

洋上風力発電に関する国内外の取組等の動向



左図：北九州港にて筆者撮影

令和5年10月11日
(公財) 日本海事センター企画研究部
研究員 坂本尚繁

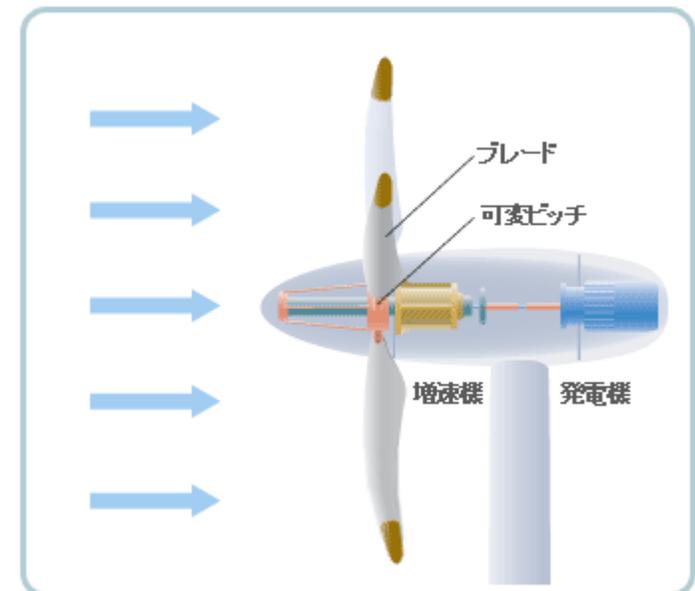
当センターのこれまでの洋上風力発電調査の概要

- 当センターでは2019年度より洋上風力発電に関わる海運業界の基盤強化を視野に、特に船舶の航行や活動の観点に注目して、法政策的課題ほか国内外の動向などを調査。
- 2020年5月に、英国海事分野の動向として、①航行安全確保の枠組み、②船舶の安全基準、③洋上風車設置船のDPオペレーターの育成、の3点に注目した調査報告書を公表。
→ 『英国海事分野における洋上風力に関する動向調査報告書』
(<https://www.jpmac.or.jp/file/522.pdf>)
- 2021年8月に、①台湾動向調査として、台湾の洋上風力関連法政策の整備状況・主要プロジェクトの概況、②航行安全調査として、航行安全確保に関する日英両国の取組み、の整理を行った調査報告書を公表。
→ 『令和2年度 洋上風力に関する動向調査』
(<https://www.jpmac.or.jp/file/1636074690411.pdf>)
- 2022年10月に、「洋上風力発電への海運業界の進出と将来展望」をテーマとした第4回JMC海事振興セミナーを開催。

風力発電の必要性

- 風力発電：風の力を利用して風車を回して電気に変換する発電方法で、風車で生産される発電量は風速の3乗かつローター径の2乗に比例。ただし必ずしも洋上風車の定格出力が大きければ良いわけではなく、設置地点の風況に合わせて最適の風車は変わりうる。
- 風力発電は太陽光発電と異なって昼夜を問わない発電が可能であり、また自然のエネルギーを活用することから、CO2などの温室効果ガス（GHG: greenhouse gas）を発生しないクリーンな再生可能エネルギーとされる。
- 発電用の風車を陸地ではなく洋上に設置するのが洋上風力発電。

風力発電の仕組み

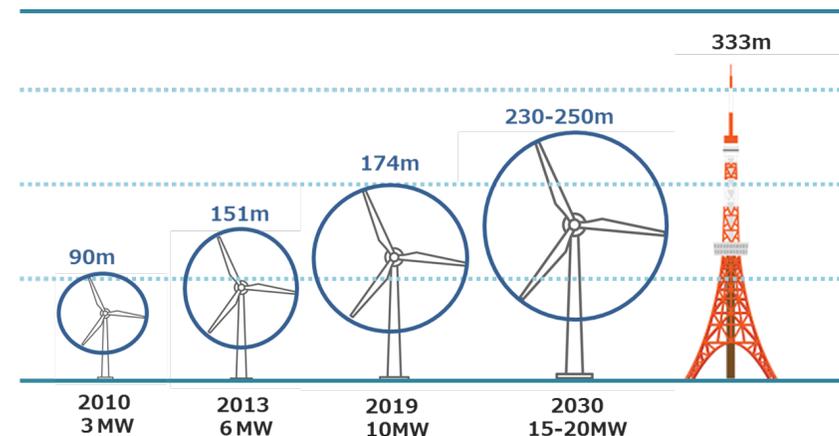


(出典)新エネルギー財団ホームページ

陸上から洋上への発展の背景

- 洋上での風車の設置は、陸上に比べ比較的安定して強い風が吹くため、**安定した電力供給が可能**（2022年の欧州の陸上風力の設備利用率24%に対し、洋上風力は36%）
- 洋上では輸送や設置に関する規制が少ないため、**風車の大型化や大量設置が可能**であり、それに伴って**コストの削減も可能**に。
 - 大規模な洋上風力発電所の発電容量は、原発1基分に相当。（例えば10MW風車×100基＝1GW）
 - 2022年の日本の買取価格は陸上が16円/kWh、洋上（着床式）が29円/kWh、事業用太陽光が10円/kWh。
- 日本で洋上風力発電は「大量導入やコスト低減が可能であるとともに、**経済波及効果**が期待されることから**再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札**」とされる（第6次エネルギー基本計画（2021年））。

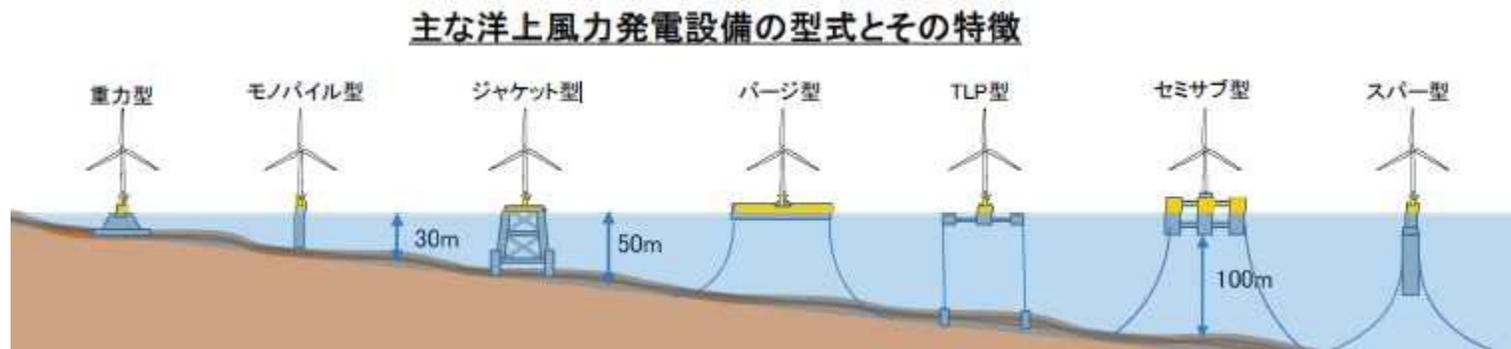
洋上風車の大型化



(出典)経産省資料

洋上風車について

- 海に設置される洋上風車は、その基礎構造から着床式と浮体式に大別。
- 着床式は風車を海底に設置した支持構造物（基礎）に固定する方式で、水深 50-60m より浅い海域で用いられる。
- 代表的な基礎の形式としては、モノパイル式、ジャケツト式および重力式。モノパイル式および重力式は水深 30m 以下の海域、ジャケツト式は水深 30-60m の海域に設置。
- 浮体式は海中に浮かべた浮体式構造物に風車を設置して海底に係留する方式で、水深 50m～200mの海域に設置。
- 一般的にコストは、着床式 < 浮体式



(出典)国交省資料

洋上風力発電所について①

- 洋上風力発電所は発電機である（大量の）洋上風車に加え、洋上サブステーション、海底ケーブル（インターアレイケーブル・エクスポートケーブル）、陸上変電所などから構成。

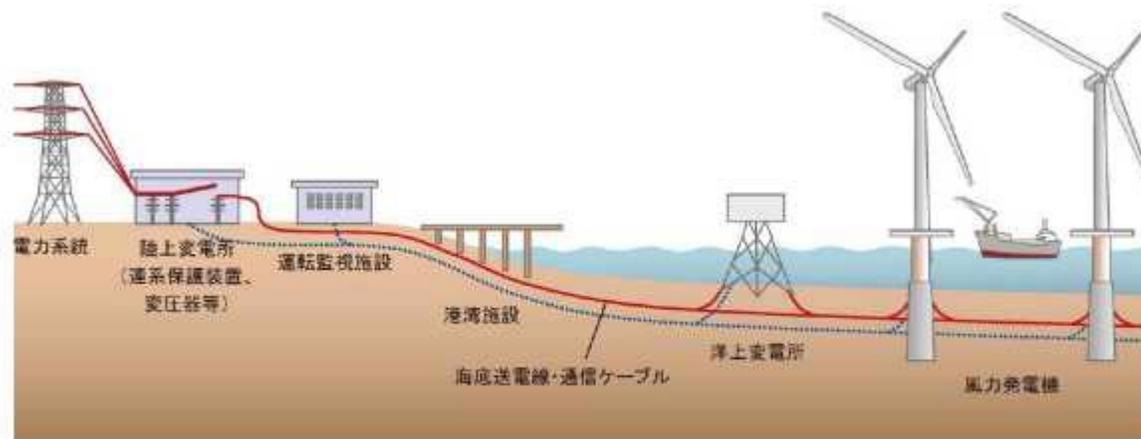


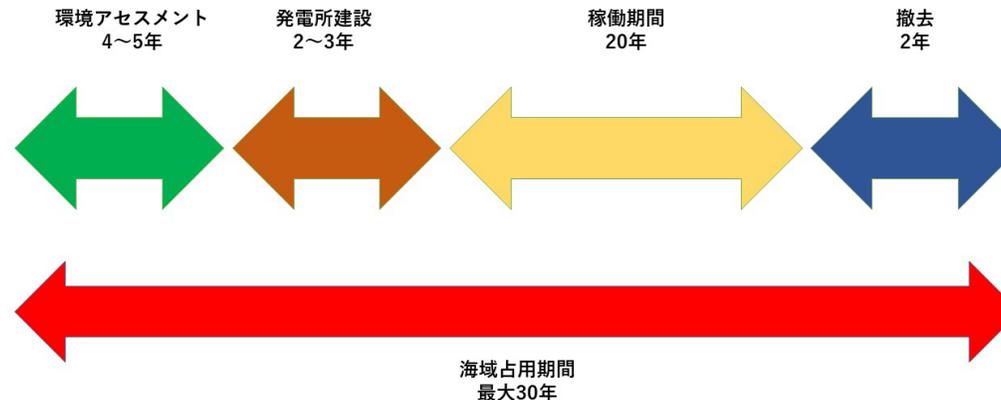
図6 一般的な着床式洋上風力発電設備の構成要素
(NEDO (2014) : 再生可能エネルギー技術白書 第2版)

- 設置の際に調査を要する **自然条件** : **風況**、台風や落雷等の **気象条件**、**海象条件** (海底地形・水深、底質、海潮流、波浪および海氷)、および **海生生物**・鳥類など。
- 他の **海域利用者** (航路・漁業・軍事・その他沖合インフラ) など **社会条件** も考慮。
- 設置地点の風況ほか様々な条件に合わせて、サイズやブレード、タワーの高さのバランスが最適となる洋上風車を適切に設置。(最適な風車・配置はケースバイケースとなる。)

洋上風力発電所について②

- 稼働後の洋上風力発電所は、**継続的なメンテナンスが必要**（運転・保守費用は**ライフサイクルコストの約30%**）。現在は故障時の修理メンテナンスより、オンライン状態監視技術等も用いた予防メンテナンスが主流。
- 洋上風力発電の一般的な事業計画・期間は、事業者選定後の**環境アセスメント**（4～5年）、**発電所建設**（2～3年）、**稼働**（20年）、**撤去**（2年）で、合計**約30年間**。

洋上風力発電の一般的な事業計画・期間

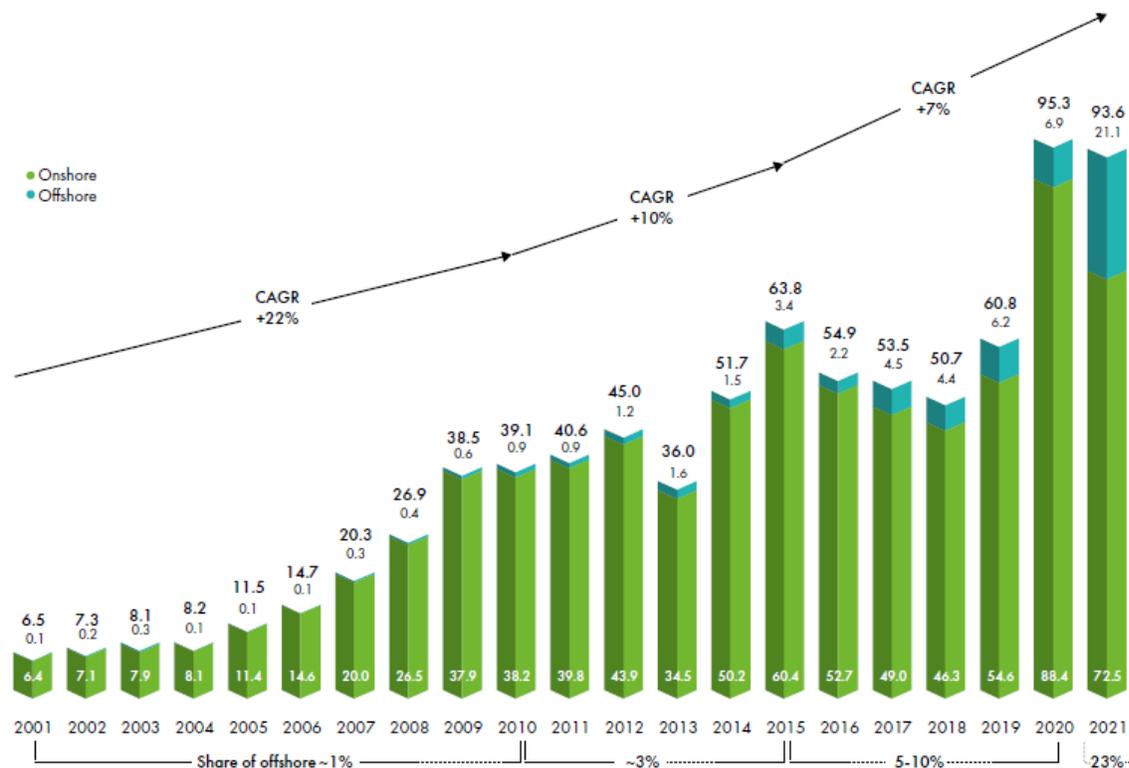


- 電力システムの制約、電力需給バランスの確保の必要などから、**水素生産**や**蓄電池**の活用も有用。

洋上風力発電に関する海外の動向①

- 現在、風力発電が全世界の再生エネルギー由来の総発電容量に占める割合は26.7%程度、洋上風力発電は全体の1.9%程度
- 洋上風力発電の導入量は2013年→2022年で9倍近くに（7.2GW→63.2GW）
- 国際エネルギー機関（IEA）のGHG排出実質ゼロに向けたシナリオによれば、2050年の世界の総発電容量のうち、再生可能エネルギーが約80%、風力発電は25%。

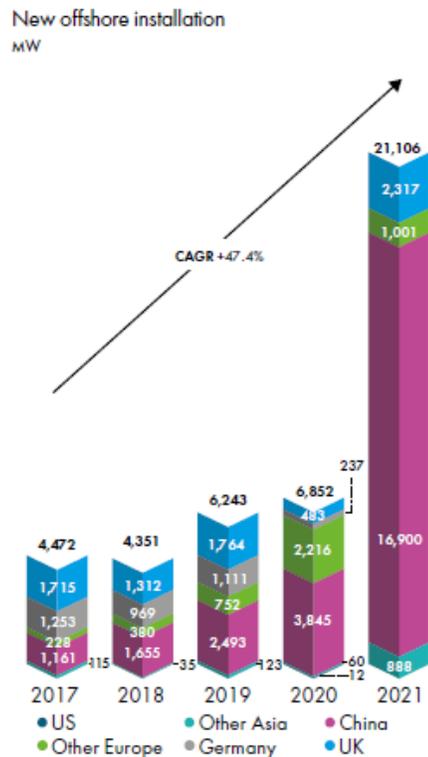
Historic development of new installations (GW)



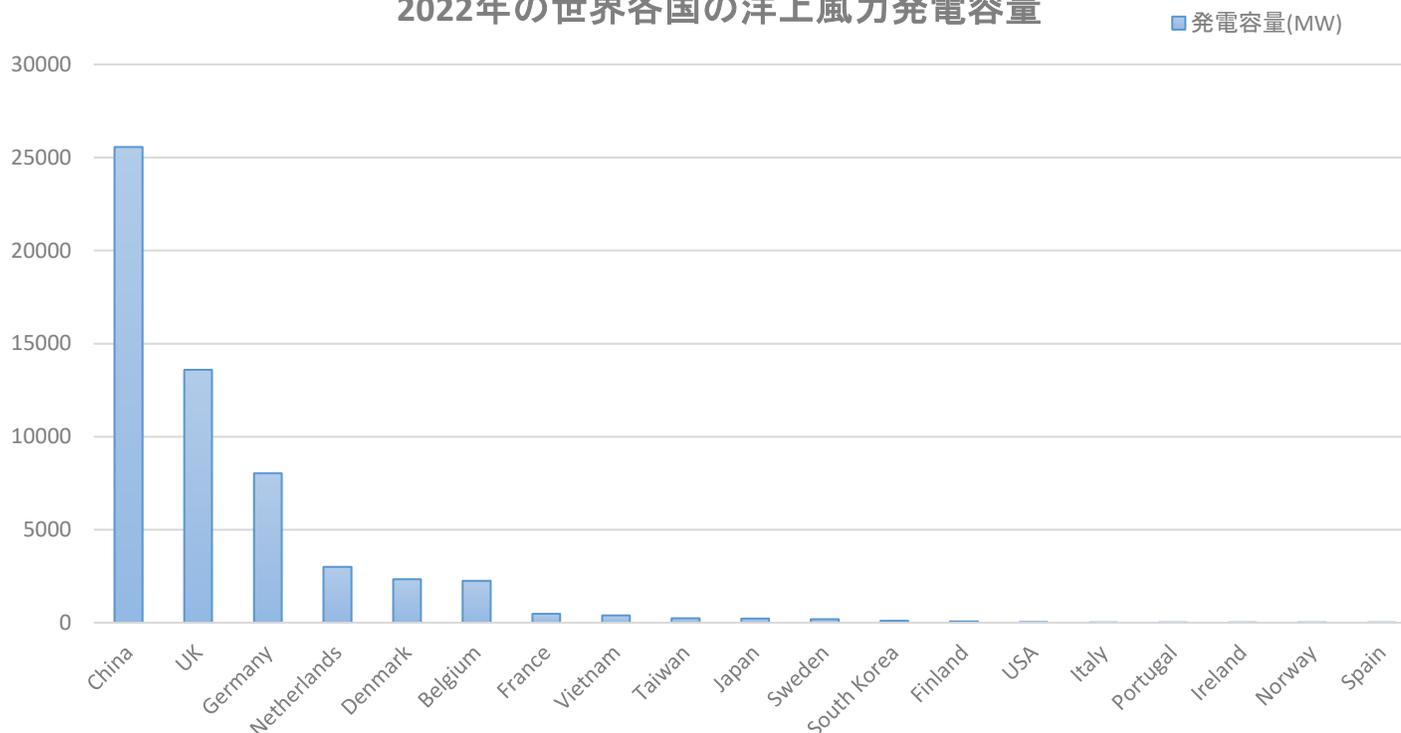
(出典) GWEC, GLOBAL WIND REPORT 2022

洋上風力発電に関する海外の動向②

- 2021年に中国が国別の導入量で英国を抜いて世界1位に。2022年も導入拡大。
- 北海沿岸諸国（英国（2位）、ドイツ（3位）、オランダ（4位）、デンマーク（5位）、ベルギー（6位））を合わせた導入量は、全世界の半分近くを占める。
- 東アジアではベトナム・台湾・韓国等も洋上風力発電の導入を推進。（日本は10位）



2022年の世界各国の洋上風力発電容量



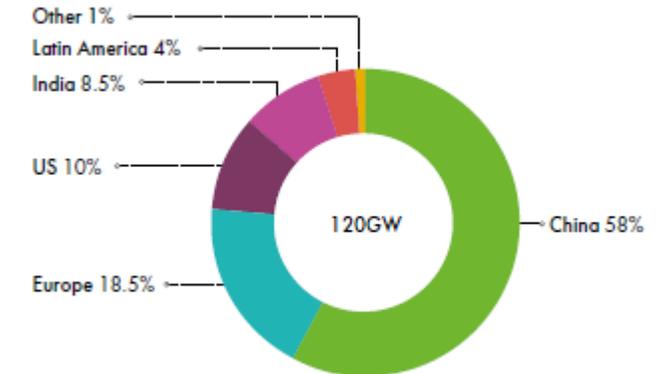
洋上風力発電に関する海外の動向③

- 北海は風況が良く、比較的安価な着床式風車の設置に向けた遠浅の海底地形が広がる洋上風力発電の適地であり、さらに北海沿岸諸国は、長年の北海油田の開発を通じ、オフショア産業の経験を豊富に蓄積。
- 欧州における洋上風車の供給はシーメンス・ガメサ（ドイツ・スペイン）とヴェスタス（デンマーク）で92%を占めるほか、欧州の洋上風力の導入容量の17%をオーステッド（デンマーク）、10%をRWE Renewables（ドイツ）が占める。
- 一方で、世界の風車製造能力（陸上用途含む）の58%を中国が占める。
- 近年欧州では、洋上風力の落札額が10円/kWhを切る事例や補助金なしでの事例も出現、今後も風車の大型化等を通じて、コスト低減の進展の可能性あり。
- 今後も導入拡大傾向は続く見込み。

New wind power installations outlook 2022-2026 (GW)



Global wind turbine manufacturing capacity, 2020



Source: GWEC Market Intelligence, November 2021. Note: Wind turbine manufacturing capacity refers to wind turbine nacelle assembly capacity and does not represent actual nacelle production in 2020.

洋上風力発電に関する英国の動向

- 2003年以来、2022年までに**13.6GW**の洋上風力発電を導入(世界第2位)。
- 2022年には世界最大となるホーンシー2洋上風力発電所 (1.3GW、英国東岸89km) が稼働開始。ドッガーバンク洋上風力発電所 (3.6GW、英国東岸130km) の建設が開始。2023年にはノーフォーク・ボレアス洋上風力発電所 (1.4GW) の開発計画の中止も (コストの上昇から)。
- 英国周辺海域は風況が良く、海底も遠浅で、これまで設置された風車は主に**着床式**。(近年では浮体式の設置も進展)
- 政府は**2030年までの設備容量の拡大目標を40GWから50GWに強化** (うち5GWは浮体式)、計画承認期間の短縮を検討 (最大4年→1年)
- 英国では2003年に完成したノースホイル洋上風力発電所以来、洋上風力発電に関する経験を豊富に蓄積し、洋上風力発電に関する法規則等についても官民の経験を踏まえたアップデートを適宜実施。
- 2022年には洋上風力発電の**人員の海上輸送に関する規制を緩和**。
※12名 (通常の旅客輸送と同じ扱い) →総員60名

英国の洋上風力発電所



(出典)クラウンエステートHP

洋上風力発電に関する日本の動向①

- 日本の洋上風力発電導入量は、全世界の洋上風力発電導入量の0.39%（2022年で世界10位）
- 2050年カーボンニュートラル目標、洋上風力発電導入目標（2030年までに10GW、2040年までに30～45GW）を設定（2020年）。
- グリーン成長戦略（2020, 2021年）の14の重点分野の1つが洋上風力（+太陽光・地熱）
 - 洋上風車等設備への税制支援あり（税額控除又は特別償却）
 - 産業界は、①国内調達比率を2040年までに60%、②着床式の発電コストを2030～2035年までに8～9円/kWhの目標を設定
- 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）にグリーンイノベーション基金（2兆円）を設置。「洋上風力発電の低コスト化」がグリーンイノベーション基金のプロジェクトの1つに。
 - 第1段階：要素技術の開発
 - ①次世代風車技術開発事業
 - ②浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業、
 - ③洋上風力関連電気システム技術開発事業
 - ④洋上風力運転保守高度化事業
 - 第2段階：浮体式洋上風力の実証事業
- 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会が「洋上風力産業ビジョン（第1次）」を策定（2020年）、「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」を公表（2021年）。浮体式産業戦略検討会が「洋上風力産業ビジョン（第2次）」（仮称）を検討（2023年）。
- 再エネ海域利用法、電気事業法、再エネ特措法、港湾法、環境影響評価法などが洋上風力発電に関係。
 - 電気事業法の技術基準への適合性につき経済産業省が審査。（港湾関係の基準と合わせて「統一的解説」で審査基準を具体化）
 - 再エネ特措法はFIT制度を基礎づけ。
 - 港湾法は改正により占用公募制度や埠頭の長期貸付を規定。

洋上風力発電に関する日本の動向②： 港湾区域における洋上風力発電

- 港湾は電力系統が充実し、洋上風力発電施設の建設や維持管理に利用される港湾インフラが近接するとともに、海域の管理や利用調整の仕組みが最も整備された空間であることから、海洋基本計画において、洋上風力発電導入の適地として有望視。
- 港湾法の改正（2016年）で占有公募制度が成立。20年（→30年に再改正）の長期占有が可能に。
- 港湾区域における洋上風力発電の主な導入計画：石狩湾新港内（北海道）、むつ小川原港内（青森県）、秋田港内・能代港内（秋田県）、鹿島港内（茨城県）、北九州港内（福岡県）
- 現在、秋田港・能代港は商用稼働中。
- 石狩湾新港も設置工事が完了。
- 北九州港では設置工事中。

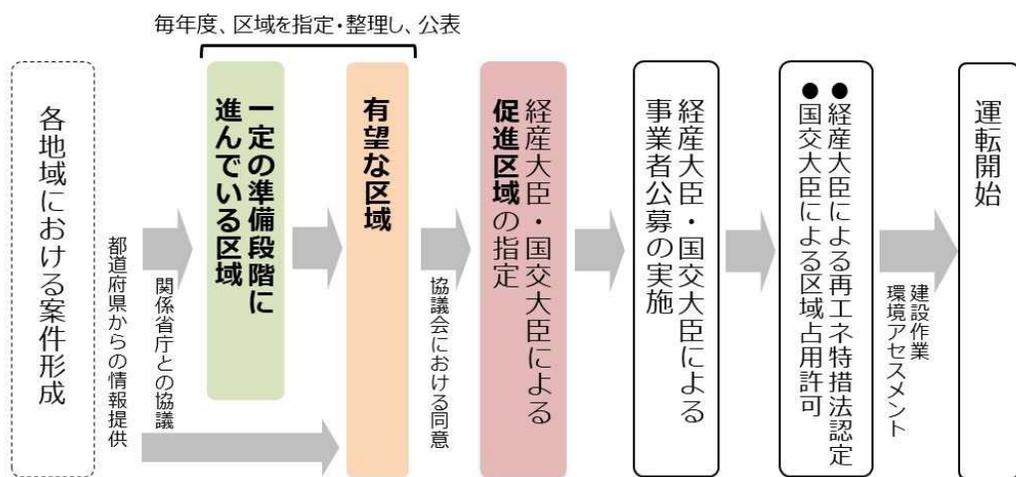


(出典)国交省資料

洋上風力発電に関する日本の動向③： 一般海域における洋上風力発電

- 従来一般海域においては海域占用に関する統一ルールが存在しておらず、長期占用ルールも必要とされた（都道府県条例の許可では通常3~5年と短期で、事業の予見可能性が低く、資金調達が困難）が、再エネ海域利用法（2019年）で、洋上風力発電などの実施を行う**促進区域**の指定、および**最大30年の占用公募制度**を創設。
- 従来は海運や漁業者等の地域の先行利用者との調整に係る枠組みも存在していなかったが、再エネ海域利用法の下で、**関係者間の協議の場である協議会**が設置。
- 毎年度、**一定の準備段階に進んでいる区域**と**有望な区域**を指定・整理し、公表。協議会における同意を経て、経産大臣・国交大臣により**促進区域**を指定。その後両大臣により事業者を公募、選定。
- 長崎県五島市沖では、風車の設置工事を開始。

再エネ海域利用法に基づく区域指定・事業者公募の流れ



現在の促進区域・有望な区域・準備区域の状況



促進区域、有望な区域等の指定・整理状況
(2023年5月12日時点)

区域名	事業者選定済	事業者公募中	準備区域
①長崎県五島市沖(浮体)	①長崎県五島市沖(浮体)		
②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖	②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖		
③秋田県由利本荘市沖	③秋田県由利本荘市沖		
④千葉県銚子市沖	④千葉県銚子市沖		
⑤秋田県八峰町・能代市沖	⑤秋田県八峰町・能代市沖		
⑥長崎県西海市江島沖	⑥長崎県西海市江島沖		
⑦秋田県男鹿市・湯上市・秋田市沖	⑦秋田県男鹿市・湯上市・秋田市沖		
⑧新潟県村上市・胎内市沖	⑧新潟県村上市・胎内市沖		
⑨北海道石狩市沖	⑨北海道石狩市沖		
⑩北海道岩手・南後志地区沖	⑩北海道岩手・南後志地区沖		
⑪北海道島牧沖	⑪北海道島牧沖		
⑫北海道檜山沖	⑫北海道檜山沖		
⑬北海道松前沖	⑬北海道松前沖		
⑭青森県沖日本海(北側)	⑭青森県沖日本海(北側)		
⑮青森県沖日本海(南側)	⑮青森県沖日本海(南側)		
⑯山形県遊佐町沖	⑯山形県遊佐町沖		
⑰新潟県村上市・胎内市沖	⑰新潟県村上市・胎内市沖		
⑱富山県東部沖	⑱富山県東部沖		
⑲福井県あわら市沖	⑲福井県あわら市沖		
⑳福岡県響灘沖	⑳福岡県響灘沖		
㉑佐賀県唐津市沖	㉑佐賀県唐津市沖		
㉒千葉県銚子市沖	㉒千葉県銚子市沖		
㉓千葉県九十九里沖	㉓千葉県九十九里沖		
㉔千葉県いすみ市沖	㉔千葉県いすみ市沖		
㉕青森県陸奥湾	㉕青森県陸奥湾		
㉖岩手県久慈市沖(浮体)	㉖岩手県久慈市沖(浮体)		
㉗福井県響灘沖	㉗福井県響灘沖		
㉘富山県東部沖(着床・浮体)	㉘富山県東部沖(着床・浮体)		
㉙佐賀県唐津市沖	㉙佐賀県唐津市沖		

(出典)経産省資料

洋上風力発電に関する日本の動向④： 港湾区域と一般海域における洋上風力発電の相違（例）

	港湾区域	一般海域
占用公募制度の根拠	港湾法	再エネ海域利用法
許可権者	港湾管理者（港務局または地方公共団体）	経済産業大臣および国土交通大臣
海域の国際法上の性格	内水	領海（2022年現在）
洋上風車と船舶の航路の離隔距離の基準	洋上風力発電設備等の 破壊モードを考慮した倒壊影響距離 を確保（右図参照）	定期航路や一定の船舶が頻繁に航行する航路（航跡等を基に検討）から 一定の離隔距離 を確保
航行安全確保措置	特定港の場合、 港則法に基づき港長が船舶交通の安全上必要な措置を命令 （船舶交通の制限又は禁止も可能）	関係者との協議等を行い同意に基づいて決定・導入

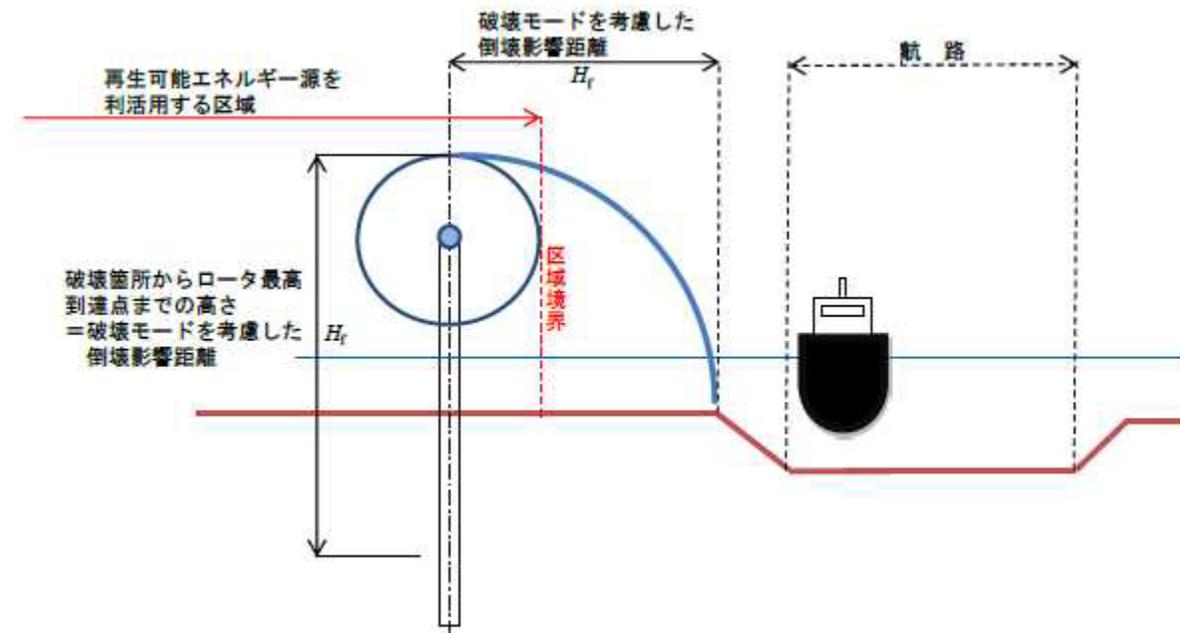


図-解 2.10.4 水域施設等との離隔の例（杭式基礎の場合）¹⁾

洋上風力発電に関する日本の動向⑤： 太平洋側における取組み等

- 2023年には太平洋側の地域でも洋上風力に関する取組みが計画・進展。

計画地域	取組み
福島県櫛葉町・富岡町沖	信夫山福島電力・東京ガスが、15MWの浮体式2基の設置を計画。
東京都伊豆大島沖	東京都離島振興計画の中で大島町での浮体式洋上風力発電を軸とした再生可能エネルギー活用を検討。
静岡県浜松沖	インフラックスの子会社が最大625MWの発電所設置を計画。 県は洋上風力も含むゾーニングを実施。御前崎港の基地港湾化の意向も。
愛知県渥美半島沖	国が公募した浮体式の実証実験に応募(1~2基)。
三重県沖	洋上風力に係る港湾整備調査など関連する調査を実施。
和歌山県御坊市・印南町沖	関西電力・RWE Renewables Japanが、最大1GW(9.5MW~20MW級風車を50~110基程度)の大規模発電所の設置を計画。
徳島県美波町沖	SSEパシフィコが最大30MW(1基あたり12~18MW)の浮体式設置を計画。

洋上風力発電に関する日本の課題・展望

- 日本における洋上風力の導入拡大に向けた様々な課題に対する取組みが、国の下で進展。

課題	取組み
北海道・東北・九州地方などの適地から、電力の需要地へ運ぶ送電網が必要	広域連系システムのマスタープランを策定、長距離海底直流送電の整備についての検討が進展。
海底地形が急峻で着床式に適した海域が少ない日本に適した浮体式のコスト（浮体式は着床式より割高）	技術開発ロードマップで、風車や浮体等についての要素技術（浮体基礎の最適化、係留システムの最適化、浮体の量産化、ハイブリッド係留システム等）の開発を加速化し、風車・浮体・ケーブル等の一体設計を行った実海域での実証を2025年前後に行うことを予定。コンクリート製浮体式洋上風力発電施設（建造コストを低減可能）の設計施工ガイドラインを公表。
風力発電事業における環境影響評価手続の迅速化（現状では一般的に4～5年）	地域の環境特性を踏まえた、効果的・効率的なアセスメントに係る制度的対応のあり方の検討を開始。
案件形成の加速化・効率化が必要	初期段階から政府や自治体が関与して、より迅速・効率的に風況等の調査・適時の系統確保等を行う日本版セントラル方式の確立に向けた、実証事業を実施（2023年に北海道3区域などを選定）。
今後導入可能海域（現在は領海まで）の拡大が必要となる可能性	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を実施、取りまとめを公表。
基地港湾の不足	基地港湾のあり方を公表、港湾機能の整理・施設の規模等を検討。
発電所周辺海域を航行する船舶の安全確保	各種法令・ガイドライン等の文書が一般的な枠組を設定

洋上風力発電の基地港湾①

- 発電所を海に設置する洋上風力発電では、洋上風力発電設備の設置及び維持管理を行う拠点となる港湾（基地港湾）の整備が重要。
- 近年の大型化傾向から、洋上風車の主要部品（ブレード、ナセル、タワー、基礎構造物など）は非常に巨大。今後は2030年までに15MW～20MWまで大型化していく見込み。

		10MW機	15MW機	20MW機
洋上風力発電設備の寸法概要				
重量	ナセル	約450t±50	約650t±100	約850t±100
	ブレード	約125t±10(3枚)	約180t±10(3枚)	約250t±10(3枚)
	タワー	約550t±100	約950t±100	約1400t±100
	小計	約1,100t前後	約1,800t前後	約2,500t前後
	モバイル基礎	約900t±300	約1200t±300	約1500t±300
	計	約2,100t前後	約3,100t前後	約4,200t前後
参考機種		SG10.0-193DD、V164-10MW	SG14.0-236DD、V236-15MW、Haliade-X	無し

(出典)国交省資料

洋上風力発電の基地港湾②

- 洋上風力発電の基地港湾では、極めて長大で重量のある発電設備の部品を扱うことができる耐荷重性（地耐力）、広大なスペースを備えた岸壁・埠頭が必要。



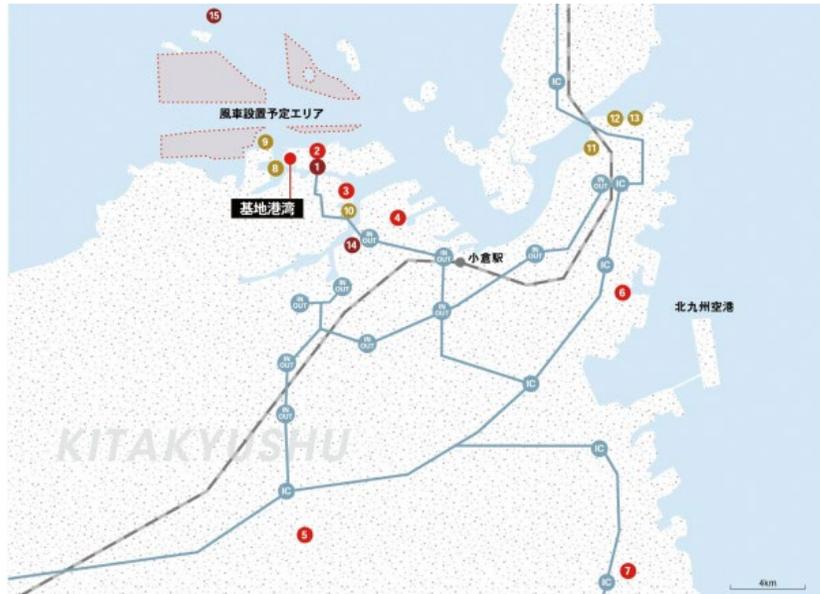
(出典) エスビャウ港ホームページ

- 港湾での作業には資機材等の保管のほか洋上風車のタワー等の事前組立（プレアッセンブル）も含まれる。SEP船が港湾で作業をする際は、海底部分も十分な地耐力が必要。
- 港湾法の改正（2020年）により、国が基地港湾を指定し、基地港湾の埠頭を長期・安定的に貸し付けることが可能に。
- 現時点では秋田港、能代港、新潟港、鹿島港、北九州港の5港が基地港湾に指定済み。
- 貸付けを通じ、埠頭における複数の発電事業者の利用調整も実施。

洋上風力発電の基地港湾③

北九州港の事例

- 北九州港では、2025年度の発電所の営業運転開始に向け、現在**基地港湾を整備中**。
- 岸壁180m、12.5haの用地を確保するため、地盤改良のための**護岸工事**を現在実施。
- 基地港湾は北九州港での発電所設置のほか、長崎県西海市など他の計画でも使用される予定。
- 北九州港では**風車基礎（ジャケット式）の製造**も行っており（日鉄エンジニアリング社）、製造された基礎は北海道の石狩湾新港での事業で使用。



(出典)北九州市ホームページ



整備中の基地港湾予定地



護岸工事の様子



陸上に設置された風車



ジャケット式風車基礎

洋上風力発電事業で用いられる船舶①

- 洋上に発電設備を設置する洋上風力発電では、事前の海域調査、部品の輸送、洋上風車の設置、海底ケーブルの敷設、工事の監視、稼働後のメンテナンス、事業終了後の撤去など、**様々な局面で船舶が必要**。
- 洋上風力発電の導入拡大には、**十分な数の船舶の存在・確保が不可欠**。（海外では船舶の不足が洋上風力発電の導入拡大のボトルネックとなる可能性の指摘あり）
- 洋上風力発電は、海運業界にとっても新たな商機と捉えられており、船舶を用いる様々な取り組みが国内外で行われている。
- 洋上風力発電所の設置・保守管理に関わる作業では、タグボートやバージなどの船舶に加え、オフショア作業用に整備された様々な特殊船を使用。
- 風車設置船などの特殊船は、**自動船位保持機能（DPS : Dynamic Positioning System）を装備**。DPオペレーターの訓練が必要。

洋上風力発電事業で用いられる船舶②

- 発電所を海に設置する洋上風力発電では、主に以下の特殊船舶が用いられる。

洋上風車設置船(SEP船 : Self Elevating Platform vessel)	設置工事の際に、昇降可能な脚により、台船を海面上から波浪の届かない高さまでジャッキアップさせて、 洋上風車やその基礎の設置作業 を行う。 大型クレーンを装備 する。
アンカーハンドリング船(AHTSV: anchor handling tug supply vessel)	浮体式洋上風車など 浮体設備の曳航・係留 ほか、非自航式SEP船など 大型被曳航船の曳航 、物資の補給等を行う。
ケーブル敷設船	海底ケーブル等の敷設を行う。
作業員輸送船(CTV: crew transfer vessel)	設置工事や稼働後の定期メンテナンスの際に、洋上風車まで 作業員や物資・備品等の輸送 を行う。厳しい気象海象条件下でも 安全に作業員を洋上風車へ移乗させる設備 が必要。
サービス専用船(SOV: service operation vessel)	宿泊設備を持ち、一定期間洋上に滞在してメンテナンス作業に従事 する。沿岸から離れた沖合の洋上風力発電所の場合、効率化のため重要となる。

- 他にも地質調査船や気象・海象観測船、重量物運搬船などの船舶が用いられる。
- タグボートや漁船が設置工事海域の監視・警戒船として用いられる場合がある。

英国における航行安全確保の取組み①： 航行安全法制等の概要

- 英国では洋上風力発電事業を申請する事業者に対し、航行安全の確保につき、法令上、一定の要件が存在。（法律が定める義務的要件を満たさない事業計画は不許可。）
- 2004年エネルギー法（注1）：国際航行に不可欠と認められた航路帯の使用の妨げとなり得る活動は不許可。（99条）
- 2008年計画法（注2）：事業申請前に利害関係者等との協議が必要。（42, 44条）
- 加えて、海事沿岸警備庁（MCA）の指針が、航行安全確保に関する実質的な基準を設定。

（注1）再生可能エネルギーの振興や、原子力廃止措置機関の設立等を定めた法律。
（ <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2004/20/contents> ）

（注2）大規模インフラプロジェクトの許認可手続き・調整枠組み等を定める法律。
（ <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/29/contents> ）

英国における航行安全確保の取組み②： 海域の事前調査及びリスク評価

- 事業計画の段階で、船舶の航行や漁業等の活動、海底ケーブルの敷設状況など（下表参照）を含む**海域の利用状況の実態調査**を実施。
- 調査ではAISデータのほか、レーダーや目視によるデータも必要。（**AISを搭載しない小型船舶も確認**するため）
- 調査結果を踏まえて**航行安全のリスクを評価**（NRA）。
 - 設置計画、気象海象、発電所内の航行可能性、緊急対策への影響、通信・レーダーへの影響などを考慮。
- リスク評価の際にはシミュレーション分析も実施。
- 洋上風力発電所の設置に伴う（英国海域での発電所数の増加も影響）従来の航路の変更・迂回（小型船による大型船航路の使用を含む）から生じるリスクも評価。

海域利用の実態調査で 考慮すべき要素

- ・航行する船舶の数、種類、サイズ
- ・漁業等の非輸送利用
- ・港湾へのアプローチ
- ・IMOの分離通航方式における通航路等の位置
- ・近接海域における漁場、軍事演習場、海底ケーブル、海底資源開発用の施設、浚渫物廃棄場等の利用状況

英国における航行安全確保の取組み③： 設置海域と航路の離隔距離

- 洋上風車を設置する **海域と航路との離隔距離** は、以下のテンプレートを参照しつつ、海域ごとの事情も踏まえて、**ケースバイケース** で判断される。
- 判断の際には、気象・海象の影響や、小型船の数、海底ケーブルの存在、レーダー等への影響、海域に特有の事情なども個別具体的に考慮する。

風車設置海域と航路の距離	考慮すべき要素	リスク	風車設置の許容性
<0.5nm (<926m)	<ul style="list-style-type: none"> ・Xバンドレーダーへの干渉 ・陸上レーダーに複数のエコーを生成する可能性 	非常に高い	<ul style="list-style-type: none"> ・許容されない
0.5nm ~ 1nm (926m ~ 1852m)	<ul style="list-style-type: none"> ・船舶の行動範囲(船舶サイズ・操縦性) 	高い	<ul style="list-style-type: none"> ・リスクがALARPレベルの場合は許容される
1nm ~ 2nm (1852m ~ 3704m)	<ul style="list-style-type: none"> ・IMOの航路指定措置との最小距離 ・Sバンドレーダーへの干渉 ・自動衝突予防援助装置等への影響 	中程度	<ul style="list-style-type: none"> ・(ALARPレベルの場合)追加のリスク評価とリスク緩和策の提示が必要
2nm ~ 3.5nm (3704m ~ 6482m)	<ul style="list-style-type: none"> ・IMOの航路指定措置との推奨距離 ・国際海上衝突予防規則(COLREG)の遵守 	低い	<ul style="list-style-type: none"> ※ALARPは「合理的に達成可能なできるだけ低い」の略。
>3.5nm (>6482m)	<ul style="list-style-type: none"> ・航路の反対側の風車との最小隔離距離 	低い	<ul style="list-style-type: none"> ・広く許容される
>5nm (>9260m)	<ul style="list-style-type: none"> ・分離通行帯の出入り口からの最小距離 	非常に低い	

英国における航行安全確保の取組み④： 発電所海域における洋上風車の配置

- 英国では洋上風車間の航行が可能であり、風車は船舶が航行しやすいように原則**格子状**に並べて配置。
- 風車間の間隔は、船舶の航行のほか、緊急時に**へりが通行可能な距離**を確保。
- 風車が船舶の視界を遮ったり、海岸線等を覆い隠さないよう配慮して配置。
- 風車の羽の最下端と最高水面の間の距離は、**最低22メートル**を確保。
- 大規模な発電所海域の内部に航行用の通航路を設置する際は、通航船舶が計画航路から20度以上の偏差を生じる可能性も考慮。
- 衛星システム・AIS等通信システムへの電波障害、レーダーの反射・風車の設置に伴う死角の発生等による船舶・船員への影響、ソナーへの干渉・音響ノイズなどに関しても検討を実施。

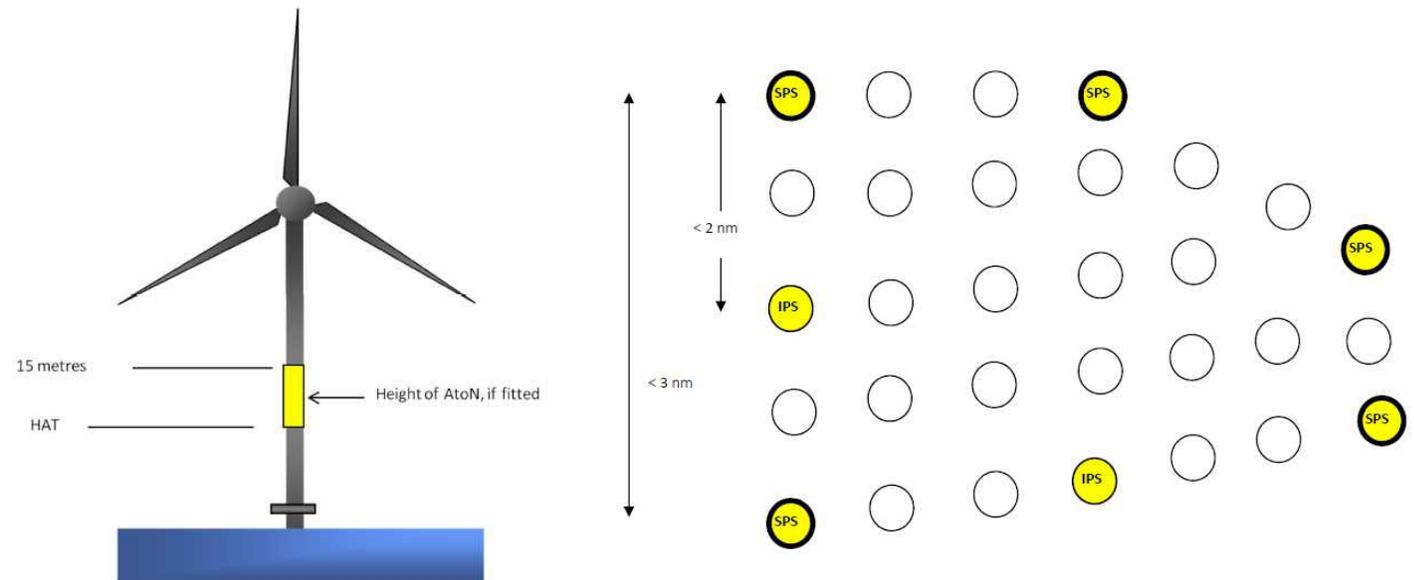


英国における航行安全確保の取組み⑤： 発電所設置工事の際の安全対策

- 当局による許可後、設置工事開始の際、必要に応じて以下の安全対策を実施。
 - 着工前に、周辺を航行する船舶・船員への安全情報の周知・通告
 - 浮標により航路標識を配置、工事海域での航路を指定
 - 警備船を配備、設置海域をモニタリング
 - 緊急時には、事業者とMCAで策定する緊急時対応協力計画に従って対応
 - 海上の施設等の周囲一定範囲への侵入を禁止する安全水域を、風車設置地点の周囲に設定（工事時は500メートル。稼働時は50メートル）
 - 事業者の申請に基づき所管大臣が決定。
 - 英国法では領海、排他的経済水域（EEZ）のいずれにおいても設定可能。
- 完成後、英国水路局に発電所の位置データを提出し、海図に反映。

英国における航行安全確保の取組み⑥： 洋上風力発電所の視認性の向上

- 完成後は国際航路標識協会（IALA）のガイドライン（注）を参照し、洋上風車の視認性を向上。
 - 最高水面から15メートルまでを黄色に塗装。
 - 発電所外周の隅などの要所には航路標識を設置。（光達距離は5海里以上）
 - 必要に応じて霧中信号や、レーダー反射器も設置。
 - 個々の風車には、夜間も150メートル程度の距離で確認できる（照明による）英数字のプレートを設置。



（出典）IALA Recommendation O-139

（注）https://vasab.org/wp-content/uploads/2018/06/2013_IALA_Marking-of-Man-Made-Offshore-Structures.pdf

英国における航行安全確保の取組み⑦： 洋上風車周辺を航行する船舶側の取組み

- 事業者側の安全対策を踏まえ、洋上風車周辺を航行する船舶側も一定の安全対策を実施。
- 船舶は、予め洋上風車の塗装や航路標識、海図、安全情報等を十分に確認し、一般的な航行安全規則を守って（適切な見張りを行う等）航行。
- 洋上風車周辺を航行する際、以下の要素を踏まえて予めリスクを評価。

風車の間隔	風車のサイズにもよるが、風車間は500m以上の間隔が空いている。
水深	現時点で稼働している大部分の発電所は60m未満の水深に立地するが、今後、100mを越える水深の海域に浮体式の発電所が設置される可能性がある。
海底の変化	風車が付近の海底の洗堀や堆積物に影響を与えている可能性がある。
潮流	風車が局地的に潮流を妨害して、近くに渦を発生させる可能性がある。
他の船舶	風車の保守・安全に従事する船舶や、操業中の漁船と遭遇する可能性があり、警戒が必要。小型船に関し、風車の影や夜間は特に注意を要する。
海岸の目印	風車の存在により海岸の目印が不明瞭となる場合があり、船の位置を他の手段で確認する必要が生じ得る。
変電所	発電所エリアの内外には変電所も設置される。変電所と陸上を繋ぐケーブルにも注意が必要。
移動の程度	浮体式風車など浮体構造物は気象条件や機器の種類に応じて一定程度移動するので考慮が必要。

英国における航行安全確保の取組み⑧： MCAの実験結果に基づく注意事項等

- MCAは過去の実験に基づき、洋上風車による船舶の通信機器や航行システムへの影響について、指針の中で注意を喚起。
 - 国際VHF・GPS・AIS・携帯電話等への影響は最小限。ただし風車との位置関係次第で、UHF等のマイクロ波システムには一部遮蔽による影響あり。
 - レーダー使用につき、風車はレーダーに表示されるが、風車まで約1.5海里以内の近距離では、多重反射やサイドローブによる偽像も発生する可能性あり。
 - 風車至近を航行する際、接近に応じてレーダーが相応の影響を受ける可能性があることから、船舶は安全速度や見張りに関するルールを慎重に遵守。見張りの際には音声信号やVTS・AISシステムなど、レーダー以外からの情報も考慮。
- 風車から生じる回転効果も、風の流れを変え、船舶に影響を及ぼす可能性あり。

ご清聴、ありがとうございました