頼性及び完全性を確保するために厳格な基準を遵守する。ENAC がスペインの認定機関であり、イタリアでは、ACCREDIA が認定機関である。

試験、検査及び認証サービスの世界的リーダーであるビューローベリタス等の第三者認証機関は、フランスの浮体式洋上風力プロジェクトの認証を提供している。それらは、技術仕様、安全基準及び環境規制への適合性を評価する。ビューローベリタスは、スペイン及びイタリアにも進出している。欧州で活動している他の公認の第三者機関は、DNV、ロイズ及び TUV である。

イタリアでは、イタリアに本社を置く試験、検査及び認証サービスのグローバルプロバイダーである RINA が浮体式洋上風力プロジェクトの認証を提供している。RINA は最近、浮体式洋上風車設備の認証に関する新しいガイドを発行し、この分野における最新の技術進歩を強調し、洋上風力発電の持続可能な発展を支援している。

DNV 及びビューローベリタスが提供する認証基準及びガイドラインは、国際的に認められ、さまざまな国で適用されている。DNV(GL)-ST-0119 及び DNV(GL)-SE-0422 規格は、浮体式風車構造の設計及び認証のための枠組みを提供し、風力発電所全体、個々のタービン及びその構成部品に適用される。

DNV は、浮体式風車構造の規格を更新することで、コスト削減及び最適化を可能にしている。最近の更新における主な変更点には、浮体安定性に関する完全に改訂された項目が含まれており、業界は十分なレベルの

⁶⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008R0765>



安全性を維持しながら浮体式風車構造をさらに最適化することができる。

ビューローベリタスの NI572 規格は、浮体式風力プロジェクトの構造的完全性及び運用効率を確保することを目的として、洋上風車の浮体式プラットフォームの船級検査及び認証に取り組んでいる。⁶¹

DNV 及びビューローベリタスが提供する認証基準及びガイドラインは、国際的に認められ、さまざまな国で適用されている。これらの独立機関の国際的な認知は、世界的な技術交流を容易にし、浮体式風力エネルギーセクターにおけるベストプラクティスの採用を促進する。

7.1.2. 適合性評価のための認証プラクティス

EU 加盟国における適合性評価は、規制要件及び業界規格への適合性を検証するために、プロジェクトのライフサイクルのさまざまな段階における浮体式洋上風車の徹底的な検査及び評価を要する。その評価には、設計検証、製造プロセス、設置手順並びに継続的な運用及び保守の実施が含まれる。

EU 域内の洋上風力エネルギープロジェクトの場合、認証機関は、セクター特有の要求及び規制要件を満たすように適合性評価を特別に調整している。EU の認証機関によって開発された適合性評価の四つの主要分野は以下のとおりである。

- **キャリブレーション (較正)** : これには、風速センサーから電気出力ゲージまで、プロジェクト全体で使用されるすべての測定機器が、認められた規格に対して正確に較正されていることを確保することが含まれる。
- **試験** : さまざまな稼働条件及び環境条件下で、ブレードからナセルまでのタービン構成部品の構造的完全性及び機能性能を検証するための一連の試験が含まれる。
- **機器の認証** : 機器の認証は、特にタービン、変電所及び支持構造物にとって最も重要である。
- **プロジェクト認証** : 設計及び製造から設置及び稼働まで、プロジェクトのライフサイクル全体を包括的に評価することが含まれる。

7.1.3. 国際的承認

適合性評価機関の国際的な承認は、洋上風力エネルギープロジェクトを含む再生可能エネルギーセクターにおける世界的な貿易及び協力を促進する。この承認を達成するための重要なメカニズムの一つは、**相互承認協定 (MRA)** を通じたものである。

国家間又は地域間の MRA は、ある国の機関が実施した適合性評価の結果 (試験、認証及び検査等) を、他の国の規制当局が承認することを可能にする。この相互承認は、製品及びサービスを新しい市場に投入するプロセスを合理化し、現地の規格及び規制への適合を確実にするのに役立つ。

一般的に、適合性評価機関の国際的な承認によって促進され得る最も重要な要素は、1) 貿易、2) 標準化及び調和、3) 協力の強化並びに 4) 経済効率である。

EU 及び日本間の MRA の現状については⁶²、さまざまなセクターを取り扱っており、洋上風力プロジェクトで使用される構成部品に間接的に関連し得る電気製品及び電子機器等、洋上風力エネルギーに関連する側面も含まれる可能性がある。

日・EU の MRA は、通信機器、電気製品及び医薬品の適正製造基準 (GMP) を対象としている。洋上風力プロジェクトに特化したものではないが、同 MRA が設定した原則及び枠組みは、かかるプロジェクトの一部である構成部品の適合性評価の受け入れを促進することができる。

日・EU の MRA の対象となる洋上風力プロジェクトに使用される構成部品については、製造業者は認証期間の短縮と両地域での市場アクセスの容易化から恩恵を受けることができる。これは特に、風車及び監視システムに使用される高度な電子及び電気部品に関連する可能性がある。

EU 及び日本間の MRA は、さらに、継続的な規制協力及び対話を奨励しており、特に再生可能エネルギー分野に関連する新しい技術及び規格が出現した場合に、協定の適用及び更新に役立っている。

⁶¹BV.NI572 は、主に IEC、ISO、EN、IMO、API、AISC、AWS、ASTM 及び NORSOK を含む他の BV 規格を指す。

⁶²日・EU 相互承認協定 (MRA) : 理事会 2001/7747/EC、最終更新 2018 年 7 月 17 日



8. 認定及び適合手続に関する日・EU のベンチマーク

8.1. 日欧のプラクティスの比較

以下の表は、EU と日本の比較を容易にするために、第 6 章及び第 7 章で取り上げた主要な記述を各指標（左側の縦の列）ごとに要約したものであり、相違点を赤色で、類似点を青色で示している。

日本及び EU の状況を比較したより広範な分析は、要約表の後に記載されている。

表 11 浮体式洋上風力発電認定手続、認証制度及び適合性評価の比較

指標	EU	日本
認証制度及び認定	<ul style="list-style-type: none"> EA-1/17 及び IECRE 認証制度に準拠した適合性評価 (7.1 参照) IECRE システムは、認証された製品が国際規格を満たし、一貫性と信頼性があり、世界的に認められていることを保証する。(IAF 及び MLA) (7.1 参照) EC 規則 765/2008 は、各 EU 加盟国に対し、EU 規格に準拠した国内認定機関 (NAB) を運営することを義務付けている。(7.1 参照) NAB は、浮体式洋上風力発電認証に關する適合性評価機関の能力を保証する。(7.1 参照) 認証機関は、関連する ISO/IEC 規格である ISO/IEC 17011 及び ISO/IEC 17065 への適合性を確保するために、厳格な評価を受ける。(7.1 参照) 	<ul style="list-style-type: none"> 電気事業法、港湾法及び船舶安全法に基づく技術的審査が必要 (3.1.1、3.1.2 及び 3.1.3 参照) 第三者認証機関は、日本適合性認定協会 (JAB) によって認定される。(6.1 参照) 電気事業法に基づくサイト適合性評価は、経済産業省の登録を受けた登録適合性確認機関が実施する。(6.2 参照) 港湾法に基づく係留施設の評価は、国土交通省の登録を受けた登録確認機関が実施する。(6.3 参照) 船舶安全法に基づく船級検査は、国土交通省の登録を受けた登録船級協会が実施する。(6.4 参照)
認証機関及び国際的承認	<ul style="list-style-type: none"> 第三者独立機関 (GL、BV、DNV) は、プロジェクトがすべての要求される規格及び規制を満たしていることを示す適合性証明書を発行する。(7.1.1 参照) 国家間又は地域間の MRA は、ある国の機関が実施した適合性評価の結果を、他の国の規制当局が承認することを可能にする。(7.1.3 参照) 日・EU の MRA の対象となる特定の分野では、製造業者は、認証期間の短縮及び市場へのアクセスの容易化の恩恵を受けることができる。(7.1.3 参照) 	<ul style="list-style-type: none"> 日本海事協会 (Class NK) は、第三者認証機関、登録適合性確認機関、登録船級協会及び IACS のメンバーである。(6.1、6.2 及び 6.4 参照) 日本海事協会 (Class NK) は、日本で実績があるが、IECRE に登録されていない。(3.2.2 参照)
適合性評価の認定手続	<ul style="list-style-type: none"> 適合性評価のための ISO/IEC 17011 認定 (7.1 参照) 浮体式洋上風力発電風車の適合性評価は、NAB によって認定された第三者機関 (CAB) によって実施される。(8.1 参照) これらの機関による認定は、一連の適合性評価における最後の監理レベルであり、政府によって認められた効力を提供するため、極めて重要である。(8.1 参照) 	<ul style="list-style-type: none"> 電気事業法、港湾法及び船舶安全法に基づく技術的審査が必要 (3.1.1、3.1.2 及び 3.1.3 参照) 認証に関しては、日本は IECRE を参照しているが、廃止された IEC61400-22:2010 に対応する JIS C 1400-22:2014 も引き続き有効である。(3.2.2 及び 6.1 参照)

認証制度及び認定

EU 加盟国では、浮体式洋上風力発電の認定手続は、EA-1/17 及び欧州認定機関協力機構 (EA) の枠組みに基づく規則に沿っている。これは、認証製品が定期的な監視監査を受けることを保証する ISO/IEC 規格に認定された認証機関である IECRE システムに基づいており、一つの国で付与され、他の国では相互承認を通じて承認される。

EC 規則 765/2008 は、各加盟国に対し、EU 規格に準拠し、非営利の方法で運営され、認証における適合性評価機関の能力を保証する単一の認定機関である NAB を

任命することを義務付けている。IECRE システムは、認証手続 (すなわちプロジェクト認証又はプロジェクト船級検査に到達するためのガイドライン) が、認定規格及び認定プロセス、継続的な査察及び相互承認を含む適合性評価のためのグローバル基準に適合することを保証する。このプロセスは、定評のある IECRE OD502 及び/又は船級規則で十分に説明されている。

IEC は、浮体式風車全体を対象とする IEC 61400 シリーズを策定し、業界で広く使用されている。オンサイト評価には、ISO/IEC 17011 規格への適合性を評価するた



めの評価手順、スタッフの能力及び品質管理システムの包括的な審査が含まれる。

それにもかかわらず、浮体式基礎と係留に適用される規格は、十分に成熟していない。浮体式洋上風力発電は開発中の分野であり、その技術は、まだ完全に確立されておらず、国際標準化を加速する必要がある。認められた船級協会及び認証協会は、この点に関して、規制要件及び業界からの継続的なフィードバックを規則に統合するため迅速に対応している。

日本では、IECRE は適用されておらず、廃止された IEC61400-22:2010 に基づく JIS C 規格が依然として使用されている。さらに、法律で定められた技術基準の適合性を評価することが求められている。

日本では、認定及び認証において、電気事業法、港湾法及び船舶安全法に基づく技術審査が必要である。電気事業法に基づくサイト適合性評価は、経済産業省の登録を受けた適合性確認機関が実施する。港湾法に基づく係留施設の評価は、国土交通省の登録を受けた確認機関が実施する。

日本では、日本適合性認定協会 (JAB) の認定を受けた第三者認証機関が認証制度に積極的に関与している。JAB は、風力発電システムの認証のための製品認証機関に適用されるガイドラインとして「「認定の基準」」についての分野別指針-風力発電システム：ウィンドファーム、プロジェクト」を策定したが、IECRE の代わりに時代遅れの JIS C1400-22 が参照されている。

IECRE 認証制度の適用は、日本における浮体式洋上風力発電の認定及び認証手続の改善に役立つ可能性があり、それゆえ推奨される。これは、JAB が認定する第三者認証機関が IECRE にも登録されることで、国際的な相互承認が加速されるためである。

認証機関及び国際的承認

ほとんどの沿岸国である EU 加盟国には、洋上風力を含む再生可能エネルギープロジェクトに特化した認証機関があり、技術要件及び安全基準への適合性を検証する認証サービスを提供している。これらは、キャリアレーション、試験、設備の認証及びプロジェクト認証を含む適合性評価の主要分野を対象としている。

第三者認証機関は、浮体式洋上風力プロジェクトの認証を提供している。それらは、技術仕様、安全基準及び環境規制への適合性を評価する。洋上風力プロジェクトで実績のあるこれらの独立認定機関は、客観性及び最高水準の評価を保証する。

日本では、第三者独立機関である日本海事協会が浮体式洋上風力発電の技術基準適合性評価を行っている。JAB の認定を受け、相互承認制度の下にある。船舶安全法に基づく船級検査は、国土交通省の登録を受けた船級協会 (認定団体) でもある日本海事協会が実施している。しかし、IECRE 認証機関としては登録されていない。

欧州及び日本双方の経験は、他国との二国間又は多国間の相互承認協定が、国際パートナーからの適合性表明の受け入れを可能にし、冗長性を減らし、グローバルな協力関係を促進することを示している。

浮体式洋上風力発電プロジェクトで使用される電気通信端末及び無線機器又は電気製品等のコンポーネントの中には、既存の日・EU 相互承認協定 (MRA) の対

象となる分類に該当するものがあり、認証プロセスの合理化に関連する可能性がある。

日本海事協会を IECRE 認証機関として登録することが望ましい。JAB が認定する第三者認証機関を IECRE に登録することは、国際的な相互承認を加速する。それにより、これらの第三者認証機関は、世界的に認められた認証機関となる。

国際的な承認については、相互承認は世界共通であるべきであるが、他に先駆けて EU との MRA は、特に材料及び施工法に関する浮体式洋上風力発電開発に特別な利益がもたらされる。

適合性評価の認定手続

EU では、認定プロセスは、技術基準及び標準化当局から独立した機関によって管理されている。これは、適合性評価を実施する責任を有する機関に公平性及び信頼性を与える。国内認定機関 (NAB) は、規格の遵守を評価する能力を確保するために、適合性評価機関 (CAB) を評価し、認定する。NAB による認定は、一連の適合性評価手続における最後の管理レベルであるため、極めて重要である。

認定は、適合性評価を実施する機関が有能で信頼できることを保証することを目的とする。適合性評価は、EA-1/17 及び IECRE 認証制度に準拠する。

日本では、JAB に認定された CAB が技術基準適合性評価に関与している。同時に、政府の登録を受けた機関が技術基準への適合性を検証し、CAB が政府の登録を受けた機関として評価を行う枠組みがある。

日本は、IECRE を参照しているが、現在、廃止された IEC61400-22:2010 に対応し、引き続き有効である JIS C 1400-22:2014 を認証に適用している。世界共通の制度であるべきであり、JIS C 1400-22:2014 は廃止されるべきである。

洋上風力プロジェクトで実績のある独立した認定機関が適合性評価を実施する場合、これが客観性及び高い評価基準を確保するのに役立つことは、欧州及び日本の双方の経験からも明らかである。

8.2. 日本に関連する可能性があると特定されたベストプラクティス

8.2.1. 品質認定

- ✓ **独立機関**：認定が、技術規制又は標準化に関与しない独立機関によって実施されることを保証する。この独立性は、客観性及び信頼性を維持するために不可欠である。
- ✓ **オンサイト評価**：ISO/IEC 17011 規格への組織の適合性を評価するために、厳密なオンサイト評価を実施する。これらの評価には、評価手順、スタッフの能力及び品質管理システムの包括的な審査が含まれる。
- ✓ **国際的相互評価**：国際的相互評価に定期的に参加することでグローバル・スタンダードに照らして業務をベンチマークし、他の地域のベストプラクティスを取り入れる。これは、認定プロセスにおける高いレベルの信頼及び信頼性を維持するのに役立つ。
- ✓ **継続的改善**：認定機関及び認定機関が認定する組織において、継続的改善の文化を醸成する。定期



的なトレーニング、手順の更新及び新しい技術の採用は、業界の進歩に対応するために不可欠である。

- ✓ **透明性及び文書化**：透明性があり、十分に文書化された認定プロセスを維持する。適合性及び説明責任を実証するために、評価手順、調査結果及び決定の明確な記録を容易に利用できるようにする必要がある。

8.2.2. 独立評価及び相互承認

- ✓ **独立認定機関**：洋上風力プロジェクトにおいて実績のある独立認定協会が適合性評価を実施することを確保する。これにより、客観性及び最高水準の評価が保証される。

- ✓ **相互承認協定**：IECRE 認定認証機関を有する他の国と二国間又は多国間の相互承認協定を締結する。これにより、国際パートナーからの適合性の表明の受け入れを可能にし、重複を減らし、グローバルな協力が促進される。
- ✓ **能力開発及びトレーニング**：現地の認証機関が国際規格を満たすように能力開発とトレーニングに投資する。これには、ベストプラクティス及び技術の進歩に関する最新情報を入手するための、EU 側との継続的な専門能力開発及び交換プログラムが含まれる。



9. 結論及び提言

浮体式洋上風力発電は、再生可能エネルギーによる発電分野において現在最も有望な選択肢の一つであるため、各国で建設計画が策定されている発展途上の分野である。

沖合にあるほど風速が強く、頻度も高いため、浮体式風車は、岸に近い場所に設置された風車よりも高い稼働率を達成することができ、より多くのエネルギーを生産することができる。

欧州は現在、208MW の運転容量で世界の浮体式風力エネルギー市場をリードしており、GWEC によると、今後 10 年間の浮体式洋上風力発電増加に大きく貢献すると予想されている。

しかし、この技術は完全には確立されていないため、国際標準化の取り組みを加速させる必要がある。

EU においても、国際的にも、浮体式洋上風力発電の標準化は、日本が確固たる関与をすることで積極的に推進されるべきであり、それによって、すべての利害関係者に利益をもたらすことになる。浮体式風車に特化した唯一普遍的に受け入れられている一連の規格は存在しない。EU 諸国は、一般的に、EN、ISO 及び IECRE 規格に統合されている IEC 規格を採用している。IEC 61400-3-1、IEC 61400-3-2 及び IECRE OD 501-OD502 は、浮体式洋上風力発電風車構造の主要な国際規格及び認証スキームである。

日本の IEC への対応は EU とほぼ同じである。技術基準については、政府が詳細な説明やガイドラインを示しており、その中では規格も参照されており、これに従うことが義務付けられている。

規格は、専門家グループの議論に基づいて制定されている。NSB の活動も同様であるが、日本語への翻訳及び JIS 規格への組み込みには時間がかかる。

日本にとって、欧州の標準化及び規制機関の経験は、業界技術の専門知識及びベストプラクティスとともに、日本独自の規制枠組み及び業界標準を推進するための貴重な洞察と潜在的な道筋を提供する可能性がある。現在、設備又は特定の部品の一般的な側面を評価するために、浮体式洋上風力発電風車に適用可能な多くの基準、規格及び技術提言がある。

本研究を通じて、主要な適用分野に関して最も関連性の高いものをいくつか議論し、最終的に付属書 I の長い詳細なリストに示しているが、まだ示唆的なものであり、完全に網羅されていない。主な IEC 風力発電規格の詳細な一覧も付属書 II にまとめている。

風速及び水深の両方のデータが入手可能な海域について計算された日本の洋上風力発電ポテンシャルを付属書 III に示している。

本研究は、上記の記述に従って作成されたものであり、最も関連性の高い提言は以下の通りである。

1. 外部サイト条件は、IEC 61400-3-1、IEC 61400-3-1 及び 61400-3-2 に示される追加要件に従って評価されるべきである。

サイト調査の具体的な基準やガイドラインは、国によって異なる。EU のベストプラクティスには、測量技術、地球物理学及び地盤工学の統合、高度な数値モデリングが含まれる。

マルチビーム音響測深機、サイドスキャンソナー、海底コアリングシステム等の先端技術は、地球物理学及び地球工学のデータと数値モデリングを統合し、浮体式洋上風車の設置のための海底と気象海象の特性評価を容易にする。

浮体式洋上風力発電風車によるレーダー干渉は、サイト調査のために評価されるべきである。緩和技術には、レーダー吸収材 (RAM) やレーダーブランキング及びフィルタリングを含むいくつかの技術が含まれる。

2. 浮体式洋上風力発電の荷重解析には、有効な空力、水力、サーボ、弾性ソフトウェア及び時間領域連成解析を組み込むべきである。

浮体の設計に使用される空力、水力、サーボ、弾性ソフトウェアは、縮尺模型水槽試験、その他の数値ソフトウェア及び/又は類似の特性を持つ浮体式洋上風力発電風車の利用可能な測定値によって検証されるべきである。

タービンの稼働段階における時間領域における浮体及びタービンの連成解析を実施すべきである。故障状態中の風荷重及び波荷重によって生じる応力範囲は、疲労荷重解析のための時間領域法によって確立すべきである。

3. 浮体式洋上風力発電プラットフォームの基盤システムはさらなる開発及び標準化が必要である。

浮体式風車の構成要素の大半は、着床式風車と同じであるが、浮体を固定するために事前に設置された係留システム及びアンカリングシステム等、基礎の構成要素は異なる。浮体式設備の基礎システムはさらなる成熟が必要であり、また、設計標準化はまだ不十分であり、安全で手頃な設計の開発を困難にしている。コストを削減するだけでなく、破損のリスクを減らすためにも、最も最適化が必要な要素である。

設計規格については IEC TS 61400-3-2、洋上係留については ISO 19901-7、疲労解析については DNV、API 及び ABS 規格で検討されている浮体式構造物及び係留アンカリングシステムの 4 つの基本プロトタイプを考慮することができる。

係留及びアンカリングのベストプラクティスには、リアルタイム監視システム、係留ライン、係留ソリューション及び天候適応が含まれる。日本と EU 双方において、新素材の合成繊維ロープが適用されており、日本では係留ライン用チェーンの 1.5 倍の安全率が規定されている。各材料に対応した安全率を設定することが望ましい。

4. 材料規格は、鋼とコンクリートを重視して、浮体式洋上風力発電の設置に不可欠であると考えられるべきである。

鉄鋼規格は、ユーロコード及び EU 機械指令に基づいて、主に EN 10025 にまとめられており、EN、ISO 及び DNV 規格は、コンクリート洋上構造物に関するガイドラインを提供している。

洋上環境に適した高品質の鋼材を選択することが、鍵となる。これには、長期的な耐久性と性能を確保するための耐食性鋼が含まれる。鋼材の定期的な保守点検もまた不可欠である。



欧州における経験から浮体式洋上用途の特定の要件に合わせた高性能コンクリートミックスの利用が推奨される。これらの混合物には、耐久性、海水耐食性及び機械的特性を高めるために、添加剤及び強化剤が含まれることが多い。

合成繊維ロープは、軽量かつ高強度であるため、その使用が増加しており、特に深海での用途に適している。

日本では、発電設備に関連する材料については、船舶構造規則を考慮し、コンクリート製浮体式洋上風力発電浮体式洋上風力発電施設的设计施工ガイドラインに記載されている材料を用いる必要がある。

国の IECRE 認証機関又は第三者認証機関が認証した材料について、他の認証機関に情報を提供することが望ましい。これにより、相互承認制度を通じて、他の国への適用が促進される。

5. 地震活動が活発な地域では、浮体式洋上風力発電支持構造物設計に対する地震条件の影響も特定のプロジェクト毎に考慮されなければならない。

その影響は、アンカーに係る地盤の動きの関数、又は関連する突発的な波浪荷重（津波等）である場合がある。それらは、各国で過去に発生した最大レベルで考える必要がある。

地震現象はまた、海底の液状化につながる可能性があり、その場合は、液状化の完全な評価をしなければならない。IEC 61400-1 に基づいて、475 年の再現期間を有する地震現象は、評価されるべきである。

日本の環境及び地震の状況を鑑み、浮体式洋上風力発電の規制枠組みが適応性及び弾力性を持つことが望ましい。

欧州や北米の規格団体によって実証されているように、海洋や航行セクターの技術基準を考慮することは、洋上風力発電設備の安全性及び信頼性を確保しつつ、これらの課題に効果的に対処するのに役立つ。

6. 浮体式洋上風力発電エネルギープロジェクトにおける適合性評価のための品質認定は、これらの革新的エネルギーシステムの信頼性、安全性及び性能を確保するために適用されるべきである。

EU 規則 765/2008 は、EU における認定の要件を定めており、ISO/IEC 17011 は、確立された規格への適合性を評価する組織を審査及び認定するための構造化された枠組みを提供している。

認定プロセスは、技術規制及び標準化当局から独立した機関によって管理されている。オンサイト評価、国際的相互評価及び相互承認協定も、認定業務における高い基準を維持するための重要な要素である。

7. 浮体式システムの複雑さ、サイト特性及び進化する技術に対処する必要がある。

浮体式風車は、タービン構造、係留システム及び浮体式プラットフォーム間の複雑な相互作用を伴う。浮体式洋上風力発電所は、場所によって独特の環境条件に直面し、日本の場合はより顕著である。

認定、認証及び適合性 (ACC) の評価手順は、すべての構成要素が徹底的に評価され、プロジェクトが特定のサイトに適していることを保証するために、これらの複雑さ及び差異に対処する必要がある。

ACC の手順はまた、浮体式システムの設計、材料、施工及び設置並びに O&M (運用及び管理) 方法の急速な進歩に対応するために適応可能である必要がある。

8. 第三者認証機関の関与により、認証機関の世界的な広がり及び信頼性が強まる。

これらの独立機関は、世界の利害関係者と緊密に協力して開発された研究能力、業界知識及びベストプラクティスを提供する。それらの貢献により、規格が技術の進歩と業界のイノベーションの最前線に位置し続けることが保証される。

日本は、浮体式洋上風力発電施設の品質と安全性を確保するために、第三者認証機関の専門知識を活用し、その独立した研究能力、業界知識及びベストプラクティスを利用することができる。DNV、TÜV、BV、LR、ABS 等の世界的な認証機関との協力は、日本の規制枠組みの信頼性を高め、投資家及びステークホルダーの信頼を高めることができる。

9. EU 及び日本は、浮体式洋上風力発電プロジェクトを成功させるために、以下の研究開発分野を優先させるべきである。

標準化及び規制: プロジェクト開発の合理化及び安全確保のための明確な枠組みを確立する。

パフォーマンスの向上: 基礎的技術的成熟、高度な係留システム、改良された浮体式プラットフォームの安定性及びより深い海域での風力資源の特性評価

系統連系: 風力発電の変動性に対応し、効率的な送電を確保するための高度な系統連系ソリューションの開発

経費削減: 経済的なタービン及びプラットフォームの設計、適切な荷役及び組み立てのインフラを備えた近くの港の利用可能性並びに浮体式洋上風力発電プロジェクトの重要な構成要素のための強固な国内サプライチェーンの確立

環境への配慮: 使用済みプロセスに関する環境影響アセスメント及び廃止戦略

10. 標準化及び規制、業界技術並びにベストプラクティスに関する EU 及び加盟国の経験は、日本における浮体式洋上風力発電の更なる進展のための貴重な洞察を提供することができる。

日本では、適切な浮体式洋上風力発電開発には、特定の立法及び規制活動、技術及び産業能力並びに潜在的な開発地域の利用可能性が必要である。

日本の IEC、IECRE 及び ISO への参加は十分に確立されているが、IECRE 認証制度を適用して統合すべきである。浮体式洋上風力発電開発の可能性が高い特定の地区が特定され (EEZ)、能力及びサプライチェーンの両方の観点から野心的な国家目標が設定されている。

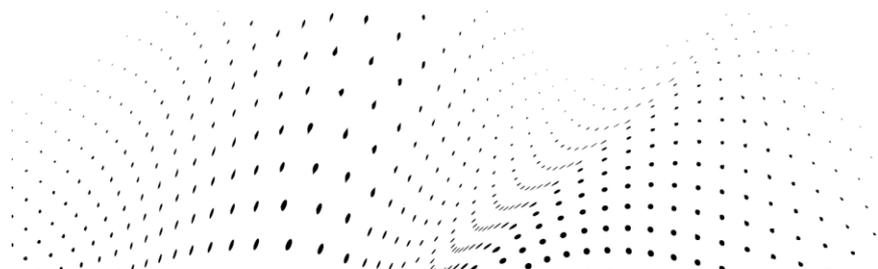
日本における浮体式洋上風力発電の発展にとって好ましいこの状況の中で、標準化及び規制の手続、確固とした技術評価、産業技術の専門知識並びにベストプラクティスに関する欧州の活動に関連した広範な経験は、この発展を強化する上で大きな価値がある。これは、今後の EU と日本の本分野における緊密な協力を正当化するものである。



付属書 I : EU の浮体式洋上風力発電関連規格及びコード

浮体式洋上風車に適用可能な関連規格及びガイドライン(*)

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">設計及び一般要件</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ISO 19901-2 : 耐震設計の手順及び基準 - ISO 19901-7 : 浮体式洋上構造物及び移動式海洋ユニットのステーションキーピングシステム - ISO 19904-1 : 浮体式洋上構造物 : 船型、セミサブ型、スパー型、浅喫水円筒型構造物 - IEC 61400-1 : 風車の設計要件 - IEC 61400-3-1 : 着床式洋上風車の設計要件 - IEC TS 61400-3-2 : 浮体式洋上風車の設計要件 (標準仕様書) - IEC 61400-4 : 風車のギアボックスの設計要件 - IEC 61400-5 : 風車ブレード - IEC 61400-6 : タワー及び基礎の設計要件 - IEC 61400-11-2 : 騒音測定方法 - IEC 61400-12-1 : 発電用風車の電力性能試験方法 - IEC 61400-13 : 風車の機械的負荷の計測 - IEC 61400-14 : 音響パワーレベル及び純音声評価値の表示 - IEC 61400-21-2 : 電気的特性の測定及び評価 - IEC 61400-22 : 適合性試験及び認証 (取り下げ) - IEC 61400-23 : ロータブレードの原寸構造試験 - IEC 61400-24 : 雷保護 - IEC 61400-25-(1-6) 通信 - IEC 61400-26-1 : 風力発電システムの可用性 - IEC 61400-25-(1-2) : 電気系統解析用モデル - IEC 61400-50 : 風況観測 - IEC 61400-50-1 : 気象マスト、ナセル及びスピナー搭載計器の風況観測適用 - IEC 61400-50-2 : 風況観測一地上設置型リモートセンシング技術の応用 	<ul style="list-style-type: none"> - IEC TS 61400-5 イダーの利用 - IEC TS 60183 : 選択に関するカ - IEC 60502 : 試 - ケーブル - IEC 60840 : 試 - ープル - IEC 62067 : 試 - カケーブル - IEC 63026 : 試 - ブル - CEN/TS 1708 - 力発電 T の導 - DNV(GL)-ST-0 - 風力発電 T の計 - DNV(GL)-RU-C - 設置用 - DNV(GL)-RU-C - IECRE OD-501 - IECRE OD-502 - IECRE OD-502- - サイト評価の計 - API RP 2F 及び - 画、設計及び施 - API RP 2RD : - する勧告 - CIGRE TB 490 - ル試験用 - LR : 洋上風力 - のガイダンス - LR : 浮体式洋 - プラクティス - LR : 材料の製 - BV NI572 : 浮 - 証は、主に - AISC、AWS、 - BV 規格を指す - 浮体式洋上風 - ABS ガイド (2
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">コンクリート構造</p>	<ul style="list-style-type: none"> - EN 1992 : コンクリート構造要件 - EN 1992-1 : コンクリート構造の設計 - DNV(GL)-ST-C502 : 洋上コンクリート構造 - DNV(GL)-ST-0119 : 洋上風車のためのコンクリート製浮体施設の設計 - EN 206-1 : コンクリートの仕様要件 	
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">鉄鋼構造</p>	<ul style="list-style-type: none"> - EN 10025 : 構造用鋼の熱延製品 - EN 1993-1 : 鋼構造物の設計 - EN 1993-1-10 : 鋼構造物の設計材料特性及び板厚特性 - EN 13173 : 鉄鋼洋上浮体構造物のカソード保護 - BS EN 1090 : 浮体式洋上風力発電 T に関連する鉄鋼構造及びアルミ材 - DNV-OS-B101 : 金属材料 	





浮体式洋上風車に適用可能な関連規格及びガイドライン(*)

係留及び基礎	<ul style="list-style-type: none"> - DNV(GL)-ST-0054 : 洋上風車の輸送及び設置 - DNV(GL)-ST-0126 : 風車の支持構造物 - DNV(GL)-ST-0437 : 風車の荷重及びサイト条件 - DNV(GL)-RP-C203 : 洋上鉄鋼構造物の疲労設計についての推奨プラクティス - DNV-OS-C101 : 洋上鉄鋼構造物の設計 (LRFD method) - DNV-RP-C202 : めっき構造物の座屈強度 - DNV-OS-E301 : フルークアンカーの設計と設置 - API RP 2T : テンションレグ・プラットフォームの計画、設計及び施工 - 位置係留システムに係る ABS PMS ガイド - 洋上係留に係る繊維ロープの適用に係る ABS 繊維注記 - 洋上係留チェーンの認証に係る ABS チェーンガイド
腐食防止	<ul style="list-style-type: none"> - NACE SP0108 : 保護コーティングによる洋上構造物の腐食防止 - NACE SP0176 : 水中洋上構造物の腐食防止 - NACE SP0387 : 洋上用鑄造ガルバニックアノード - DIN 50929-3 : 腐食金属材料埋設、水中パイプライン、構造部品
電力ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> - IEC TS 60183 : 高電圧 AC ケーブルシステムの選択に関するガイドライン - IEC 60502 : 電力ケーブルの試験方法及び要件 (1-30 kV) - IEC 60840 : 電力ケーブルの試験方法及び要件 (30-150 kV) - IEC 62067 : 電力ケーブルの試験方法及び要件 (150-500 kV) - IEC 63026 : 海底ケーブルの試験方法及び要件 (6-60 kV)
その他の ISO 規格 (石油及び天然ガス産業)	<ul style="list-style-type: none"> - ISO 19900 : 洋上浮体に適用される一般要件 - ISO 19901 : 洋上浮体に適用される仕様要件 - ISO 19901-1 : 洋上構造物のための気象海象設計の仕様要件 - ISO 10901-3 : 洋上構造物のための仕様要件 ; 上甲板構造物 - ISO10902-4 : 洋上構造物のための仕様要件 ; 地質工学及び基礎設計 - ISO 10902-6 : 洋上構造物のための仕様要件 ; 海洋作業 - ISO 10902-7 : 洋上構造物のための仕様設計 ; 浮体式洋上構造物及びモンキーピングシステム - ISO 10902-8 : 洋上構造物のための仕様設計 ; 海底土調査 - ISO 19902 : 固定式鉄骨海洋構造物 - ISO 19903 : 固定式コンクリート海洋構造物 - ISO 19904 : 浮体式洋上構造物 ; 浮体式洋上プラットフォームの構造要件及び指針 - ISO 2394 : 構造物の信頼性に関する一般原則 ; 構造評価の原則 - ISO 12473 : 海水中のカソード保護に関する一般原則 - ISO 12696 : コンクリート中の鉄鋼のカソード保護 - ISO 12944 : 保護塗装システムによる鉄鋼構造物の防食

(*):- この関連規格のリストはあくまで参考であり、すべてを網羅しておらず、また完

- DNVGL が DNV に名称変更





日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

付属書 II : 風力発電システムの主要な国際及び国内規格

- IS : 国際規格
- TS : 標準仕様書
- TR : 技術報告書
- AMD : 修正
- CSV : 統合版
- COR : 正誤表

参照	IEC			JIS		
	版	発行年月日	名称	規格番号	発行年月日	名称
----	----	----	----	JIS C 1400-0:2023	2023-09-20	風力発電用語
IEC 61400-1:2005/AMD1:2010	3.0 版	取り下げ 2019-02-08	設計要件	JIS C 1400-1:2017	2017-01-20	設計要件
IEC 61400-1:2019	4.0 版	2019-02-08	設計要件			
IEC 61400-1:2019/COR1:2019	4.0 版	2019-09-16	正誤表 1 : 設計要件	JIS C 1400-1:20XX	予定 2024/10	設計要件
IEC 61400-1/AMD1 ED4	4.0 版	発行予定 2025/09	設計要件			
IEC 61400-2:2013	3.0 版	2013-12-12	小形風車	JIS C 1400-2:2020	2020-2-20	小形風車の設計要件
IEC 61400-2:2013/COR1:2019	3.0 版	2019-10-10	正誤表 1 小形風車			
IEC 61400-3:2009	1.0 版	取り下げ 2019-4-5	洋上風車の設計要件	JIS C 1400-3:2014	2014-8-20	洋上風車の設計要件
IEC 61400-3-1:2019	1.0 版	2019-04-05	着床式洋上風車の設計要件	JIS C 1400-3-1:20XX	予定 2025/03	着床式洋上風車の設計要件
IEC TS 61400-3-2:2019	1.0 版	2019-04-05	浮体式洋上風車の設計要件			
IEC 61400-3-2	1.0 版	発行予定 2024/11	浮体式洋上風車の設計要件	JIS C1400-3-2:20XX	予定 20XX	浮体式洋上風車の設計要件
IEC 61400-4:2012	1.0 版	2012-12-04	風車のギアボックスの設計要件			
IEC61400-4	2.0 版	発行予定 2024/11	風車のギアボックスの設計要件			
IEC 61400-5:2020	1.0 版	2020-06-16	風車ブレード			
IEC 61400-6:2020	1.0 版	2020-04-21	タワー及び基礎の設計要件	JIS C 1400-6:20XX	予定 2025/03	風車のタワー及び基礎の設計要件
IEC 61400-6:2020/COR1:2020	1.0 版	2020-11-24	正誤表 1 タワー及び基礎の設計要件			
IEC 61400-11:2012	3.0 版	2012-11-7	騒音測定方法	JIS C 1400-11:2017	2017-01-20	騒音測定方法
IEC 61400-11:2012/AMD1:2018/COR1:2019	3.0 版	2019-10-10	正誤表 1- 修正 1- 騒音測定方法			



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

IEC				JIS		
参照	版	発行年月日	名称	規格番号	発行年月日	名称
IEC 61400-12:2022	1.0 版	2022-09-05	発電用風車の電力性能試験方法—概要			
IEC 61400-12-1:2005	1.0 版	取り下げ 2017-03-03	発電用風車の電力性能試験方法	JIS C 1400-12-1:2010	2010-06-21	発電用風車の性能試験方法
IEC 61400-12-1:2022	3.0 版	2022-09-05	発電用風車の電力性能試験方法	JIS C 1400-12-1:20XX	予定 2025/03	発電用風車の性能試験方法
IEC 61400-12-2:2022	2.0 版	2022-09-05	ナセル風速計に基づく発電用風車の電力性能	JIS C 1400-12-1:20XX	予定 2026/03	ナセル風速計による発電用風車の性能計測方法
IEC 61400-12-3:2022	1.0 版	2022-08-29	電力性能—測定に基づくサイトキャリブレーション			
IEC TR 61400-12-4:2020	1.0 版	2020-09-22	風車の電力性能試験のための数値サイトキャリブレーション			
IEC 61400-12-5:2022	1.0 版	2022-08-30	電力性能—障害物及び地形の評価			
IEC 61400-12-6:2022	1.0 版	2022-08-30	測定に基づく発電用風車のナセル伝達関数			
IEC 61400-13:2015 +AMD1:2021 CSV	1.1 版	2021-12-03	機械的荷重の測定			
IEC TS 61400-14:2005	1.0 版	2005-03-22	見かけの音響パワーレベル及び純音声評価値の表示			
IEC 61400-21:2001	1.0 版	取り下げ 2008/8/13	系統連系風車の電力品質特性の測定及び評価	JIS C 1400-21:2005	2005-11-20	系統連系風車の電力品質特性の測定及び評価
IEC 61400-21-1:2019	1.0 版	2019-05-20	電気的特性の測定及び評価—風車			
IEC 61400-21-2:2023	1.0 版	2023-03-29	電気的特性の測定及び評価—風力発電所			
IEC TR 61400-21-3:2019	1.0 版	2019-09-13	電気的特性の測定及び評価—風車の高調波モデル及びその応用			
IEC 61400-22:2010	1.0 版	取り下げ 2018-08-31	適合性試験及び認証 IEC 61400-22:2010 の取り下げは、IECRE 適合性評価 (CA) システム及びそこに含まれる風力セクターの成果物の作成によって可能になった。	JIS C 1400-22:2014	2014-08-20	風車の適合性試験及び認証
IEC 61400-23:2014	1.0 版	2014-04-08	ロータブレードの原寸構造試験			
IEC 61400-24:2019	2.0 版	2019-07-03	雷保護	JIS C 1400-24:2023	2023-01-20	雷保護
IEC 61400-24	3.0 版	発行予定 2026/09	雷保護			



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

IEC				JIS		
参照	版	発行年月日	名称	規格番号	発行年月日	名称
IEC 61400-25-1:2017	2.0 版	2017-07-20	風力発電所の監視及び制御のための通信 —原則及びモデルの全体的な説明			
IEC 61400-25-2:2015	2.0 版	2015-06-30	風力発電所の監視及び制御のための通信 —情報モデル			
IEC 61400-25-3:2015	2.0 版	2015-06-30	風力発電所の監視及び制御のための通信 —情報交換モデル			
IEC 61400-25-4:2016	2.0 版	2016-11-30	風力発電所の監視及び制御のための通信 —通信プロファイルへのマッピング			
IEC 61400-25-5:2017	2.0 版	2017-09-20	風力発電所の監視及び制御のための通信 —適合性試験			
IEC 61400-25-6:2016	2.0 版	2016-12-16	風力発電所の監視及び制御のための通信 —状態監視のための論理ノードクラスとデータクラス			
IEC TS 61400-25-71:2019	1.0 版	2019-09-13	風力発電所の監視及び制御のための通信 —構成記述言語			
IEC 61400-26-1:2019	1.0 版	2019-05-29	風力発電システムの可用性			
IEC 61400-27-1:2020	2.0 版	2020-07-30	電気系統解析用モデル—汎用モデル			
IEC 61400-27-2:2020	1.0 版	2020-07-14	電気系統解析用モデル—モデルの検証			
IEC TS 61400-29:2023	1.0 版	2023-02-07	風車の標示及び照明			
IEC TS 61400-30:2023	1.0 版	2023-09-15	風力発電機の安全性—設計の一般原則			
IEC TS 61400-31:2023	1.0 版	2023-11-15	立地リスク評価			
IEC 61400-50:2022	1.0 版	2022-08-30	風況観測—概要			
IEC 61400-50-1:2022	1.0 版	2022-11-16	風況観測—気象マスト、ナセル及びスピナー搭載計器の応用			
IEC 61400-50-2:2022	1.0 版	2022-08-30	風況観測—地上設置型リモートセンシング技術の応用			
IEC 61400-50-3:2022	1.0 版	2022-01-07	風況観測のためのナセル搭載ライダーの使用			
IEC TS 61400-50-4	1.0 版	発行予定 2024/12	風況観測のための浮体式ライダーの利用			



日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
ファシリティー
EuropeAid/139636/DH/SER/JP

IEC				JIS		
参照	版	発行年月日	名称	規格番号	発行年月日	名称
IEC TS 61400-50-5	1.0 版	発行予定 2026/08	風況観測のための走査型ドップラーライダーの使用			

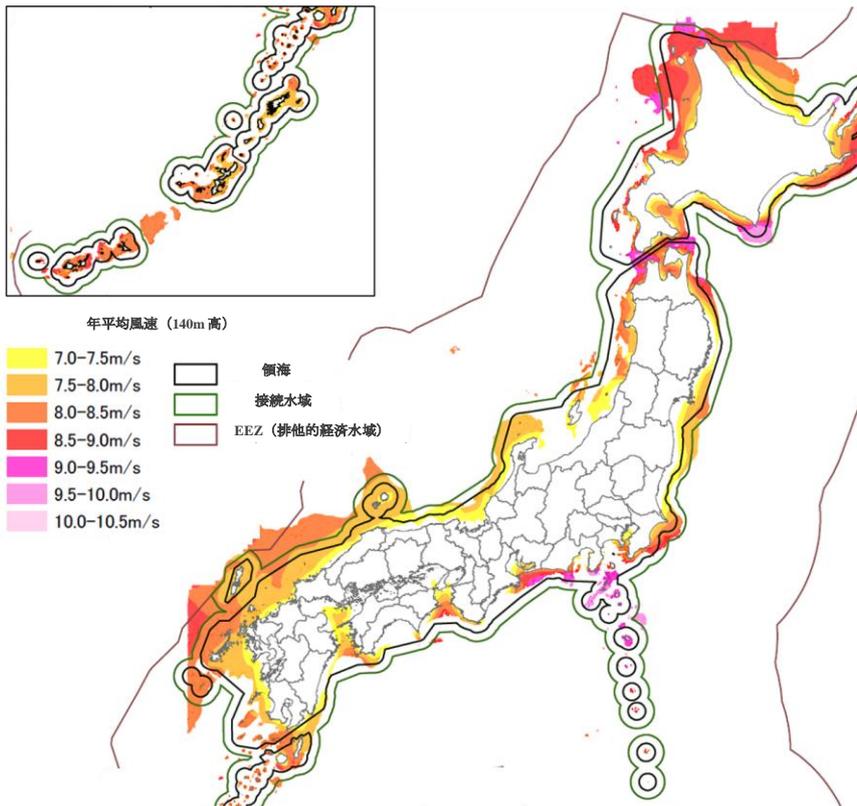


日・EU 戦略的パートナーシップ協定 (SPA) 実施のための支援
 ファシリティー
 EuropeAid/139636/DH/SER/JP

付属書 III : 日本の洋上風力発電ポテンシャル

本ポテンシャルは、風速及び水深の両方のデータが利用可能な海域についてのみ、風速と水深の条件から計算されている。

- ・ 排他的経済水域 (EEZ) 全体のポテンシャルではない。
- ・ 海底ケーブル敷設ルートが水深が 1,000m を超える海域など、実現が困難な海域は除く。



単位 : GW	着床式 水深 : 50m 未満			浮体式-1 水深 : 50m 以上 100m 未満			浮体式-2 水深 : 50m 以上 200m 未満			浮体式-3 水深 : 50m 以上 300m 未満		
	領海	領海 + 接続水域	領海 + EEZ	領海	領海 + 接続水域	領海 + EEZ	領海	領海 + 接続水域	領海 + EEZ	領海	領海 + 接続水域	領海 + EEZ
年平均風速 7.5m/s 以上	176	180	180	351	377	381	747	1,066	1,281	897	1,321	1,621
年平均風速 8.0m/s 以上	81	85	85	165	180	184	381	542	733	470	690	952
年平均風速 8.5m/s 以上	24	26	26	50	58	61	127	178	229	160	236	300

出典 : <https://www.renewable-ei.org/activities/reports/20231128.php>

表明された意見は著者のみのものであり、欧州委員会の公式見解を代表するものとみなすべきではない。



ルクセンブルク：欧州連合出版局、2024年

© European Union, 2024

出典を明記することを条件に、再利用を許可する。理事会の再利用方針は、理事会のオープンデータ方針及び理事会文書の再利用に関する2017年10月9日の理事会決定（EU）2017/1842に基づいて実施される。

(OJ L 262, 12.10.2017, p. 1, ELI: <http://data.europa.eu/eli/dec/2017/1842/oj>).

PDF ISBN 978-92-68-21267-7 DOI:10.2781/9666605 NG-01-24-008-EN-N