



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

洋上風力が日本のエネルギーを支える

大量導入に向けた制度・インフラ・産業

2020年12月



謝辞

本報告書の作成にあたっては、エネルギー関連企業、外部研究機関のエネルギー専門家の方々へのヒアリングを行い、多くの示唆をいただきました。ここに感謝の意を記します。

この報告書は、自然エネルギー財団の洋上風力研究チームが執筆しました。

主な執筆者

工藤 美香	上級研究員
市村 将太	上級研究員
斉藤 哲夫	特任研究員
木村 啓二	上級研究員
大林 ミカ	事業局長

免責事項

本報告書に記載した情報は執筆時点で入手可能な内容に基づいていますが、その正確性に関して自然エネルギー財団が責任を負うものではありません。

表紙写真提供 Ørsted

自然エネルギー財団とは

自然エネルギー財団は、東日本大震災および東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて、孫正義ソフトバンクグループ代表を設立者・会長として2011年8月に設立されました。安心・安全で豊かな社会の実現には、自然エネルギーの普及が不可欠であるという信念から、自然エネルギーを基盤とした社会の構築を目的として活動しています。

目次

はじめに—今なぜ洋上風力か.....	1
第1章 洋上風力先進国・地域の政策と導入状況.....	2
第1節 洋上風力先進国・地域の例.....	2
1. イギリス.....	2
2. ドイツ.....	6
3. オランダ.....	9
4. デンマーク.....	12
5. 米国.....	16
6. 台湾.....	19
第2節 洋上風力先進国・地域の特徴.....	21
1. 大きな導入目標と市場の拡大.....	21
2. 事業リスクの低減.....	23
3. 事業環境を確保しつつ公正な競争を促す仕組みの構築.....	25
4. 国内サプライチェーンの構築.....	26
Box. 洋上風力発電のコスト.....	29
第2章 日本の洋上風力—課題と対応の方向性.....	31
第1節 日本の洋上風力の現状.....	31
1. 国の方針と導入状況.....	31
2. 再エネ海域利用法による海域占用手続.....	32
3. 固定価格買取制度の状況.....	35
4. 電力系統への接続.....	35
5. 産業界・地域の動き.....	37
6. 浮体式洋上風力の大きな可能性.....	39
第2節 課題への対応.....	44
1. 野心的な目標と中長期的な導入見通し.....	44
2. 洋上風力の大量導入を見据えた電力系統の増強・運用.....	45
3. 国の主導的役割の充実.....	46
4. 公正な競争と安定した事業が可能な環境作り.....	47
5. 持続的なサプライチェーンの構築.....	49
おわりに.....	54

※ 本報告書中に引用するウェブサイトの最終閲覧日は特に記されている場合を除き 2020 年 11 月 30 日である。

【図目次】

図 1-1	世界の洋上風力の累積導入量（左）と 2019 年導入量（右）	2
図 1-2	イギリスにおける海域の入札と洋上風力の導入量	3
図 1-3	イギリスの洋上風力による海域占用の状況	4
図 1-4	OFTO(Offshore Transmission Owner)の概念図	5
図 1-5	ドイツの洋上風力による海域占用の状況（北海）	8
図 1-6	オランダの洋上風力による海域占用の状況	11
図 1-7	オランダにおける系統接続点	12
図 1-8	デンマークの海域送電施設の責任負担モデル	15
図 1-9	米国東海岸の海域におけるプロジェクトの状況	17
図 1-10	ニューヨーク州の海域におけるプロジェクトの状況	18
図 2-1	再エネ海域利用法に基づく促進区域の指定状況	34
図 2-2	洋上風力発電の基礎構造の種類	39
図 2-3	日本周辺の洋上風力ポテンシャル	40
図 2-4	米国における洋上風力の発電コスト（LCOE）の予測	41
図 2-5	欧州・日本の洋上風力導入量と買取・入札価格の推移	48
図 B-1	洋上風力の資本コストの割合と LCOE に占める各種コストの割合	29
図 B-2	世界の洋上風力の発電コストの推移	30

【表目次】

表 1-1	オランダの洋上風力入札結果	11
表 1-2	台湾の洋上風力買取価格（2018 年選定分）	20
表 1-3	洋上風力先進国・地域の導入目標（2020 年時点）	22
表 1-4	洋上風力発電事業に関わる事業リスクの例	23
表 1-5	各国・地域の洋上風力発電への財務的支援スキーム	25
表 1-6	イギリス洋上風力産業政策の概要	27
表 1-7	台湾の洋上風力サプライシステム構築プログラムの概要	28
表 2-1	欧州における浮体式洋上風力の計画	43
表 2-2	風力発電を取り巻く産業の将来イメージ	50
表 2-3	着床式洋上風力のコスト低減に向けた技術革新	51

はじめに—今なぜ洋上風力か

今、世界では洋上風力発電（以下「洋上風力」）の大量導入が進んでいる。自然エネルギー導入が加速化するなかで、莫大なポテンシャルと大きな発電能力に期待が高まっている。風車の大型化をはじめとする技術革新が進み、コストが下がり、導入が拡大する好循環が生まれている。発電コストを世界レベルで見れば、2030年には化石燃料による発電と同等になると予測されている¹。

海に囲まれた日本にとって、洋上風力の活用意義は高く、かつ急務である。大規模な自然エネルギーの導入こそが、2020年10月に政府が発表した「2050年カーボンニュートラル」を実現するものであり、規模が大きく設備利用率も相対的に高い洋上風力は、日本の主要電源の一つとなる。太陽光発電では世界第2位の導入量（2019年末現在約62GW）²を持つ日本では、昼夜にかかわらず発電する風力の導入を加速し、電源ミックスのバランスを確保することも求められる。日本周辺に広がる広大な海域のポテンシャルは、タワー（支持構造物）の基礎を海底に固定する着床式に加えて、水深の深いところに適用する浮体式（タワーの基礎を海に浮かべチェーンなどで海底に係留する技術）を用いることで、大いに活用できる。

また、洋上風力の大量導入が国内の産業に与える影響も大きい。風車は部品数が多く大型化しており、設置工事も大がかりなため、現地調達に輸送コストの削減につながる。そのため、発電事業者や風車メーカーは、コスト低減に向け現地でサプライチェーンを構築するインセンティブを持つ。風車や基礎を組み立てて海に運び出す拠点港の整備も不可欠であり、拠点港の発展に伴う地域産業の活性化が期待される。風車の建設が終わった後も、設備利用率を高水準に保つために必要な運転やメンテナンス（O&M）は、発電事業の実施期間（20～25年間）を通じて現地で必要とされる。国内・地域のリソースの活用が期待できる洋上風力は、各国で産業政策として取り組まれている。

本報告書は、洋上風力をこれからの日本を支えるエネルギーとして着実に導入していくための、中・長期的な方向性を示すことを目的とする。まずは、洋上風力の大量導入とコスト低減を同時に進めている導入先進国・地域の例を参照し、示唆を得ながら、日本に今求められる視点を提示する。

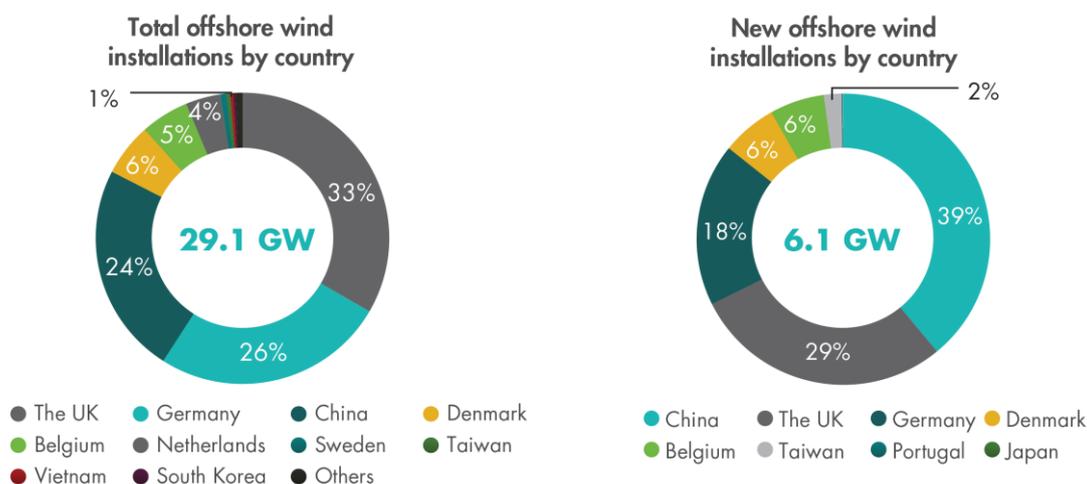
¹ 国際再生可能エネルギー機関（International Renewable Energy Agency, IRENA）, “Future of wind,” (Oct. 2019) Figure 24, p.50. <https://www.irena.org/publications/2019/Oct/Future-of-wind>

² IRENA, “Renewable energy statistics 2020,” (Jul.2020), p.48 以下。
<https://www.irena.org/publications/2020/Jul/Renewable-energy-statistics-2020>

第1章 洋上風力先進国・地域の政策と導入状況

欧州は洋上風力の導入をけん引してきた。世界風力会議（Global Wind Energy Council, GWEC）によれば（図1-1）³、その導入量は、2019年現在の世界の累積導入量（29.1GW）の75.2%、イギリスとドイツだけで59%を占める。また2019年の導入量も59%（6.1GW）が欧州地域にある。一方で、近年は、アジア、なかでも中国が急速に導入量を増やしている。累積導入量では世界第3位、2019年の導入量では世界第1位となった。その他のアジア地域では、台湾やベトナム、韓国に多くの計画がある。また米国も、ニューヨーク州やニュージャージー州等で野心的な目標が掲げられている。洋上風力の導入を意欲的に進めてきた欧州と、米国、台湾の政策を紹介し、これらの地域に共通する特徴を明らかにする。

図1-1 世界の洋上風力の累積導入量（左）と2019年導入量（右）



出典) GWEC, “Global Offshore Wind Report 2020,” (脚注3) p.12.より抜粋

第1節 洋上風力先進国・地域の例

1. イギリス

イギリスは、電力の低炭素化に向け、2000年に、小売電気事業者に対し一定割合の自然エネルギー購入を義務付ける“Climate Change The UK Programme”を策定し⁴、また2008年に制定された気候変動法の下では、法的拘束力のある政府目標を掲げるなど、気候変動対策に取り組んできた。

³ GWEC, “Global Offshore Wind Report 2020” (Aug. 2020). <https://gwec.net/global-offshore-wind-report-2020/>

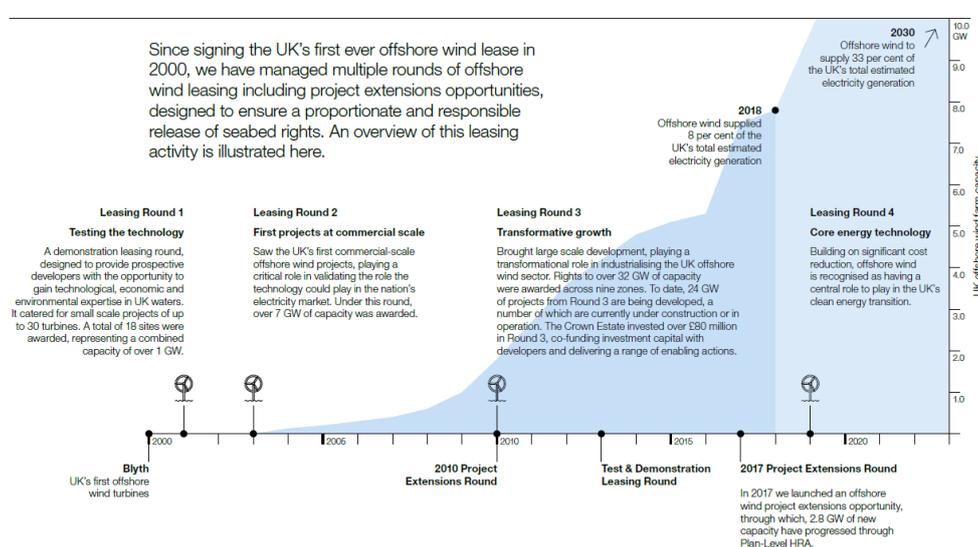
⁴ 2010年までに10%とされた。Department of the Environment, Transport and the Regions “ほか” Climate Change The UK Programme,” (Nov. 2000), p.8. <https://www.cne-siar.gov.uk/media/5821/climate-change-uk-programme.pdf>

洋上風力の導入を進める動きは 1990 年代後半に始められており、英国風力協会（現 RenewableUK）は、1998 年、海域の利用に関する公式のガイドライン作りについて政府と議論を開始している。こうした議論をもとに、洋上風力の推進が上記 2000 年のプログラムに明記され⁵、同年 12 月には、海域を管理するクラウン・エステート（The Crown Estate）による海域利用割り当て・賃借プロセスが始まっている（Round 1）。2003 年の Round 2 からは商用規模に拡大され、2010 年からの Round 3 以降は大規模なものになった（図 1-2）。

2019 年設定の導入量目標は、当初 2030 年までに 30GW とされていたが、同年末には 40GW（電力供給の 40%）まで引き上げられた⁶。また、2020 年 10 月には浮体式洋上風力の導入目標も設定された（1GW）⁷。

現在、累積導入量は世界最大であり、約 9.9GW（2019 年現在）⁸となっている。

図 1-2 イギリスにおける海域の入札と洋上風力の導入量



出典) The Crown Estate, “Information Memorandum Introducing Offshore Wind Leasing Round 4,” (脚注 9) p.9.

洋上風力導入政策

イギリスでは、海域占用する事業者の決定手続と、洋上風力発電導入のための経済的支援制度の事業者選定手続が分かれている。

⁵ Supra note 4, Department of the Environment, Transport and the Regions et al., “Climate Change The UK Programme,” p.30.

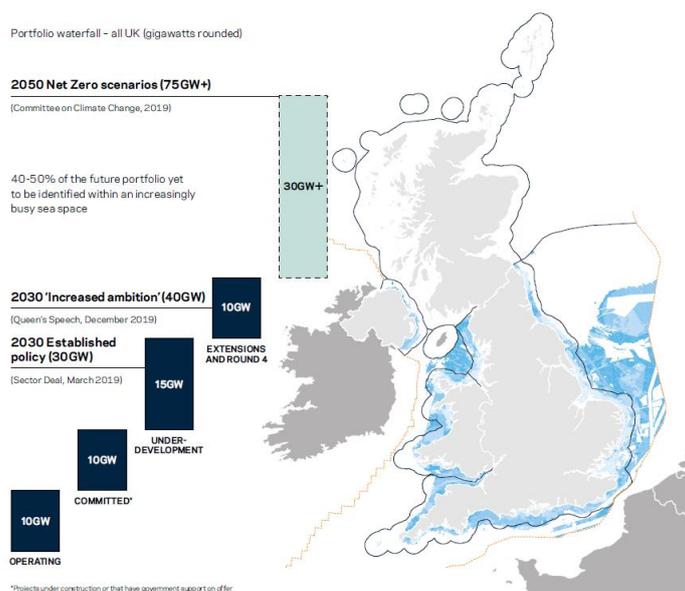
⁶ Supra note 3, GWEC, “Global Offshore Wind Report 2020,” p.16, p.35.

⁷ “New plans to make UK world leader in green energy,” UK Government press release (Oct.6, 2020). <https://www.gov.uk/government/news/new-plans-to-make-uk-world-leader-in-green-energy#:~:text=The%20UK%20has%20the%20largest,built%20back%20greener%20from%20coronavirus.>

⁸ Wind Europe, “Wind energy in Europe in 2019,” (Feb. 2020), Table 1. <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2019.pdf>

海域の占有については、クラウン・エステートが入札を実施し、発電事業者が応募して海域占有権を得る。クラウン・エステートは、水深や海象情報のほか、航路等の存在や防衛上の理由、鳥類への影響など環境影響に関する情報を考慮して、入札を実施する海域を選定する⁹。選定された海域の情報（上記に加え、漁業、景観、文化遺産等）は、クラウン・エステートが実施した評価とともに公開されている¹⁰。現在実施中の Round4 では、2030 年に 30GW、2050 年には 75GW 以上の導入を目指して海域占有の範囲が設定されている（図 1-3）¹¹。対象海域は、主に領海（沖合約 22km までの海）の外の排他的経済水域（EEZ、Exclusive Economic Zone）である。

図 1-3 イギリスの洋上風力による海域占有の状況



出典) The Crown Estate, “Offshore wind operational report 2019,”(脚注 11) Figure 30, p.27.

同国は、自然エネルギーの経済的支援スキームとして、まず 2002 年に Renewable Obligation (RO) 制度を導入した。この制度の下では、小売電気事業者が一定割合の自然エネルギー由来電力の調達義務を負う。小売電気事業者は、自然エネルギー発電事業者が発電電力量に応じて発行する Renewable Obligation Certificate (ROC) を購入することで調達義務を果たし、自然エネルギー発電事業者は、ROC の販売代金をプレミアムとして受け取ることでさらなる自然エネルギーへの投資が期待される。洋上風力も RO 制度による支援の対象であるが、政府はこれに加えて、洋上風力に対し事業費の 10%の補助 (New Opportunities Fund) を別途与えた。さらに導入を加速するため、2009 年以降、洋上風力の ROC の発行量に関する優遇措置がとられ、発電電力量あたり 2 倍の

⁹ The Crown Estate, “Information Memorandum Introducing Offshore Wind Leasing Round 4,” (Sep.2019), p.19. <https://www.thecrownestate.co.uk/media/3378/tce-r4-information-memorandum.pdf>

¹⁰ The Crown Estate website” Round 4: Document Library.” <https://www.thecrownestate.co.uk/en-gb/what-we-do/on-the-seabed/offshore-wind-leasing-round-4/round-4-document-library/>

¹¹ The Crown Estate “Offshore wind operational report 2019,” (Sep.2019). <https://www.thecrownestate.co.uk/media/3515/offshore-wind-operational-report-2019.pdf>

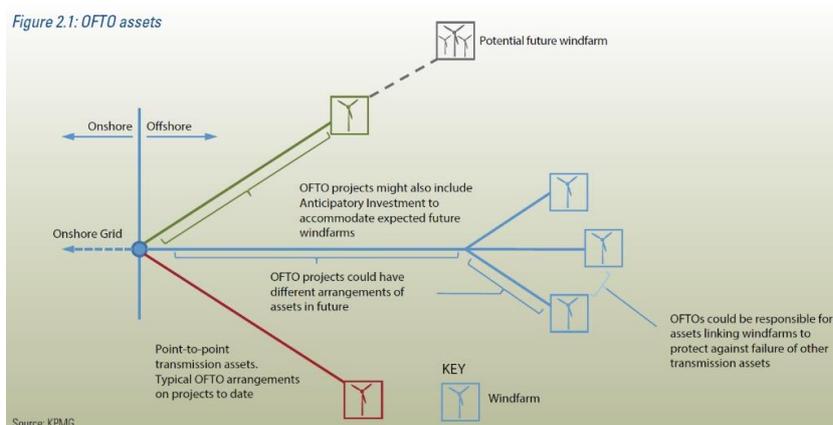
ROC が提供されることになった¹²。2010 年には、2037 年までの RO の期間延長も行われたことで、長期安定的な事業環境が確保され、持続的な投資が促された。RO 制度の下で、2017 年 3 月までに 5GW の洋上風力が導入された¹³。

支援スキームは、その後 2015 年より差額決済契約 (Contract for Difference、CfD) に移行した。CfD は、発電事業者と政府の間の取り決めにより、発電事業者が市場価格の変動にかかわらず一定の収入を確保できる制度である。発電事業者は、運転開始年ごとに行われる入札に参加し、価格競争によって各年の行使価格 (Strike price) が決められる。行使価格が市場価格を上回る場合には、発電事業者が差額を受け取るが、逆に市場価格が行使価格を上回る場合には、発電事業者が政府に差額を支払う。最終的に事業者が受け取る価格は、行使価格に等しくなり、事実上固定価格で売電しているのと同様となる。洋上風力発電事業者は、海域占用権の取得とは別に、CfD の入札に参加する。CfD の入札は 2015 年から 2 年毎に実施され、次回は 2021 年に Allocation Round 4 が実施される予定である。これまでの Allocation Round における洋上風力の行使価格の最高額 (各 round で行使価格が最も高かった年の金額) は、120 ポンド/MWh (第 1 回)、75 ポンド/MWh (第 2 回)、42 ポンド/MWh (第 3 回) と大幅に下がってきている。

電力システムの整備

風車から洋上変電所まで、そして洋上変電所から陸上変電所までの区間は、発電事業者が建設する。後者の区間は、のちに入札を通じて別の事業者 (Offshore Transmission Owner、OFTO) に売却され、OFTO によって所有・運営される (図 1-4) ¹⁴。

図 1-4 OFTO(Offshore Transmission Owner)の概念図



出典) Ofgem, “Offshore Transmission: An Investor Perspective – Update Report (January 2014) KPMG,” (脚注 14) Figure 2.1, p.10.

¹² 伊藤葉子「洋上風力発電の促進に向けた政策基盤整備 英国の取組と今後の課題」(IEEJ, 2013 年 5 月) <https://eneken.ieej.or.jp/data/4885.pdf>

¹³ Supra note 3, GWEC, “Global Offshore Wind Report 2020,” p.33.

¹⁴ Ofgem, “Offshore Transmission: An Investor Perspective – Update Report (January 2014) KPMG.” https://www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2014/02/offshore_transmission_-_an_investor_perspective_-_update_report_1.pdf

陸上の送電線（及び国際連系線）については、送電事業者（Electricity System Operator, ESO）が、自ら作った 2050 年に向けた脱炭素社会へのシナリオ（Future Energy Scenarios）を基に、10 年後を見据えた送電線計画のあり方（Electricity Ten Year Statement）を策定する。個々の送電線増強計画を策定するのは送電線所有者（Transmission Owner）だが、これらの計画は前記「あり方」に従い妥当性の有無をチェックされながら進められる¹⁵。なお、発電事業者は、設備容量と設備利用率、地理的位置、接続送電線の電圧などから算出される送電線利用料を負担する¹⁶。

産業

イギリスは、洋上風力の導入を産業政策としても推進している。政府は、およそ 10 年前からコスト低減と並び国内産業の参加を明確に位置付け、産業界との対話を進め、両者の協議機関や技術研究支援機関などを設置して政策の具体化を図ってきた。そして 2019 年には、その内容が産業政策「セクター・ディール」として公表された¹⁷。国は、引き続き洋上風力への財政的支援や海域の貸与を継続する。一方で、産業界は、2030 年までに補助金なしで事業が可能となるコスト低減や、イギリス国内から部品等を調達する割合を 60%まで高める努力を約束している。洋上風力は、石油開発で培った技術や人材を活用できる産業であり、化石燃料産業からの移行の観点からも、重要視されている。

2. ドイツ

ドイツは、1990 年代から自然エネルギーの導入に積極的に取り組み、経済大国の中でも支援エネルギー導入に最も成功した国であると言ってよい。特に、2011 年の東京電力福島第一原子力発電所事故は、同じ技術立国を自認していたドイツに大きな衝撃を与え、政府は、2022 年の原子力フェーズアウトなど、エネルギー政策の見直しを行った。以来、自然エネルギーを推し進める「エナジーヴェンデ」というエネルギー転換政策がとられている。2030 年には、電力消費量に対する自然エネルギー電力の割合を 2030 年に 65%とする野心的な目標が掲げられている¹⁸。

¹⁵ National Grid ESO, “Electricity Ten Year Statement,” (Nov. 2019).
<https://www.nationalgrideso.com/document/157451/download>

¹⁶ National Grid ESO, “TNUoS guidance for generators” (Apr. 2019).
<https://www.nationalgrideso.com/document/138046/download>

¹⁷ Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS), “Offshore Wind Sector Deal” (Updated Mar. 4, 2020)
<https://www.gov.uk/government/publications/offshore-wind-sector-deal/offshore-wind-sector-deal>
なお、駐日英国大使館による日本語訳「英国洋上風力産業政策」がある（ただし 2019 年 3 月公表版）。
<https://www.gov.uk/government/publications/offshore-wind-sector-deal-ja>

¹⁸ BMWi, “Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und weiterer energierechtlicher Vorschriften”（「2021 年再生可能エネルギー法改正案」、2020 年 9 月に閣議決定）（ドイツ語）
https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetzentwurf-aenderung-erneuerbare-energien-gesetzes-und-weiterer-energierechtlicher-vorschriften.pdf?__blob=publicationFile&v=4

洋上風力については、2002年に「ドイツの洋上風力利用戦略」¹⁹が発表されている。2007年から2010年を第一拡大段階に、2011年から2030年までを追加的拡大段階に位置付け、2030年にかけての長期開発戦略を描いている。また、本戦略文書では、洋上風力開発を行う上での環境上の制約、法規制、技術的課題について整理し、潜在的開発エリアが特定されている。2017年1月には、洋上風力に特化した洋上風力エネルギー法（WindSeeG2017）²⁰を定めて取り組んでいる。

洋上風力の目標値については、2014年の再生可能エネルギー法改正で、2020年までに6.6GW、2030年までに15GWの導入目標が設定されていたが、2020年5月には、2030年の導入目標値は20GWへと引き上げられた²¹。同年11月には、2040年の目標値40GWが設定されている²²。

2019年における洋上風力発電の単年導入量は1.1GWであり、累積導入量は約7.5GWと世界第2位である²³。洋上風力発電所（ウィンドファーム）の規模も大きくなっており、2026年から2030年に運用を開始する予定の14件（9.2GW）のうち、2026年は平均300MW程度だが、2030年は平均900MW近くになっている²⁴。

洋上風力導入政策

ドイツではこれまで、国のゾーニングに基づき発電事業者が海域を選んで開発を行い、別途自然エネルギー支援スキームに応募する方式だったが、洋上風力エネルギー法により、2021年以降は国が海域を指定し、海域ごとに入札を行って事業者を選定する方式に変更される。

2021年以降に入札が実施される海域の詳細は、連邦海事水路庁（Federal Maritime and Hydrographic Agency, BSH）が海域開発計画（Site Development Plan, FEP）によって定める²⁵。北海とバルト海をそれぞれゾーンに分け、その中にクラスターと呼ばれるエリアを決定し、洋上風力発電所を計画する。2030年までに両海を合わせて2030年の目標を達成する（図1-5）²⁶。

¹⁹ German Energy Agency (dena), “Strategy of the German Government on the use of off-shore wind energy,” (Jan. 2002). https://www.offshorewindenergy.org/COD/reports/report-files/report_033.pdf

²⁰ BMWi, “Offshore Wind Energy Act (WindSeeG 2017).” https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/windseeg-gesetz-en.pdf?__blob=publicationFile&v=9

²¹ BMWi “Mehr Strm vom Meer” (2020年5月、ドイツ語) https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/offshore-vereinbarung-mehr-strom-vom-meer.pdf?__blob=publicationFile&v=6

²² Adnan Durakovic, “Germany Sets Offshore Wind Targets, Tweaks Tendering Procedure,” offshoreWIND.biz, (Nov.6, 2020). <https://www.offshorewind.biz/2020/11/06/germany-sets-offshore-wind-targets-tweaks-tendering-procedure/>

²³ GWEC, “Global Wind Report 2019,” (Mar.2020), p.44. <https://gwec.net/global-wind-report-2019/>

²⁴ Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH), “Site Development Plan 2019 for the German North Sea and Baltic Sea,” p.194. https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/_Anlagen/Downloads/Offshore/FEP/EN-Flaechenentwicklungsplan2019.pdf?__blob=publicationFile&v=4

²⁵ BSH website, “Site Development Plan.” https://www.bsh.de/EN/TOPICS/Offshore/Sectoral_planning/Site_development_plan/site_development_plan_node.html;jsessionid=80BA1E1E1C668B7D54F243AFC5A5C9EC.live11291

²⁶ Supra note 24, BSH, “Site Development Plan 2019 for the German North Sea and Baltic Sea,” p.193.

図 1-5 ドイツの洋上風力による海域占用の状況（北海）

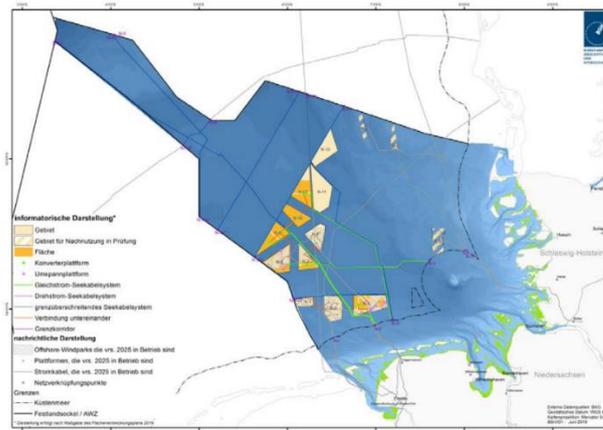


Figure 37: Informational illustration of possible scenario A 2030 rules (20 GW by 2030)

出典) BSH, “Site Development Plan 2019 for the German North Sea and Baltic Sea,” (脚注 26) p.193.

洋上風力への支援スキームとしては、当初は、電力を固定価格で買い取る Feed-in-Tariff (FiT) 制度を採用し、2012 年からは一定のプレミアムが支払われる Feed-in-Premium(FiP)制度を段階的に用いてきた。新制度への移行期にあたる 2017 年および 2018 年（2021 年から 2025 年までに運転開始予定）には、プレミアムの金額を決定する基準価格を競う価格競争入札制度が導入された。入札の結果、最低価格は 0.00 ユーロ/kWh であり、プレミアムを不要とする入札、つまり「補助金ゼロ」となる案件も登場した²⁷。

他方、2021 年から 2025 年に入札が実施されるプロジェクト（2026 年から 2030 年に運転開始予定）が対象となる新制度では、政府が区域を決めるだけでなく、環境影響評価や系統接続等に必要となる許認可の取得、漁業関係者との調整を済ませ、発電事業者は発電所の建設及び運用についてのみ考慮した売電価格を入札して競争する方式となる（「セントラル方式」と呼ばれている）²⁸。

電力系統の整備

ドイツでは、各風車から洋上変電所までは発電事業者が、洋上変電所から陸上の変電所までは送電事業者が建設・所有・運用を担当する。また、エネルギー事業法（EnWG）により BSH が洋上系統区域計画（Spatial Offshore Grid Plan, BFO）を通じて、排他的経済水域における洋上風力発電所の建設適地と系統アクセスの双方を決定してきた。2012 年にはエネルギー事業法の改正により、送電事業者が洋上系統開発計画（Offshore Grid Development Plan）を策定する制度も導入されている。その後、2018 年から BFO と洋上系統区域計画が統合され、海域開発計画（FEP）となり BSH が所掌している²⁹。

²⁷ BNetzA ウェブサイト, “Windenergieanlagen auf See,” (ドイツ語) 掲載の入札結果参照。
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/Offshore/offshore-node.html なお、価格が同じ場合の選定方法について、洋上風力エネルギー法は、「価格が同じ場合は、入札量が最も小さいもの、入札量も同じ場合は抽選(lot)により決定」と定める。

²⁸ 前掲脚注 27, BNetzA ウェブサイト, “Windenergieanlagen auf See,” (ドイツ語) 参照。

²⁹ BSH website, “Sectoral planning.”
https://www.bsh.de/EN/TOPICS/Offshore/Sectoral_planning/sectoral_planning_node.html

送電事業者が担当する送電線の費用負担については、2019年からエネルギー事業法が定める洋上風力系統賦課金（Offshore network levy）として徴収されている。もともと、洋上風力系統賦課金は、洋上風力の系統整備遅延時の補償金として2013年に導入されたものだが、これを洋上系統の建設・保守費用に割当て可能としたものである³⁰。

産業

ドイツには、これまで風車メーカーのシーメンス社があったが、2017年にガメサ社と合併し、本拠地はスペインとなった。合併後のシーメンス・ガメサ社の2019年末時点における欧州の累積導入量のシェアは68.1%でトップである³¹。

また、ドイツには洋上風力発電に関する多くの港が存在する。中でも代表的な拠点港であるブレーマーハーフェン港は、不振となった造船業から、洋上風力産業の集積化を図って成功した例として知られている³²。

3. オランダ

オランダの自然エネルギーの導入目標は、2030年に国全体のエネルギー消費の27～35%を賄うというものである。電力については84TWhの自然エネルギー電力目標を設定しているが、EUの「グリーンディール」による目標値（2030年に1990年比で55%の温室効果ガス削減）に従うなら120TWhが必要としている³³。自然エネルギー電力目標のパーセンテージは明示していないが、現状2019年の自然エネルギー発電量は21.8TWh、電力消費全体の18%であり、高い目標であるという規模感がわかる³⁴。

洋上風力については「洋上風力エネルギーロードマップ2030」を定め³⁵、自然エネルギー拡大の本命として支援する。年平均1GWの導入を行い、2030年までに49TWh（およそ11.5GW）の導入目標を掲げる³⁶。2015年から2019年の5年間には3.5GWの入札が完了しており、近年の洋上風力の入札では、支援なしで事業を行う「補助金ゼロ」の事業が立て続けに落札されている。

³⁰ NETZTRANSPARENZ.DE ウェブサイト "Offshore-Netzumlage" (ドイツ語)
<https://www.netztransparenz.de/EnWG/Offshore-Netzumlage/Offshore-Netzumlagen-Uebersicht>

³¹ WindEurope. "Offshore Wind in Europe, Key trends and statistics 2019," (Feb. 2020) p.24.
<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Offshore-Statistics-2019.pdf>

³² David Appleyard, "Boomtown Bremerhaven: The Offshore Wind Industry Success Story," Renewable energy world (Mar.13, 2009). <https://www.renewableenergyworld.com/2009/03/13/boomtown-bremerhaven-the-offshore-wind-industry-success-story/>

³³ Government of the Netherlands, "Climate Agreement," (Jun. 2019), p.165.
<https://www.klimaataakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/national-climate-agreement-the-netherlands>

³⁴ Statistics Netherlands website, "Renewable electricity; production and capacity." <https://www.cbs.nl/en-gb/figures/detail/82610ENG?dl=33417>

³⁵ Government of the Netherlands website, "Offshore wind energy." <https://www.government.nl/topics/renewable-energy/offshore-wind-energy>

³⁶ Supra note 33, Government of the Netherlands, "Climate Agreement," p.169.

洋上風力導入政策

オランダの自然エネルギー支援策は変遷してきた。2003年から2006年(2007年まで移行期間)は MEP という FiT 制度を実施、MEP を改訂し 2008年から2010年まで Sustainable Energy Incentive Scheme(SDE) を実施(基本的には FiT 制度)、2011年に再び大きく制度改正を行い、「SDE Plus(+)」という FiP 制度を導入している³⁷。元来 SDE+はテクノロジー中立の制度だが、洋上風力については 2023年に4.5GWの洋上風力を導入するという目標のもの特に枠が設けられている。しかし、前述のように現在は「補助金ゼロ」の事業も出てきている。

オランダでは、海域指定から環境影響評価、利害関係者との調整等を国が行い、指定された海域ごとに自然エネルギー支援スキームへの入札を行って事業者を選定する、前出のいわゆる「セントラル方式」がとられている³⁸。

洋上風力のために選ばれた海域は6つある(図1-6)³⁹。オランダ企業局(Netherlands Enterprise Agency, RVO)が洋上風力開発手続を統括しており、海域指定のための調査(地質、風況、海象など)を実施し、他の関係政府機関や専門家からの情報提供も受けて海域を定める⁴⁰。また RVO は、風車の大きさや数、配置などを複数想定した上で、自然環境や景観、観光、文化遺産、そして石油ガス採掘や漁業など他の分野の利用に対する影響を評価する環境影響評価を実施し、入札手続の中で公表している⁴¹。

³⁷ Netherlands Enterprise Agency, “Progress report: Energy from renewable sources in the Netherlands 2017- 2018.” https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nl_-_tr_into_eng_-_5th_progress_report_red_for_2017_and_2018.pdf

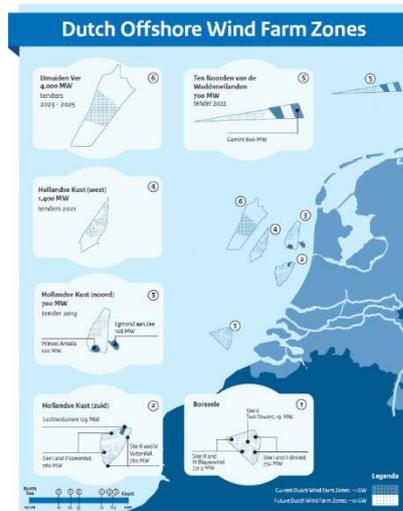
³⁸ Supra note 3, GWEC, “Global Offshore wind Report 2020,” p.33.

³⁹ RVO, “Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone, *Project and Site Description*,” (Oct. 2019), p.15. <https://offshorewind.rvo.nl/file/download/55040284>

⁴⁰ 調査結果は第三者機関による品質保証を得ている。前掲脚注 39、RVO, “Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone, *Project and Site Description*,” p.10 参照。

⁴¹ RVO, “Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone, *Project and Site Description, Appendix B*,” (May 2018). <https://offshorewind.rvo.nl/file/view/55040270/Project+and+Site+Description+HKN%3B+Appendix+B%2C+Summary+of+Environmental+Impact+Assessment++version+May+2018>

図 1-6 オランダの洋上風力による海域占用の状況



出典) RVO, “Dutch Offshore Wind Farm Zone,” (脚注 39) p.15.

6つのゾーンの離岸距離は18.5～62kmとなっており、領海外の排他的経済水域も対象である。今後3ゾーンの入札が進み、2025年の最終入札の実施によって、目標の2030年11GW導入をほぼ達成する。

事業者の選定は、価格競争入札で行われる。入札で競われるのは、発電事業者の希望売電価格（行使価格、strike price）で、SDE+の下で発電事業者が受け取るプレミアム額を決めるためのものである⁴²。これまでの入札結果は次の通りである（表1-1）。なお、「補助金ゼロ」の場合の落札者決定プロセスは、洋上風力エネルギー法（Offshore Wind Energy Act）に定められており、応札者の知識・経験や洋上風力発電所の設計の質等により決定される。

表 1-1 オランダの洋上風力入札結果

実施年	プロジェクト	行使価格 (strike price)	発電事業者
2015年	Borssele I & II (752 MW)	72.7 ユーロ/MWh	Ørsted
2016年	Borssele III & IV (731.5 MW)	54.5 ユーロ/MWh	Blauwwind
2017年	Hollandse Kust (zuid) I & II (760MW)	「補助金ゼロ」	Vattenfall
2018年	Hollandse Kust (zuid) III & IV (760MW)	「補助金ゼロ」	Vattenfall
2019年	Hollandse Kust (noord) (700MW)	「補助金ゼロ」	CrossWind C.V. (Shell, Eneco コンソーシアム)

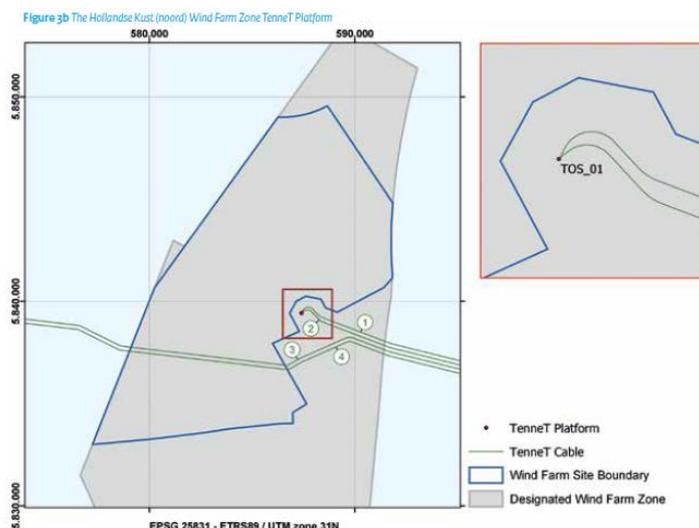
出典) Mark Stuurman, “Dutch offshore wind energy policy – an overview,” Japan Offshore Wind Policy Seminar (Feb. 2019), http://jwpa.jp/pdf/20190226_1_EZK.pdf. RVO, “Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone, Site V,” <https://english.rvo.nl/topics/sustainability/offshore-wind-energy/hollandse-kust-noord-wind-farm-zone-v> を基に自然エネルギー財団作成

⁴² RVO, “SDE+ Spring 2020 Instructions on how to apply for a subsidy for the production of renewable energy” (Mar. 2020) 参照。 <https://english.rvo.nl/sites/default/files/2020/03/Brochure%20SDE%20Spring%202020.PDF>

電力系統の整備

陸上部分の系統整備はもとより、洋上についても、海域ゾーン内の接続点までは送電事業者である TenneT が用意する。入札資料には、図や座標情報と共に系統接続点が明示されている(図 1-7)⁴³。海域ゾーンの位置は排他的経済水域も含み離岸距離が長く、一つの海域ゾーンに複数のプロジェクトが計画されている。送電事業者が当該プロジェクトだけでなく、他のプロジェクトも考慮して送電容量等を計画するため、効率的な整備が可能といえる。

図 1-7 オランダにおける系統接続点



出典) RVO, “Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone, *Project and Site Description*” (脚注 39) p.19.

産業

オランダは、着床式の基礎構造であるモノパイル製造の世界最大手 Sif 社の本拠地である。また、海洋工事会社の Boskalis 社や Van Oord 社の本拠地もオランダである。なお、隣国ベルギーにも、海洋工事会社である Jan De Nul 社や DEME 社があり、この地域でこうした産業が発達している。

4. デンマーク

デンマークは、1970 年代のオイルショックを受け、当時ほとんど輸入に頼っていた石油から転換するために、北海でのガス田開発とともに、省エネルギーと自然エネルギーの拡大、なかでも、「パンケーキの国」と言われるほどフラットな地形を活かした風力発電の導入に力を注いできた国であり、洋上風力で世界をリードする国の一つだ。1980 年代には国民投票結果にもとづいて国として原子力発電を選択しないことを決め、1990 年代以降は気候変動対策として、以前石油火力から転換してしまった石炭火力の削減を行ってきた⁴⁴。

⁴³ Supra note 39, RVO, “Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone, *Project and Site Description*,” p.19.

⁴⁴ 本項目の記述につき、IRENA and GWEC, “30 Years of Policies for Wind Energy: Lessons from 12 Wind Energy Markets: Denmark,” (Jan. 2013) 参照。 <https://www.irena.org/publications/2013/Jan/30-Years-of-Policies-for-Wind-Energy-Lessons-from-12-Wind-Energy-Markets>

2020年には電力の50%を風力で賄うとしており、2030年に1990年比で温室効果ガス70%減、自然エネルギーで電力需要の100%超を供給するという野心的な目標を持っている⁴⁵。

洋上風力推進政策の歴史は古く、1985年の大規模実証事業への取組決定にさかのぼる。1995年には、政府が洋上風力発電所を設置する海域の指定のため洋上風力計画委員会を設置し、1997年に海域設定結果を公表した。近時の導入目標（2019年設定）は、2030年までに5.7GWである⁴⁶。

デンマークにおける洋上風力の累積導入量は約1.7GW（2019年末）⁴⁷だが、発電電力量では約15%を占める（2018年）⁴⁸。

洋上風力導入政策

デンマークでは、洋上風力導入の初期段階から、洋上風力発電所のための海域指定計画を国主導で行っている。1997年に策定された計画がベースとなり、洋上風力の導入目標引き上げや、海洋環境保護法制の変更などに対応する形で追加調査が行われ、複数回アップデートされてきた。2007年の改定では、2025年の導入状況（目標）を念頭に開発対象となる海域の選定が行われ、23の候補海域が選ばれた。

海域の指定は、デンマークエネルギー庁（Danish Energy Agency, DEA）が主催する「洋上計画委員会」が行う。この委員会は、国の導入目標に従い新たな海域指定が必要になると不定期に開催される⁴⁹。

具体的に設定された開発区域では、入札で事業者が決定される。入札の主催や事業許可手続はDEAが担い、窓口のワンストップ化を実現している。入札手続は、事業者の適格性をみる事前審査制度と自然エネルギー支援スキームの価格入札の2段階となっており、価格入札段階では価格のみで競争が行われる。

⁴⁵ Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities, “Denmark’s Integrated National Energy and Climate Plan” (Dec.2019) https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/dk_final_necp_main_en.pdf

⁴⁶ 国際エネルギー機関（International Energy Agency, IEA）“Offshore Energy Outlook 2019,” (Nov. 2019) Table 4, p.31. <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019> なお2020年6月に発表されたエネルギー合意では、2030年までの「エネルギーアイランド」5GWの建設と、1GWの洋上風力発電所の導入が確認された。デンマーク気候・エネルギー省 “Danish Climate Agreement for Energy and Industry 2020 – Overview,” (Jun.2020) [https://kefm.dk/Media/C/B/faktaark-klimaaftale%20\(English%20august%202014\).pdf](https://kefm.dk/Media/C/B/faktaark-klimaaftale%20(English%20august%202014).pdf)

⁴⁷ Supra note 23, GWEC, “Global Wind Report 2019,” p.44.

⁴⁸ Supra note 46, IEA, “Offshore Energy Outlook 2019,” Figure 2, p.17.

⁴⁹ 本項目の記述につき、DEA, “Danish Experiences from Offshore Wind Development,” (Mar. 2017)参照。 https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/offshore_wind_development_0.pdf

もっとも、デンマークの自然エネルギー支援スキームは当初から入札制だったわけではない。1993年から、自然エネルギーの発電電力を一定価格で買い取る買取制度（電力価格に対して一定比率）が実施されていたが、政権交代により、この制度は1999年に廃止が決定された。移行措置が適用された風力発電（洋上風力含む）は2002年末までに運転を開始し、買取制度の適用が維持されたものの、2003年以降、洋上風力のみならず、陸上風力も含めて新規開発が停滞することになる⁵⁰。洋上風力の次の新規プロジェクトが運転を開始するのは2009年以降になった。FiP制度の下で開発が進み、2009年から2012年まで、洋上風力に対する固定プレミアムの引き上げなどにより、いくつかの新規洋上風力発電所が開発された。

現在の制度の下で競われるのは、kWh当たりの買取価格である。落札者は、一定期間、kWh当たりの落札価格での収入が確保されるよう、市場価格と落札価格との差分を受け取ることができる（CfD）。CfDの原資は、これまでは需要家が負担する賦課金（Public Service Obligation, PSO）だったが、2022年までに段階的に廃止され、以降は国の財政支出によることとされている。これまで入札が行われた事業の落札価格の推移をみると、それぞれ条件が異なり比較が難しいものの、2013年に運転を開始した事業（Ahnolt、400MW）から2019年に運転を開始した事業（Horns Rev 3、400MW）へはおよそ4分の3（1.05デンマーククローネ(DKK)/kWhから0.77DKK/kWh）に、2023年運転開始予定の事業（Kriegers Flak、600MW）へはさらに半減（0.372DKK/kWh）している⁵¹。

入札に当たって事業性を判断するために必要な風況や環境影響に関する情報は、価格競争入札が行われるまでの間に広く共有される。送電事業者である Energinet.dk が、陸上の系統増強はもとより洋上風力発電所も含めて、環境影響評価を一定程度実施するからである。洋上風力発電所部分の環境影響評価に要する費用は、追って落札者が負担することとなっており、その費用額も入札手続前に明らかにされる⁵²。

なお、国が選定した海域は、入札による開発以外認められないが、それ以外の海域での開発も可能である（「オープンドア」制度）。ただしその場合には、DEAの許可の下で、環境アセスメントを含む事前調査を事業者主導で実施し、その結果を基に事業許可を得る必要がある^{53 54}。

⁵⁰ Agnolucci, P. (2007) “Wind electricity in Denmark: A survey of policies, their effectiveness and factors motivating their introduction”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 11, pp.951–963.

⁵¹ Supra note 49, DEA, “Danish Experiences from Offshore Wind Development,” p.9.

⁵² Supra note 49, DEA, “Danish Experiences from Offshore Wind Development,” p.22.

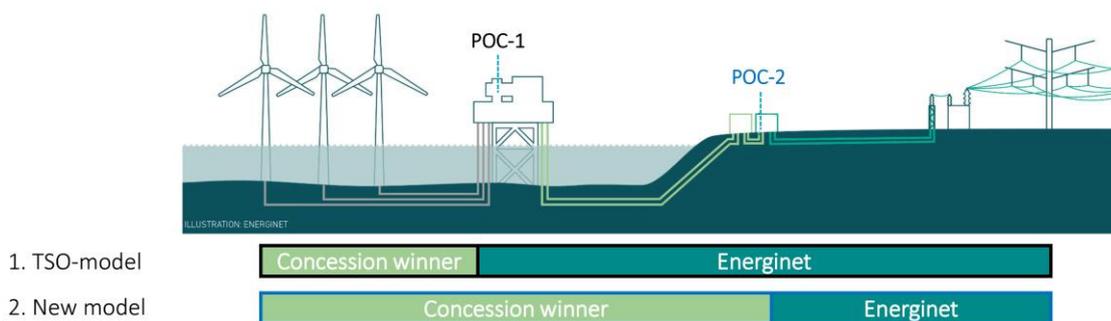
⁵³ Supra note 49, DEA, “Danish Experiences from Offshore Wind Development,” p.20.

⁵⁴ また、沿岸域での開発については異なる規制や手続がある。前掲脚注 49, DEA, “Danish Experiences from Offshore Wind Development,” p.25 参照。

電力系統の整備

陸上の系統増強は送電事業者 Energinet.dk が行う。系統増強計画（ルートや完成時期）は、入札手続の中で具体的に明らかにされる。洋上変電所から陸揚げまでの設備についても、これまでに導入された海域（Horns Rev 3 や Kriegers Flak など）では、Energinet.dk が整備するものとされ、設備投資費用は、陸上の増強費用も含めて、PSO が原資となっていた⁵⁵。しかしながら、2018 年に入札に付することが決定した海域（Thor など）では、Energinet.dk は陸上変電所までを整備し、洋上風車から陸上変電所までの送電施設の建設・運用・管理は発電事業者が実施することになっている（図 1-8）。その方が競争によりコスト低減を図ることができるためとされる⁵⁶。

図 1-8 デンマークの海域送電施設の責任負担モデル



出典) Energinet.dk, “Thor Offshore Wind Farm Market dialog Grid connection” (Nov. 2019), p.4.
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Vindenergi/6_thor_grid_connection.pdf

産業

洋上風力産業では多くのデンマーク企業が活躍している。開発事業者の Ørsted 社は世界市場シェア 1 位（保有設備容量）である。Ørsted 社は、もともと DONG – Danish Oil and Natural Gas という社名で化石燃料ビジネスを行っていたが、グリーンエネルギーを推進する企業に相応しくないとして 2017 年に現在の社名に変更した国営会社だ。また、風車メーカーの MHI ヴェスタス社は世界市場シェア 2 位（設備容量）の地位を占める⁵⁷。部品や技術、サービスのサプライヤーも 500 社が国内に拠点を持つとされる⁵⁸。

エスビアウ港は拠点港として著名であり、2017 年には 1.3GW の、2019 年には 1.5GW 以上の洋上風車の積み出しが行われた⁵⁹。

⁵⁵ Kromann Reumert, “Renewable Energy in Denmark” (Apr.3, 2019).
<https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=d769de46-565a-42c4-9212-448c04862223> (registration needed)

⁵⁶ DEA, “New Danish calls for offshore wind farm tenders,” (Oct. 2019), pp.14-15.
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Vindenergi/offshore_wind_tender_-_thor_markedsfoeringsmateriale_final.pdf

⁵⁷ Supra note 46, IEA, “Offshore Energy Outlook 2019,” (Nov. 2019) p.18-19.

⁵⁸ ステート・オブ・グリーン (State of Green)、「前進する風力発電」(2017 年 7 月、和訳版 2018 年 2 月)、p.12。
<https://stateofgreen.com/jp/uploads/2018/10/13197.pdf?time=1594840203> (日本語版)

⁵⁹ Port Esbjerg website, “Wind,” <https://portesbjerg.dk/en/business-area/renewables>, “Infranode to invest \$145m in offshore wind facilities at port of Esbjerg,” NS Energy, (May 15, 2020),
<https://www.nsenergybusiness.com/news/infranode-offshore-wind-turbine/>.

5. 米国

米国では、各州がエネルギー政策に関する権限を有しており、連邦政府としての自然エネルギー導入目標は定めていないが、連邦レベルでも自然エネルギーの導入促進を図るインセンティブ政策が実施されている⁶⁰。洋上風力に関しては、2005年に Energy Policy Act of 2005 (EPAAct)が制定され、連邦が管理する海域 (Outer Continental Shelf) のリース権限を、連邦海洋エネルギー管理局 (Bureau of Ocean Energy Management, BOEM)に与え、開発を進める基盤が作られた。また、連邦エネルギー省 (Department of Energy, DOE) は、2010年に「2020年までに10GW (コスト0.1USドル/kWh)、2030年までに54GW (コスト0.07USドル/kWh)」というシナリオを⁶¹、さらに2015年には「2030年までに22GW、2050年までに86GW」の導入シナリオを検討している⁶²。これを受けて、2016年には同省と内務省 (Department of Interior, DOI) が共同で洋上風力戦略を策定し⁶³、同シナリオの実現に向け課題を整理している。

州レベルでは、意欲的な洋上風力導入量の目標値を定める州が出てきている。ニューヨーク州が2035年に9GW、ニュージャージー州が2035年に7.5GW、マサチューセッツ州が2035年に3.2GW、そしてバージニア州が2027年に2.5GW等、東海岸6州の合計で25.4GWとなっている⁶⁴。

洋上風力導入政策

BOEMによる海域の指定は、Outer Continental Shelf (OCS) Renewable Energy Programのためのルールに則って進められる⁶⁵。BOEMは、関係する連邦機関や州・地方政府との調整を行い、またさまざまな情報の収集や利害関係者との対話を進めてリースの対象とする海域を定める。航路情報や生息生物、文化遺産などの海域の情報は、沿岸の複数の州と連邦の関連機関等で構成される地域の海洋審議会が広く公開している⁶⁶。事業者は、BOEMが行う競争入札に参加してリース権を取得する⁶⁷。

⁶⁰ 一例に連邦所得税の優遇措置 (Renewable Electricity Production Tax Credit や Business Energy Investment Tax Credit) がある (ただし2020年12月31日までの運転開始が要件)。DOE, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, “Advancing the Growth of the U.S. Wind Industry: Federal Incentives, Funding, and Partnership Opportunities” (Feb. 2020). <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/02/f71/weto-funding-factsheet-2020.pdf>

⁶¹ Offshore Wind Innovation and Demonstration イニシアティブの中での研究シナリオ。DOE, “A National Offshore Wind Strategy: Creating an Offshore Wind Energy Industry in the United States,” (Feb. 2011) p.2. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/12/f5/national_offshore_wind_strategy.pdf

⁶² DOE, “Wind Vision: A New Era for Wind Power in the United States,” (Mar. 2015) Executive summary p.14. https://www.energy.gov/sites/prod/files/wv_executive_summary_overview_and_key_chapter_findings_final.pdf

⁶³ 2011年版の改定。DOE, DOI, “National Offshore Wind Strategy” (Sep. 2016) Executive summary p.7. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/09/f33/National-Offshore-Wind-Strategy-report-09082016.pdf>

⁶⁴ Supra note 23, GWEC, “Global Wind Report 2019,” p.59.

⁶⁵ BOEM website, “Regulatory Framework and Guidelines” 参照。 <https://www.boem.gov/renewable-energy/regulatory-framework-and-guidelines>

⁶⁶ ニューイングランド6州による Northeast Regional Ocean Council のデータポータルサイト “Northeast Ocean Data” (<https://www.northeastoceandata.org/>)、及びニューヨーク州ほか4州による Mid-Atlantic Regional Council on the Ocean のデータポータルサイト “Mid-Atlantic Ocean Data Portal” <http://portal.midatlanticocean.org/>

⁶⁷ 手続の概略につき、BOEM, “A Citizen’s Guide to the Bureau of Ocean Energy Management’s Renewable Energy Authorization Process” (Dec. 2016). <https://www.boem.gov/sites/default/files/renewable-energy-program/KW-CG-Broch.pdf>

米国東海岸の海域におけるプロジェクトの状況を（図1-9）に示す⁶⁸。ニューヨーク州やニュージャージー州、そしてマサチューセッツ州の海域に多くのプロジェクトがある。また、南側の海域にあたるサウスカロライナ州にもプロジェクトが複数計画されている。

図1-9 米国東海岸の海域におけるプロジェクトの状況



出典) BOEM, “BOEM’s Renewable Energy Program,” (脚注 68) p.2.

自然エネルギー導入促進政策は州によって異なるため、以下ではニューヨーク州の例を見る。

同州は、気候変動への対応や大気汚染の減少等に向けて、自然エネルギーの導入に意欲的に取り組んでおり、自然エネルギー由来の電力を 2030 年までに 70%とする導入目標を掲げている⁶⁹。洋上風力は、この野心的な目標を実現するための主要な電源と位置付けられており、州エネルギー研究開発局（New York State Energy Research and Development Authority, NYSERDA）は、2035 年までに 9GW を導入するプログラム（Offshore Wind Program）を進めている⁷⁰。洋上風力の環境価値は、Offshore wind Renewable Energy Certificate (OREC) となって取引され、一定割合の自然エネルギー由来電力の供給義務を負う電力会社等が購入し、その義務を果たす。NYSERDA は、OREC を発行するプロジェクトを入札によって選定しており、2019 年 10 月には計 1.7GW の 2 つのプロジェクトが落札した（Ørsted 社と Eversource Energy 社との JV による Sunrise Wind

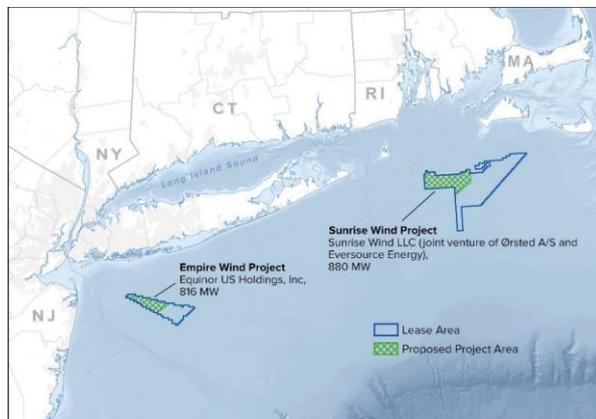
⁶⁸ BOEM, “BOEM’s Renewable Energy Program” (Aug. 2019).
https://www.boem.gov/sites/default/files/environmental-stewardship/Mid-Atlantic-Regional-Planning-Body/RenEn-Program-8.28.19_2.pdf

⁶⁹ New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA) website, “Clean Energy Standard”
<https://www.nyserderda.ny.gov/All-Programs/Programs/Clean-Energy-Standard>

⁷⁰ NYSERDA, “NYSERDA’s Offshore Wind Program.” <https://www.nyserderda.ny.gov/All-Programs/Programs/Offshore-Wind/About-Offshore-Wind/NYSERDA-Offshore-Wind-Program>

Project(880MW)と Equinor 社による Empire Wind Project(816MW)、図 1-10 参照)⁷¹。海域を落札した発電事業者は、BOEM の許可を得て海域の調査(海象や生物等)を実施し、その後建設運用計画 COP(Construction and Operation Plan)を策定して、BOEM の審査・許可を得て着工する⁷²。

図 1-10 ニューヨーク州の海域におけるプロジェクトの状況



出典) NYSERDA, “Launching New York’s Offshore Wind Industry: Phase 1 Report,” (脚注 71) Figure S-1, p.S-1.

電力系統の整備

ニューヨーク州の場合、NYSERDA が定める変電所までは、発電事業者がルートを選定し接続する⁷³。そして、陸上の増強費用については New York ISO (NYISO)が託送料金により回収することになっている⁷⁴。

産業

米国の洋上風力に関する産業は、風車メーカーの GE(ゼネラル・エレクトリック)社がある。GE 社は 2015 年にアルストム社を買収し、規模を拡大してきた。2019 年の累積導入量における GE 社のシェアは 5 位 1.5%である⁷⁵。他方、GE 社は現在世界最大 12MW の風車 Haliade-X を製造している。

⁷¹ NYSERDA “Launching New York’s Offshore Wind Industry: Phase 1 Report” (Oct. 2019).
<https://www.nyserdera.ny.gov/-/media/Files/Programs/offshore-wind/osw-phase-1-procurement-report.pdf>

⁷² BOEM “Renewable Energy Fact Sheet (January 2020)” p.2.
https://www.boem.gov/sites/default/files/documents/renewable-energy/BOEM_FactSheet-Renewable-2-26-2020.pdf

⁷³ なお、洋上送電施設の所有・運用者のあり方については複数の方策が検討されてきた。“Transmission,” NYSERDA website. <https://www.nyserdera.ny.gov/All-Programs/Programs/Offshore-Wind/Focus-Areas/Transmission-NY-Electricity-Grid>

⁷⁴ NYISO, “Reliability and a Greener Grid, Power Trends 2019,” (2019) p.62.
<https://www.nyiso.com/documents/20142/2223020/2019-Power-Trends-Report.pdf>

⁷⁵ Supra note 31, WindEurope, “Offshore Wind in Europe, Key trends and statistics 2019,” p.24.

浮体式に関しては、ウインドフロート技術を開発・保有するプリンシプル・パワー社があり、東京ガス株式会社が 20 億円超の出資を 2020 年 5 月に行っている⁷⁶。

マサチューセッツ州では、公的機関である Clean Energy Center が風車のブレードのテストセンターを運営するなど技術開発を支えるほか、風車の建設や部品組み立てが可能な多目的港を管理している⁷⁷。ニュージャージー州では、2021 年から拠点港の建設を開始する予定である⁷⁸。

6. 台湾

台湾は 1990 年代から気候変動問題への対応に取り組み、2009 年には自然エネルギー拡大のための FiT 制度を導入した。2016 年には、自然エネルギーによる発電電力量を 6%から 2025 年までに 20%とする目標を設定している⁷⁹。

風力発電の開発は、2011 年の「風力 1000 機プロジェクト」構想⁸⁰以降、高い政策的位置づけの下で進められている。2012 年には、洋上風力の実証プログラムを開始し、2015 年には、洋上風力を開発する 36 のポテンシャル海域を公開した。2019 年には、政府が導入目標を立て続けに引き上げている。同年初には 2025 年までに風力全体で 4.2GW だったが、その後洋上風力のみで 5.5GW と変更された。さらに、2026 年から 10 年間、毎年 1GW、合計 10GW の追加を目指すに至っている⁸¹。

2019 年末までの導入量は、128MW（フォルモサ I）のみだが、2025 年までに導入されるプロジェクト 5GW 分は 2018 年の入札で決定しており、現在開発が進められている⁸²。

洋上風力導入政策

政府によるポテンシャル海域の指定は、一定の風況や海域の事前調査を基に行われており、法的制限がある海域やセンシティブな地域が除外された、いわば国の一定の許認可が出た海域である。ただし、海底調査や風況の実際、環境影響評価手続の実施や沿岸地域の地方自治体の許認可の取得、地域の関係者との調整などは行われておらず、事業者が自ら別途実施し、事業性を見ながら開発を進める。同じ海域を複数の事業者が調査することもあり得る。

⁷⁶ 東京ガス株式会社 「米国プリンシプル・パワー社への出資について」(2020 年 5 月 27 日) <https://www.tokyo-gas.co.jp/Press/20200527-01.html>

⁷⁷ Massachusetts Clean Energy Center website, “Offshore Wind,” <https://www.masscec.com/offshore-wind>

⁷⁸ Adnan Durakovic, “New Jersey to Develop First Purpose-Built Offshore Wind Port in US,” offshoreWIND.biz (Jun.17, 2020). <https://www.offshorewind.biz/2020/06/17/new-jersey-to-develop-first-purpose-built-offshore-wind-port-in-us/>

⁷⁹ 鄭方婷「過渡期にある温暖化・エネルギー転換対策」サステナ台湾—環境・エネルギー政策の理想と現実—第 1 回 (2019 年 8 月)、日本貿易振興機構アジア経済研究所ウェブページ https://www.ide.go.jp/Japanese/IDEsquare/Eyes/2019/ISQ201920_029.html

⁸⁰ 2030 年までに陸上 400 機、洋上 600 機を導入するというものである（なお、現在は 2025 年達成に目標が前倒しされている）。

⁸¹ Thousand Wind Turbines Project website, “Zonal Development.” <http://www.twtpo.org.tw/eng/offshore/development.aspx>

⁸² Thousand Wind Turbines Project website, “Directions of Zone Application for Planning.” <http://www.twtpo.org.tw/eng/offshore/directions.aspx>

FiT 制度の下で固定価格買取対象となる事業は、条件の異なる 2 種類の入札で選定される。2018 年の入札では、価格以外の条件による選定（3GW 分）と、価格競争入札による選定（2.5GW 分）が実施された。前者の選定分は、政府が設定した固定価格により、後者の選定分（約 1.7MW が落札）は、落札価格で買取られる。前者の選定では、ローカルサプライチェーンの構築が重視され、国内生産品の一定の利用が事業実施の条件となるが、後者の選定分にはそのような制約はない。FiT 買取価格と価格競争入札による落札価格は表 1-2 のとおりである。

なお、日本と異なり、競争入札は海域ごとではなく、海域をまたいで実施される。

表 1-2 台湾の洋上風力買取価格（2018 年選定分）

FiT 価格 (2018 年)	価格 (/kWh)	
	下記いずれかを選択	
5.8498NTD (22.08 円)	最初 10 年	7.1177NTD (26.86 円)
	残り 10 年	3.5685NTD (13.47 円)
FiT 価格 (2019 年)	下記いずれかを選択	
5.5160NTD (20.82 円)	最初 10 年	6.2795NTD (23.70 円)
	残り 10 年	4.1422NTD (15.63 円)
Da-Chang-Hua (920MW)	2.5480-2.5481NTD (9.62 円)	
Hai-Long II (232MW)	2.2245 NTD (8.40 円)	
Hai-Long III (512MW)	2.5025 NTD (9.44 円)	

注) 為替レートは日本銀行国際局「基準外国為替相場及び裁定外国為替相場」（2018 年 2 月 20 日付）を用いて換算

出典) 台湾経済省能源局プレスリリース（2019 年 3 月 18 日）

https://www.moea.gov.tw/MNS/english/news/News.aspx?kind=6&menu_id=176&news_id=83360 および offshore WIND.biz, “Taiwan awards further 1,664MW of offshore wind capacity,” (June 22, 2018)

<https://www.offshorewind.biz/2018/06/22/taiwan-awards-further-1664mw-of-offshore-wind-capacity/> を基に自然エネルギー財団作成

電力システムの整備

洋上風力発電所から陸揚げ地点までの洋上送電施設は、発電事業者が建設・運用するが、陸上システムの増強は、送電事業者（台湾電力公司）が行う。陸上システムの増強スケジュールは入札の際に示され、事業の予見可能性を確保している。価格以外の条件で選定された事業から先に連系が始まり、価格競争入札で決定した事業は、最終的な増強完成時（2025 年予定）に連系される予定である。なお、後述のとおり、価格以外の条件で選定された事業は、システムの接続時期が遅いほど国内産業への貢献が求められる⁸³。

⁸³ 系統接続時期を調整することでサプライチェーン産業の育成実現を目指すものとの指摘がある。Ker-Hsuan Chien, “Pacing for Renewable Energy Development: The Developmental State in Taiwan’s Offshore Wind Power,” *Annals of the American Association of Geographers*, Volume 110(3) (Apr. 2019), pp.793-807. <https://doi.org/10.1080/24694452.2019.1630246>

産業

台湾は、洋上風力を産業政策として明確に位置づけている。経済発展局は、アジア・太平洋市場をつかむことを視野に、インフラ環境の整備とサプライシステム構築の促進を目指す産業戦略を策定した⁸⁴。2021年から2025年までを3つのステージに分け、徐々に国内の供給能力を高めていく。事業者は、運転開始予定年ごとに、各ステージに対応する国内生産品の利用が求められる。

こうした戦略は、一定の成果を上げているとされる一方、国内生産品利用の要求レベルは厳しく、すべての事業者が政府のプログラム通りに対応するには至っていないという⁸⁵。

そのほか、インフラとしての基地港の整備⁸⁶や船舶の建造⁸⁷も進められている。また政府は、洋上風力プロジェクトの認証制度の整備にも取り組む。すでに2019年に発表したガイドラインがあるが、2022年以降に運転開始する事業に向けて、欧州の企業と協働し、製造、輸送、設置、運転開始の各段階に適用される第三者認証制度の構築を進める⁸⁸。

第2節 洋上風力先進国・地域の特徴

洋上風力先進国・地域は、さまざまな政策の工夫で洋上風力の導入拡大を進めているが、そこにはいくつかの共通点がみられる。具体的には、(1)明確かつ野心的な数値目標を掲げ、(2)事業リスクを下げる諸施策を講じて投資を呼び込む。また、(3)事業環境を確保しつつ競争を促す仕組みや、大量導入による規模の経済、(4)最適なサプライチェーンの構築を通じて、コストの低減を促す。

以下では、上記の4つの視点から各国の政策を整理する。

1. 大きな導入目標と市場の拡大

各国・地域の導入目標は大きい(表1-3)。また、1つ1つの洋上風力発電所の規模が大きくなるように計画を進めている。2015年以降、オランダでは700MWを超えるプロジェクトが落札され、イギリスでは1GWを超えるものが増えている⁸⁹。ドイツでも、2017年に行われた入札案件の最大容量は900MW⁹⁰である。大きな市場は投資を加速させ、規模の経済でコストダウンも加速す

⁸⁴ Huang Tsung Wen, "Taiwan Offshore Wind Industry Promotion Policy," (Apr.2018). http://www.cieca.org.tw/v_comm/inc/download_file.asp?re_id=2998&fid=35542

⁸⁵ Powerlinks, "Taiwan warns foreign offshore wind groups on local content," (Oct.22, 2019). <https://powerlinks.news/taiwan/news/warns-foreign-offshore-wind-groups-on-local-content>

⁸⁶ Taiwan International Ports Corporation Ltd. Website. <https://tc.twport.com.tw/en/cp.aspx?n=EF5129C3F6329BE6>

⁸⁷ Nadja Skopljak, "CSBC-DEME Reaches FID for First Taiwan-Built Offshore Wind Installation Vessel," offshoreWIND.biz (Jun.25, 2020). <https://www.offshorewind.biz/2020/06/25/csbc-deme-reaches-fid-for-first-taiwan-built-offshore-wind-installation-vessel/>

⁸⁸ Adnan Durakovic, "Taiwan Offshore Wind Project Certification Alliance Launches," offshoreWINDbiz.com (Jul.15, 2020). <https://www.offshorewind.biz/2020/07/15/taiwan-offshore-wind-project-certification-alliance-launches/>

⁸⁹ RenewableUK のデータベースによる。 <https://www.renewableuk.com/page/UKWEDSearch> (2020年11月22日アクセス)

⁹⁰ 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社「平成30年度 新興国におけるエネルギー使用合理化等に資する事業(海外における再生可能エネルギー等動向調査)調査報告書(公表用)」(2019年3月)表4-34, p.126. https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000766.pdf

る。そしてコストダウンがさらなる市場の拡大を可能にしている。欧州では、地域全体の市場規模が拡大しており、各国が市場環境の整備を進める市場間競争ともいえるべき状況も見える。欧州委員会は2020年11月、2030年までにEU域内で少なくとも60GW、2050年までに300GWを目指す目標を設定し、導入をますます加速しようとしている⁹¹。

高い導入目標と市場拡大の背景には、自然エネルギー技術のコストダウンと共に、気候危機を踏まえた各国政府の取り組みがある。それぞれ電力の自然エネルギー化・脱炭素化に向けて高い目標を設定し、化石燃料発電からの脱却を進める方策として、洋上風力の導入を図っている。こうした国の政策を受けて、産業界が投資を進める好循環が生まれている。

表 1-3 洋上風力先進国・地域の導入目標（2020年時点）

国・地域	気候変動対策目標 (RE:自然エネルギー)	洋上風力導入目標
イギリス	2032年までにGHG排出57%削減(1990年比)、 2050年までに“ネットゼロ”	2030年までに40GW 浮体式を2030年までに1GW
ドイツ	2030年までにGHG排出55%削減(1990年比)、 2030年までに電力最終需要に占めるRE65% 2050年までにカーボンニュートラル	2030年までに20GW 2040年までに40GW
オランダ	2030年までにGHG排出49%削減(1990年比) 2050年までにGHG排出95%削減(1990年比) 2050年までに発電部門で100%CO2ニュートラル	2030年までに49TWh(約11.5GW)
デンマーク	2030年までにGHG排出70%削減(1990年比) 2030年までに最終エネルギー消費におけるRE約55% 2050年までに“ネットゼロ” 2050年までに発電部門で100%を超えるRE	2030年までに5.3GW
米国(NY州)	2030年までに発電部門でRE70%	2035年までに9GW
台湾	2025年までに発電部門のRE25%	2025年までに5.5GW 2035年までにさらに10GW追加

出典) 下記資料及び第1節で参照した各国資料に基づき自然エネルギー財団作成
 IEA, “Offshore Energy Outlook 2019,” (脚注 4657)
 GWEC, “Global Offshore Wind Report 2020,” (脚注 3)
 European Commission website “National energy and climate plans (NECPs)” Final NECPs 掲載の各国資料
 イギリス HM Government, “The Clean Growth Strategy,” (Oct. 2017 amended Apr. 2018)

また、各国・地域は、今後10～15年間の導入スケジュールを併せて示している。イギリスでは、2015年以降、CfDの入札を2年ごとに実施している。また、オランダも、2015年からほぼ毎年約0.7GWの入札を計5回実施し、今後2030年までの稼働を目指す3つの海域について、2021年1.4GW、2022年0.4GW、2023年～2025年に4.0GWとすることを既に発表している。デンマークも同様に、2027年運転開始を目指して入札を実施する海域とスケジュールを公表した⁹²。台湾も、2026年から2035年まで、毎年1GWずつ導入することを発表している。

⁹¹ European Commission, “An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future,” (Nov. 2020), pp.1-2. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/offshore_renewable_energy_strategy.pdf

⁹² 2021年入札のThorは0.8～1GW、2022年入札のHesseløは0.8～1.2GWである。DEA website, “Ongoing offshore wind tenders”記載の各情報参照。 <https://ens.dk/en/our-responsibilities/wind-power/ongoing-offshore-wind-tenders>

こうした具体的な導入スケジュールの公表は、事業者が将来の市場規模や具体的な事業化タイミングのイメージを共有することにつながり、市場へ安定して投資できる環境を作っている。

2. 事業リスクの低減

安定した投資を確保するには、事業リスクの低減が必要である。洋上風力発電事業のリスクには、プロジェクト稼働の遅れや収入の変動などがあり（表1-4）、各国・地域はさまざまな施策を実施してリスク低減を図っている。事業リスクの低減は、全体コストの一定部分を占めるファイナンスコストの低減にとっても重要である（後記 Box）。

表 1-4 洋上風力発電事業に関わる事業リスクの例

考えられるリスクの例	
プロジェクト稼働前	<ul style="list-style-type: none"> ○ プロジェクト稼働の遅れや中止 ・系統接続 ・環境影響評価 ・利害関係者との調整 ・機械・建設などのサプライチェーン ・関連政策の変更
プロジェクト稼働中	<ul style="list-style-type: none"> ○ 収入の変動 ・売電価格の変動 ・機械の故障 ・気象条件や環境の大幅な変化等による発電電力量の変動 ・関連政策の変更

出典) 自然エネルギー財団作成

プロジェクト稼働前のリスクの1つである稼働の遅れや中止に関しては、電力系統への接続や環境影響評価、利害関係者との調整などの要因がある。以下、それぞれについて見てみたい。

電力系統への接続確保

電力系統は、洋上風力の活用の基盤となるインフラであり、これなくして洋上風力発電事業は成り立たない。洋上風力開発にあわせて、海上での変電施設の新設や陸上系統の増強が行われるが、その完成が遅れると洋上風力発電所の稼働も遅れてしまう。そのため、系統整備が洋上風力開発と同時並行で実施され、系統接続のタイミングが予見可能で、かつできる限り早期であることが求められる。オランダやデンマーク、台湾では、発電事業者を募集する際にあわせて系統整備案が示され、洋上風力が系統接続できるポイントや仕様、接続可能時期が公表される。また、ドイツやオランダでは、洋上の変電施設の建設・運用を発電事業者ではなく送電事業者が行う。複数の発電事業者が共同で利用できるよう施設の容量を調整し、環境への影響やコストの最適化を図ることが可能となる⁹³。ドイツやデンマークでは、系統整備の遅れによって洋上風力発電所の稼働が遅れた場合、発電事業者に対する補償制度が設けられている⁹⁴。

⁹³ 近時は、国境をまたいで洋上送電施設を利用するプロジェクトも検討が進んでおり、ドイツ・デンマーク間で2020年12月中旬に運用開始予定である。Energinet.dk website, “Kriegerrrs Flak – Combined Grid Solution.” <https://en.energinet.dk/Infrastructure-Projects/Projektliste/KriegersFlakCGS>

⁹⁴ デンマークにつき、DEA, “Invitation to dialogue The tendering procedure for Thor Offshore Wind Farm project,” (Nov.2019). https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Vindenergi/invitation_to_dialogue_-_thor_2019_002.pdf

環境影響評価における国の主導的役割

洋上風力が環境に与える影響を最小限にする上で、環境影響評価の重要性は論をまたない。事業リスク低減の観点からは、環境影響評価手続の充実と、発電所稼働時期の見通し確保のバランスをとることが必要である。この点、洋上風力先進国・地域の多くは、海域の指定や入札にあたり、国が環境情報を収集・公表し、または国が主導的に環境影響評価を実施するなどして、事業者による環境影響評価の長期化リスクを低減する施策を導入している。例えばオランダでは、指定海域における事業の環境影響評価は、入札に先立って国の機関が実施し、公開する。風車の大きさや数、基礎に用いられる技術などについて、考えられる幅を設定して行われる⁹⁵。また、デンマークでは、海域入札手続の中で、送電事業者である Energinet.dk が、洋上風力発電施設部分も含め、一定の環境影響評価を実施する。洋上風力発電施設部分の評価を適切なものにするため、入札の参加を検討する発電事業者との対話を通じて、風車の大きさや配置などいくつかのケースを想定して実施し、結果を公開する。オークションで選ばれた事業者は、実際のプロジェクトに基づいて環境影響評価を改めて行うが、入札手続時のデータの利用が可能である。イギリスやドイツ、米国では、個別プロジェクトの環境影響評価は主に事業者が実施するが、国等が海域の指定やゾーニングの段階で積極的に環境に関する情報を収集・公開するほか、洋上風力発電事業の実施による一般的な環境影響評価を実施しており（戦略的アセスメント）、各プロジェクトの環境影響評価の効率化を進めていると考えられる⁹⁶。

利害関係者との調整における国の積極的役割と情報共有・公開

洋上風力は海洋を大規模に利用するため、他の海洋利用者や景観を享受する地域住民との調整も不可欠である。こうした調整をスムーズに進めるため、欧州各国では、国が積極的役割を果たしている。例えばデンマークでは、先に述べたとおり、洋上風力を開発する海域の選定は、DEA が主催する「洋上計画委員会」が行う。この委員会には、自然環境、海上保安、航行、海洋資源採掘、景観、電力システムに関する政府機関や専門家が参加し、風速や系統接続、海運・航空、自然環境、景観、資源採掘を考慮し、有望な区域を特定する。複数の有望区域を開発コスト（系統費用など）の面から評価しつつ、関連政府機関や地元自治体との協議、パブリックコメント手続を経て、具体的な開発区域が設定される⁹⁷。ドイツや米国では、海域の指定にあたって BSH や BOEM が他の政府機関や州政府との調整を担い、利害関係者との対話やパブリックコメント手続を実施している。イギリスでは、利害関係者との調整における事業者の役割の重要性を指摘しつつも、クラウン・エステートが事業者等から収集した海域関連情報を公開するデータベースサイト（Marine Data Exchange）

⁹⁵ Supra note 41, RVO, “Hollandse Kust (noord) Wind Farm Zone, *Project and Site Description*, Appendix 2.”

⁹⁶ イギリスの例につき、前掲脚注 12、伊藤葉子「洋上風力発電の促進に向けた政策基盤整備：英国の取り組みと今後の課題」参照。ドイツにおけるゾーニングと環境影響評価の関係について、陸上風力発電の例ではあるが、畦地啓太「受容性向上と計画プロセスの効率化に着目したドイツの風力発電所立地ゾーニングに関する研究」環境情報科学 学術研究論文集 28 巻 (2014) p.173-178、https://doi.org/10.11492/ceispapers.ceis28.0_173。

⁹⁷ Supra note 49, “Danish Experiences from Offshore Wind Development,” 参照。なお、漁業関係者との調整（操業可能区域の設定や補償額の交渉等）は、開発区域の決定後に行われる。漁業への影響は環境影響評価の中で評価され、補償額の算出に必要なデータのほとんどは環境影響評価情報に含まれる。（ステート・オブ・グリーン主催セミナー「デンマークの洋上風力—30 年の経験からの学び（第 1 回 漁業と洋上風力の調和と共存）」（2020 年 11 月 5 日開催）におけるデンマーク漁業協会からの発表による）。

⁹⁸を2013年から設け、発電事業者間の情報共有はもとより大学・研究機関やNGOからの情報アクセスも可能にして、議論の土台を作っている⁹⁹。

プロジェクト稼働中のリスクの主要なものは、収入の変動である。機械の故障によって計画通りに発電できない場合のように、一定のリスクを織り込みつつ故障頻度を抑える技術革新などで対応するものもあるが、売電収入の変動のように、政策的にリスクを低減できるものもある。各国・地域は、安定した収入確保を実現するため、長期での電力購入スキームを導入してサポートを行っているが、コスト低減に向けた競争の促進も同時に目指すものとなっており、次項で改めて検討する。

3. 事業環境を確保しつつ公正な競争を促す仕組みの構築

洋上風力発電は、コストの高さが課題とされてきた。洋上風力拡大をけん引してきた欧州は、洋上風力発電の事業環境を確保して導入促進を図るため、経済的な支援スキームを整備してきた。

その結果、一定の導入が進んで市場が拡大し、競争が可能となってきた。こうした中で、コスト低減の方策の一つとして、価格競争を可能にする入札制度への移行が進められた。

現在のイギリスやドイツ、オランダ、デンマークでは、発電事業者が単位電力量当たりで確保したい売電価格を競い合う価格競争入札が基本となっている（表1-5）。そしてドイツやオランダでは、「確保したい売電価格」がない、つまり市場価格による売電を是とするいわゆる「補助金ゼロ」の案件も出ている。

表1-5 各国・地域の洋上風力発電への財務的支援スキーム

国・地域	支援スキーム	サポート期間	国・地域	支援スキーム	サポート期間
イギリス	CfD	15年	デンマーク	CfD	20年*
ドイツ	FiP	20年	米国（NY州）	電力会社による固定価格買取	25年
オランダ	FiP	15年	台湾	FiT	20年

* ただし Full load hours 5万時間分に限られる。

出典) 各国資料を基に自然エネルギー財団作成

なお、米国でも、RPS制度の下、電力供給事業者の買取義務を満たすための手段として、価格も考慮に入れた入札による事業者選定が行われている。また台湾では、政府設定のFiT価格による買取を基本としつつ、一部に価格競争入札制度を採り入れ、政府設定のFiT価格より安価な電力供給プロジェクトを同時に実現している。

⁹⁸ The Crown Estate website, “Marine Data Exchange.” <http://marinedataexchange.co.uk/>

⁹⁹ 事業運転開始後のデータも蓄積・公開される。データにより一般公開の度合いは異なる。The Crown Estate, “Marine Data Exchange Report January - June 2019.” <https://thecrownestate.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=4c14a168b8564612be8696fc6fc531fa>

他方で、こうした財務的サポートは、一時的には最終需要家への経済的負担となりうる。そこで、財務的サポートの規模の拡大を抑えるため、入札上限価格を設定し、将来の見通しを示すため数年先の入札の上限価格も併せて公表する例（オランダ）や、直前のラウンドの落札価格をもとに設定する例（ドイツ 2017 年法）がある。また、イギリスやデンマークでは、今後の財政的補助の全体額を設定している。

加えて、価格競争にあたり、入札参加事業者が同じ土俵で、かつ適正な条件で競えるよう、事業の前提となる情報の公開・共有にも配慮されている。例えばオランダでは、入札に関する情報は、オランダ企業局（RVO）が一元的に広く公開している。直近の Hollandse Kust (noord) についてみると、入札プロジェクトの情報を集めたポータルサイトがあり¹⁰⁰、主な情報は” Project and Site Description”に記載されている。Appendix A には適用法、Appendix B には環境影響評価の概要、Appendix C には境界と座標が既設物の詳細な情報等と共にまとめられている。コストに関する情報もあり、均等化発電原価(Levelized Cost Of Electricity、LCOE)をシナリオ毎に発電電力量の増減比で評価した”LCOE: Baseline and Scenarios”が公開されている。また、デンマークでも、海域や環境、系統に関する情報とともに、入札の実施前に行われる政府と入札予定事業者との対話で出されたさまざまな意見や質疑応答の結果を、事業者の営業情報に配慮した形で公開している¹⁰¹。

4. 国内サプライチェーンの構築

洋上風力のタービンは、数万点におよぶ部品でできており、基礎の製造、風車の組み立ても含めた強固なサプライチェーンの構築は洋上風力拡大に不可欠である。風車だけでなく、建設や運転維持等に必要なインフラ（拠点港）、人材育成も求められる。洋上風力先進国・地域では産業政策としても取り組まれ、大量導入とコスト低減を支えている。

その有名な政策例の1つに、イギリスの産業政策があげられる。2012 年にはコスト低減のためのタスクフォースが設置され¹⁰²、サプライチェーン構築の重要性と具体的な施策が提案された。その後には産業界と国の対話の場となる協議機関 Offshore Wind Industry Council (OWIC)を含むさまざまな機関の設立と協働が行われてきた。2019 年の「セクター・ディール」は、こうした取り組みの発展の先にまとめられたものである（概要は表 1-6 のとおり）。

なお、上記セクター・ディールでは、国内調達比率の確保が重要な戦略目標となっているが、これは洋上風力に対する CfD によるサポートを正当化する根拠ともなっている。洋上風力発電事業者は、CfD への応募に先立って、調達計画を国に提出し承認を得なければならない。

¹⁰⁰ RVO による Hollandse Kust (noord) 入札プロジェクトの情報ページ <https://offshorewind.rvo.nl/generalnh>

¹⁰¹ DEA による Kriegers Flak 入札プロジェクトの情報ページ <https://ens.dk/en/our-responsibilities/wind-power/ongoing-offshore-wind-tenders/kriegers-flak>

¹⁰² Offshore Wind Cost Reduction Task Force Report, (Jun. 2012). https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/66776/5584-offshore-wind-cost-reduction-task-force-report.pdf

表 1-6 イギリス洋上風力産業政策の概要

	産業界	政府
アイデア	<ul style="list-style-type: none"> 洋上風力を電力システムに統合するための先駆的技術開発に向けたタスクグループを設置 研究・開発・実証活動への投資，知的財産の競争力・開発を継続・強化 	<ul style="list-style-type: none"> 研究・開発・実証活動への資金提供の継続 左記タスクグループへの協力
人材	<ul style="list-style-type: none"> スキル・トレーニングの充実（認定制度の策定等） ダイバーシティの推進 若手の育成 研究・開発・実証活動における大学との協働拡大 	<ul style="list-style-type: none"> 産業が進める人材投資グループに参加
インフラ	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までに400億ポンド以上の投資を実施 差額決済契約（CfD）を通じて，コスト削減を継続 	<ul style="list-style-type: none"> 最大5億5,700万ポンドをCfDに確保 次回ラウンドは2019年5月までに，以後2年毎に実施 各種課題への取組（航空機とレーダー，累積的環境影響，海洋の他の利用者との調整） ラウン・エステートの戦略的プログラム，リース計画の整備
ビジネス環境	<ul style="list-style-type: none"> より生産的・競争力あるサプライチェーンの構築 Offshore Wind Growth Partnership 設立と財的支援（今後10年間で最大2億5000万ポンド） 2030年以後の事業着手に関しライフタイム全体でのイギリス国内部品調達率達成目標（60%）を設定 輸出拡大 2030年までに年間26億ポンドに 中小企業支援 新規案件情報の共有 	<ul style="list-style-type: none"> 輸出支援プログラムの維持 国内投資支援プログラムの維持 将来技術支援のための枠組み作り（浮体式／ハイブリッドプロジェクト）
地域社会	<ul style="list-style-type: none"> 地域社会との協働、クラスターの活性化 石油・ガス産業との間の労働流動性引き上げ 地域社会給付基金などを通して地域社会に還元 	<ul style="list-style-type: none"> 1億1,500万ポンドの地域社会強化基金を用いた地域支援 専門技能と経営支援への投資を進める地域企業パートナーシップの活用

注) 表記載の産業界及び政府の各取組みは政策の一部

出典) ビジネス・エネルギー・産業戦略省「洋上風力発電産業政策」（駐日英国大使館訳）（2019年）（脚注17）を基に自然エネルギー財団作成

また台湾では、アジア市場への輸出も視野に入れたサプライチェーン構築政策をとっている。国外の洋上風力関連事業者が台湾企業との協力関係を築き、台湾企業が洋上風力産業のサプライチェーンに組み込まれることを促進し、サプライチェーンの基盤の確保に努めている。その方策として、入札による事業者の選定や系統接続において、ローカルコンテンツの利用を高く評価し、誘導を行っていることは前述のとおりである。経済発展局が策定したプログラムの概要を表1-7に示す。

表 1-7 台湾の洋上風力サプライシステム構築プログラムの概要

系統接続年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年
フェーズ	フェーズ開始前		フェーズ 1	フェーズ 2	
産業促進 対象部品	<ul style="list-style-type: none"> ・タワー ・基礎 ・陸上電気設備 <ol style="list-style-type: none"> 1. 変圧器 2. 開閉器 3. 配電盤 ・海洋工事 <ol style="list-style-type: none"> 計画, 設計, 建設, 監視, 製造 1. 調査、ケーブル敷設、調査・探査等 船舶及び建設機器利用計画と安全管理 2. 船舶の建造 新造又は改造のためのサプライチェーン提供（調査, サポート, 海底整備, 運搬, ケーブル敷設用船舶を含む） 	<ul style="list-style-type: none"> ・風力発電用部品 <ol style="list-style-type: none"> ローター・ナセルの組立、変圧器、配電盤、無停電電源装置、軸受け、ケーブル、ローターハブ、ボルト ・海底高圧ケーブル ・海洋工事 <ol style="list-style-type: none"> 計画, 設計, 建設, 監視, 製造 1. タワー, 基礎等の建設及び監視。船舶及び機器利用計画と安全管理 2. 船舶の建造：新造又は改造のためのサプライチェーン提供（輸送及び建設用の船舶を含む） 	<ul style="list-style-type: none"> ・風力発電用部品 <ol style="list-style-type: none"> ギアボックス, 発電機、電力変換器、ローターブレードとエポキシ樹脂、ナセルカバー、ナセルヘッドフレーム/プレート ・海洋工事 <ol style="list-style-type: none"> 計画, 設計, 建設, 監視, 製造 風力発電設備の建設 船舶及び機器利用計画と安全管理 	～2024年 系統接続 対象商品	
					～2022年系統接続 対象部品

(注：系統接続年はエネルギー局の発表による変更がありうる)

出典) Huang Tsung Wen, "Taiwan Offshore Wind Industry Promotion Policy," (Apr.2018)
http://www.cieca.org.tw/v_comm/inc/download_file.asp?re_id=2998&fid=35542 を基に自然エネルギー財団作成

こうした戦略は、一定の成果を上げている。例えば、風車メーカーのシーメンス・ガメサ社は、台湾国内のナセル組み立て拠点を拡張するとともに、ナセルの部品サプライヤーとして台湾企業と契約を締結し、サプライヤーは輸出に向けた生産工場や生産ラインを設けることを発表している¹⁰³。また、デンマークに拠点を置き、台湾で総計約 600MW の洋上風力開発事業に携わる Copenhagen Infrastructure Partners (CIP) は、基礎のデザインや建設に関し台湾企業と欧州企業の協定・ジョイントベンチャーの設立を進めるほか、台湾の大学と連携し、技術や維持管理人材の教育プログラムの提供などを報告している¹⁰⁴。他方で、台湾政府による国内生産品利用の厳しい要求が、かえってコストの増加につながる懸念も指摘されている¹⁰⁵。

¹⁰³ Siemens Gamesa, press release, "Siemens Gamesa to establish regional offshore wind nacelle industrial hub in Taiwan with 300 MW Hai Long 2 as anchor project," (May 15, 2019).
<https://www.siemensgamesa.com/-/media/siemensgamesa/downloads/en/newsroom/2020/05/siemens-gamesa-press-release-industrial-hub-taiwan-en.pdf>

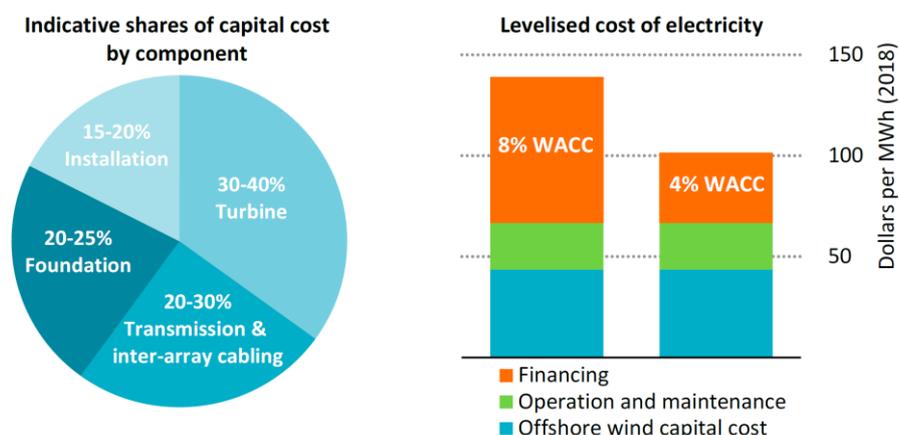
¹⁰⁴ Marina Hsu, "CIP's Localization Operations — Enablers in Taiwan," (Apr.25,2019). <https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/05/GOWST-Marin-Hsu-CiP.pdf>

¹⁰⁵ GWEC は、過度の国内生産品利用要求はコスト増と市場の縮小をもたらすとして、台湾政府と対話を行っているとする。Liming Qiao, "Engagement in Taiwan Offshore Round 3 Auction Rules," (Jul.8, 2020).
<https://gwec.net/responding-to-covid-19-building-resilience-through-the-storm/>

Box. 洋上風力発電のコスト

洋上風力発電のコストには大きく資本コスト、維持運用コスト、ファイナンスコストがある。資本コストのうち大きな割合を占めるのはタービンで、送電施設、風車の基礎、これらの建設コストがこれに続く（図 B-1）。

図 B-1 洋上風力の資本コストの割合と LCOE に占める各種コストの割合



出典) IEA, “Offshore Wind Outlook 2019” (脚注 46) Figure 7, p.24.

世界の洋上風力発電のコストは、近年急激に低減している。GWECによれば、2013年にはLCOEで255USドル/MWh(25.5USドルセント/kWh)だったコストは、2020年には83USドル/MWh(8.3USドルセント/kWh)になり、さらに2025年には58USドル/MWh(5.8USドルセント/kWh)まで低下すると想定されている(図 B-2)¹⁰⁶。また、IRENAによれば、2030年の洋上風力のLCOEは、約5USドルセント/kWhから9USドルセント/kWhの範囲内に、2050年は約3USドルセント/kWhから7USドルセント/kWhの範囲内と予想されている¹⁰⁷。

こうしたコスト低減は、技術革新が後押ししてきた。例えば、タービンの大型化は、基礎や建設コストも含めて風車一基当たりのコストを押し上げるが、発電電力量が格段に増加するため、風車の本数を増やさずに発電所の規模を大きくすることができ、LCOEを低下させる要因となる。維持運用コストも、モニタリング技術の進化などの技術の進歩等によってコストを下げる事が可能となってきた。

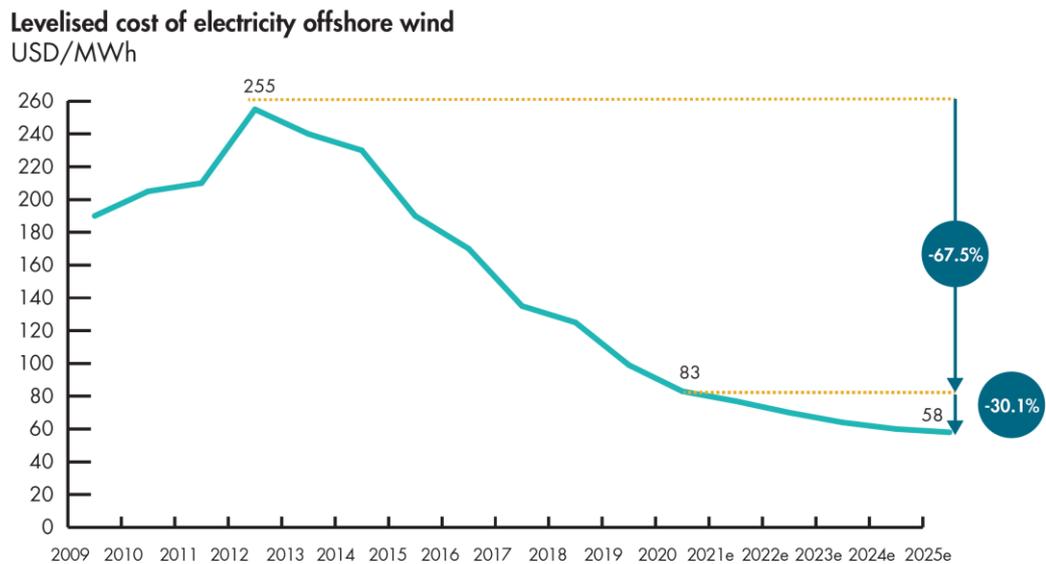
そのほかにも、洋上風力発電事業の実例が増えることによって、建設や維持運用の技術習熟度が向上すること、故障の少ない安定した出力によってプロジェクトとしての信用性が向上していること、規模の経済によって部品等の量産化が可能となることなども、コスト低下要因として指摘できる。こうした要因は、今後市場が拡大する確かな見通しが示されたことで、事業者による将来を見据えた積極的な投資が可能となって生じたといえるだろう。

¹⁰⁶ Supra note 3, GWEC, “Global Offshore Wind Report 2020”, p.45.

¹⁰⁷ Supra note 1, IRENA, “Future of Wind”, Figure 24, p.50.

そして、適切な時期の価格入札手続の導入で、多くの発電事業者によるコスト低減に向けた競争が起こったことも、重要な要素である。

図 B- 2 世界の洋上風力の発電コストの推移



Methodology: BNEF LCOE scope for offshore wind farms includes all transmission costs up to the project's onshore substation, which is also included. The outlook from 2020-2025 is a fitted curve best reflecting future levelized auctions bids (it mixes auctions including and excluding the cost of transmission to shore).

Source: BNEF LCOE Database Jan 2020, GWEC Market Intelligence

出典) GWEC, "Global Offshore Wind Report 2020" (脚注 3) , p.45.

第2章 日本の洋上風力—課題と対応の方向性

日本では、2004年に初めての洋上風力発電所が設置されて以来、ようやく大規模な洋上風力の導入が始まろうとしている。本章では、日本の現状を概観する（第1節）。現在まさに各種制度・政策づくりが進められているところであり、あらゆる施策や取組みを網羅することは容易でないため、海域利用ルールや事業者選定、系統などの基盤となる制度の現状を中心に確認する。その上で、洋上風力先進国・地域の特徴から学び、日本がめざすべき方向性を示してみたい（第2節）。

第1節 日本の洋上風力の現状

1. 国の方針と導入状況

日本における洋上風力の導入量は、2020年9月現在約20MWである。その多くは国による実証事業で、商業運転案件は実証事業を終了した2か所約4.5MWにとどまる。他方、日本の洋上風力のポテンシャルは、環境省のスタディを基にした試算からは、約715GW¹⁰⁸と大きなものである。

しかしながら、2018年に制定された現行の第5次エネルギー基本計画は、「4年前の計画策定時に想定した2030年段階での技術動向に本質的な変化はない」と評価し、2014年に設定した2030年長期エネルギー需給見通しに変更を加えていない¹⁰⁹。この中で、自然エネルギー（大型水力を含む）の電源構成における割合は22～24%程度、風力発電は1.7%程度（10GW）と設定され、洋上風力はそのわずか10%にも満たない0.82GWと想定されている¹¹⁰。

一方で、洋上風力の導入促進を後押しする施策も進められてきた。内閣に設置されている総合海洋政策本部は、2012年に策定した方針の中で、洋上風力の実用化・事業化に向けて、海域利用に係る関係者との調整、海域利用に係るルールの明確化、適切な環境影響評価、コスト低減などの課題を指摘し¹¹¹、これに続く海洋基本計画で具体的な政府の取組を策定してきた¹¹²。海域利用ルール、とりわけ長期占用制度の欠如は法整備で対応され、港湾地域については2016年の港湾法を改正、これに続く形で一般海域については長期占用と固定価格買取制度を連携させる新しい枠組みが作られた¹¹³。こうした政府の動きは、徐々に洋上風力発電事業への投資を促し、2020年6月現在、約

¹⁰⁸ 環境省「令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書」（2020年6月）第3章5、表3.5-4「洋上発電の導入ポテンシャル集計結果」データを基に自然エネルギー財団で推計（事業性の観点から着床式で7.0m/s以上、浮体式で7.5m/s以上を合計）。
https://www.env.go.jp/earth/report/post_2.html

¹⁰⁹ 「エネルギー基本計画」（2018年7月3日閣議決定）p.3。
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/

¹¹⁰ 資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し関連資料」（2015年7月）p.47, 67。
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/pdf/report_02.pdf

¹¹¹ 総合海洋政策本部「海洋再生可能エネルギー利用促進に関する今後の取組方針」（2012年5月25日）
<https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/energy/pdf/houshin.pdf>

¹¹² 「海洋基本計画」（2013年4月26日閣議決定の第2期及び2018年5月15日閣議決定の第3期）
<https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/plan/plan.html>

¹¹³ 2018年11月、内閣府総合海洋政策推進事務局、経済産業省、国土交通省が立案した「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」が成立し、翌2019年4月から施行された。なお、同名の法律案が2018年3月にも国会に提出されたが、一度廃案となっている。

18GW（うち港湾区域で0.7GW）の事業が環境アセスメント手続中である¹¹⁴。大規模な案件は、秋田県沖や青森県沖に集中している。

2. 再エネ海域利用法による海域占用手続

「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（再エネ海域利用法）」は、国が促進区域を指定して、事業者を公募入札で選定する手続を定める¹¹⁵。選定された事業者は、固定価格買取制度の下で FiT 認定を受けることとなっており、両制度は連携している。

促進区域の指定段階では、まず、経済産業大臣及び国土交通大臣（以下本項で「両大臣」という）が区域の状況調査を実施する。促進区域指定の条件となる情報（気象や海象等）のほか、地域の利害関係者（漁業関係者など）との調整状況などの情報を収集する。促進区域への指定の希望がある都道府県からも、定期的に情報提供を受けつける¹¹⁶。その上で、早期に促進区域に指定できる見込みがある区域をまず「有望な区域」として選定する¹¹⁷。「有望な区域」として選定されるためには、促進区域の候補地があること、利害関係者を特定し「協議会」を開始することに同意が得られていること等が条件である¹¹⁸。

「協議会」は、利害関係者との調整を行う組織である。協議会は、両大臣と関係都道府県知事が組織し、農林水産大臣、関係市町村長、利害関係者、学識経験者が構成員となる（事業者選定後は選定された事業者も構成員として参加する）¹¹⁹。協議会の構成員は、協議の結果を尊重する義務を負う（法9条6項）ことから、協議会はその後の発電事業や地域との関係を形作る重要な場となる。

促進区域への指定は、協議会の協議が整って、国が実施する海域の現地調査（風況や地質等）などが完了した区域が対象となる。指定に際しては、有識者を含めた第三者委員会での審査、パブリックコメント手続、農林水産大臣・環境大臣等の関係行政機関の長との協議、都道府県知事や協議会からの意見聴取が実施される。

¹¹⁴ 環境省環境影響評価情報支援ネットワーク (<http://assess.env.go.jp/>)のデータに基づき自然エネルギー財団調べ。

¹¹⁵ 先行する港湾法改正で定められた長期占用制度も、再エネ海域利用法と同様の公募による事業者選定手続を備えている。

¹¹⁶ 経済産業省資源エネルギー庁、国土交通省港湾局「海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域指定ガイドライン」（2019年6月）p.10-11
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/dl/legal/guideline.pdf

¹¹⁷ 「有望な区域」の選定はガイドラインに基づく運用上の制度だが、促進区域指定に必要な詳細調査を行う区域を絞り込むためのもので、促進区域指定への第一関門である。「有望な区域」への選定に当たっては、有識者を含めた第三者委員会の意見を聴取する。前掲脚注116「促進区域指定ガイドライン」p.11参照。

¹¹⁸ 前掲脚注116「促進区域指定ガイドライン」p.11。

¹¹⁹ 前掲脚注116「促進区域指定ガイドライン」p.12。

促進区域指定後は、公募によって事業者を選定する。選定の条件は公募占用指針に示されるが、国は、その際併せて、事業に密接に関わる情報を可能な限り事業者に提供することとされている¹²⁰。これまでの例（促進区域に指定された4区域の公募占用指針（案も含む）による）では、占用料や協議会のとりまとめが公募占用指針に掲載されている。他方、風況・海象等の調査結果と系統については、一定の要件を満たす入札希望者に限定して提供されており一般には公開されていない¹²¹。また、環境影響評価手続は、海域占用手続とは別に、事業者が行う。アセス文書の公開は、公告・縦覧期間は義務化されているものの、それ以降の公開は任意であり、また事後調査の公開も法定されていない。環境影響評価関連情報の国側からの提供も、これまでは特段行われていない。

事業者は公募占用計画を提出して応募する。公募占用計画の評価は、供給価格と事業実施に関する技術的能力、地域との共生（地域との調整や地域経済等への波及効果）を総合的に評価して行う¹²²。両大臣は、地域との共生に関し都道府県知事の意見を参考聴取した上で、第三者委員会の評価に付し、その意見をふまえて事業者を選定する。選定された事業者の公募占用計画は認定から30年間有効となる。経済産業大臣は、選定事業者の事業を固定価格買取制度に基づく発電事業計画として認定し、国土交通大臣は選定事業者に当該海域の占用を30年間許可する（ただし認定された公募占用計画の有効期間内に限られる）。

促進区域への指定の量とスピードは、洋上風力の導入スピードに大きくかかわる。2019年4月の法施行以降、両省は促進区域の指定へ向けての進捗状況を2度公表した。2019年7月には、「一定の準備が進んでいる区域」として11区域、そのうち4区域を「有望な区域」として公表した（図2-1）。この4区域のうち長崎県五島市沖は2019年12月に促進区域に指定され、2020年6月より事業者の公募が開始された。残りの3区域（秋田2区域、千葉1区域）も、同年7月に促進区域に指定され、同年11月に事業者の公募が始まっている¹²³。また、2020年7月の公表では「一定の準備が進んでいる区域」を10区域そのうち4区域を「有望な区域」とした。現在、合計14の区域が促進区域や有望な区域、そして一定の準備段階に進んでいる他の区域として挙がっている（図2-1）。

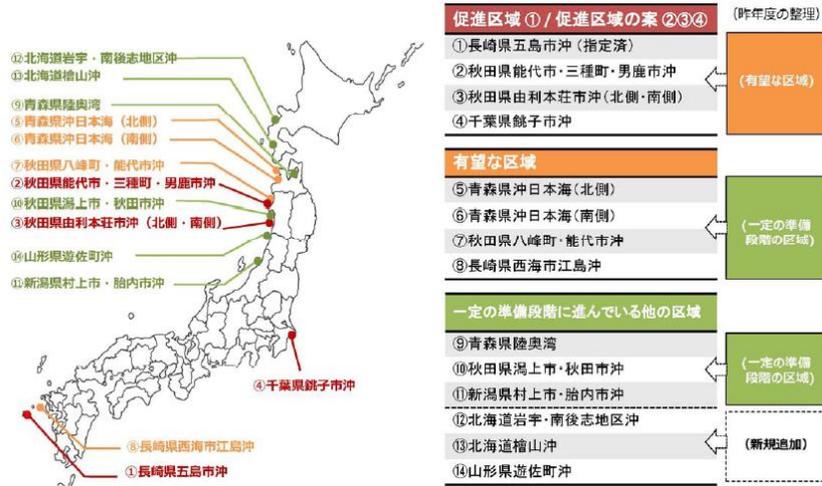
¹²⁰ 経済産業省資源エネルギー庁、国土交通省港湾局『『総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会洋上風力促進ワーキンググループ』『交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力促進小委員会』合同会議中間整理』（2019年4月）p.32。
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/yojo_furyoku/pdf/20190422_report.pdf

¹²¹ 長崎県五島市沖の例につき、経済産業省資源エネルギー庁ウェブサイト「なっとく！再生可能エネルギー」洋上風力発電関連制度「事業者選定について」欄参照。
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/index.html#sentei

¹²² 評価基準は公募占用指針に定められる（法13条2項15号）。経済産業省資源エネルギー庁、国土交通省港湾局「一般海域における占用公募制度の運用指針」（2019年6月）p.8以下。
<https://www.mlit.go.jp/common/001292755.pdf>

¹²³ 前掲脚注121、経済産業省資源エネルギー庁「なっとく！再生可能エネルギー」「事業者選定について」の3区域の情報参照。

図 2-1 再エネ海域利用法に基づく促進区域の指定状況



出典) 経済産業省・国土交通省 「洋上風力の産業競争力強化に向けて」 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会 (第1回) 資料3 (2020年7月17日) p.7.
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/dl/kassei/sangyou/01_docs03.pdf

ただし、今後の促進区域指定の量とスピードは、政策として明確になっているとはいえない。数値的な目標としては、再エネ海域利用法の KPI (Key Performance Indicator、重要業績評価指標) として、2030 年度までに運転が開始されている区域を 5 区域とすることが示されるのみであり、2020 年現在既に目標値に到達間近となっている。計画的な導入促進の在り方も「検討していくべき」とされるにとどまっている¹²⁴。

加えて、具体的な促進区域の指定手続で、規模の設定や選考条件の不透明さは否めない¹²⁵。促進区域の指定の入り口となる「有望な区域」の選定に関し、都道府県等から提供された情報や選定の経緯は公開されていない。「既に一定の準備段階に進んでいる区域」の中で「有望な区域」でない区域については、留意事項が挙げられているが、詳細な内容が不明である上に、次年度に「有望な区域」へ選ばれた際にどのように留意事項が解決されたのかも非公開である。将来の促進区域指定の具体的な方向性が見えない現状がある。

¹²⁴ 前掲脚注 120「中間整理」 p.8 参照。本中間整理では、同時に、導入見通しや区域数はキャップ（上限）ではないとも指摘されている。

¹²⁵ 前掲脚注 116「促進区域指定ガイドライン」により、第三者委員会の委員の名前と選考過程は非公開とされている (p.11)。

3. 固定価格買取制度の状況

2014 年度から洋上風力についての固定価格の買取区分が設定され、その買取価格は着床式・浮体式ともに 36 円/kWh であった。その後、再エネ海域利用法の制定を見据え、着床式については、固定価格での買取を 2019 年度までとし、2020 年度以降は、再エネ海域利用法に基づく入札によって買取価格を決定することとした（入札制への移行）。2019 年度末の洋上風力の認定容量は、最終的に 66.8MW であり、これらについては 36 円/kWh の買取価格が適用される。2020 年度に公募占用指針が策定される着床式の 3 海域については、29 円/kWh の上限価格が設定された¹²⁶。

なお、再エネ海域利用法外の案件についても、入札制に移行するか否かが検討され、2020 年度から着床式の入札制移行が決定された。その理由について、調達価格等算定委員会は、次の理由を挙げている¹²⁷。

- ・ 港湾法改正や再エネ海域利用法による制度整備等を契機とし、近時環境アセスメント手続中の案件が急増しており（一般海域のみで累計約 13GW）、「着床式風力発電全体について、既に十分な競争環境が成立していると考えられる」こと
- ・ 再エネ海域利用法の適用の有無だけで発電コストに影響する諸元に差異は生じないこと
- ・ 適用外案件を入札制にしなければ、事業者が入札対象となる再エネ海域利用法案件から外れようとするインセンティブとなり、再エネ海域利用法を通じた事業者間の競争が損なわれるおそれがあること
- ・ 海外の FiT 制度の調達価格等はほぼ入札で決定され、そうした制度設計もあって調達価格の低減が実現していること

浮体式洋上風力は、2020 年度まで 36 円/kWh の固定価格が維持されている。しかし、2021 年度以降については、2020 年度の調達価格等算定委員会で検討することとしている。

4. 電力系統への接続

洋上風力のポテンシャルは北海道や東北地方北部、九州など、大消費地から離れたところにある。洋上風力由来の電力を日本全体で活用するためには、洋上風力発電所から陸揚げまでの送電線だけでなく、陸上の送電線（電力系統）の効率的な利用や増強が不可欠である。しかし、日本のこれまでのルールの下では、先に作られた発電所が確実に送電できるよう送電線の容量を最大限確保し（先着優先）、新たに作られる発電所を接続する場合には送電線の増強が必要である。そのため、送電線増強にかかる莫大な費用と 10 年スパンの長い時間がかかることが課題とされてきた。また、こうした送電線の増強は、発電事業者の求めに応じて送配電会社に対応する形となっており、将来的な電源配置を見据えた地域全体、あるいは日本全体の電力系統の将来像に基づいた計画的・効率的なものではない。

¹²⁶ 3 地域の各公募占用指針による。前掲脚注 121 参照。

¹²⁷ 調達価格等算定委員会「令和 2 年度の調達価格等に関する意見」（2020 年 2 月 4 日）p.51 以下。
https://www.meti.go.jp/shingikai/santei/pdf/20200204001_1.pdf

例として東北北部エリアの送電線増強についてみると、電源接続案件募集プロセスと呼ばれる手続によって増強計画が進められている。この手続は、電力広域的運営推進機関（広域機関）が主宰し、近隣の電源接続案件の可能性を募って、複数の電気供給事業者により工事費負担金を共同負担して系統増強を行う手続で、この完了を待って具体的な工事に入る¹²⁸。このプロセスは2016年10月に開始決定したが、応募した発電事業者の辞退などが原因で手続が長引き、プロセスの完了は2021年2月下旬頃の見込みである¹²⁹。2019年8月に公表された募集プロセスの結果によると¹³⁰、合計約3.9GWの連系容量に対して、洋上風力が約3分の2の2.6GWを占めている。

このような新しい発電所の接続問題は、洋上風力を含む自然エネルギー全体の重大な課題であり、政府も対応策を打ち出している。

まず、既存の送電線の効率的な運用を進めるため、発電所の最大出力ではなく1年間(8,760時間)の出力状況を想定して送電線を運用し、新規の発電所もできる限り接続する代わりに、発電出力が送電容量を超える場合には出力制御で対応する取組みが始まった。日本では、東京電力パワーグリッドが2019年5月から試行的に取り組んできたが¹³¹、2021年中に全国展開を目指すとしていている。

また、自然エネルギーの大量導入に向けて、将来の電源配置を想定した全国大の広域的な系統計画を行うため、自然エネルギーのポテンシャルから必要な系統整備を考えるマスタープランが策定されることとなった。地域間連系線と基幹系統（地内の上位2階級の電圧の送電線）について、費用便益分析等を行い増強の要否を判断する。これに合わせて、これまでの事業者主導による手続（募集プロセス）に代わり、国が促進区域への導入量を想定し、あらかじめ系統を確保することができる仕組み（「一括検討プロセス」）が整備された。しかしながら、マスタープラン第1次案の作成についてみると、前提となる自然エネルギーの導入量は、発電事業者の現在の供給計画を積み上げて作られた数字となっており、将来必要と予測される膨大な導入量から検討するものとはなっていない。また、マスタープラン策定過程で行われる費用便益分析も、検討される便益を金銭価値に変換可能なもののみとする従前の手法を踏襲する方向性が示されており、自然エネルギー導入の効果が十分考慮されない可能性がある¹³²。

¹²⁸ 電力広域的運営推進機関 「電源接続案件募集プロセスの具体的な進め方について」（2020年4月）
https://www.occto.or.jp/access/process/files/200401_process_susumekata.pdf

¹²⁹ 広域機関「東北北部エリア 電源接続案件募集プロセス」（2020年10月30日更新情報による）
https://www.occto.or.jp/access/process/tohoku/tohoku_hokubu.html

¹³⁰ 東北電力株式会社 「東北北部エリア電源接続案件募集プロセスの対応について(2020年3月10日)」 経済産業省総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会新エネルギー省委員会／電力・ガス事業分科会電力・ガス基本政策小委員会系統ワーキンググループ第25回資料3、p.3。
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/shin_energy/keito_wg/pdf/025_03_00.pdf

¹³¹ 東京電力パワーグリッド株式会社「千葉方面における再生可能エネルギーの効率的な導入拡大に向けた「試行的な取り組み」について(2019年5月17日) https://www.tepco.co.jp/pg/company/press-information/press/2019/1515133_8614.html

¹³² なお、新しい制度への移行に当たり、従来の募プロで系統を確保している事業者が促進区域の選定事業者と異なる場合の承継手続も課題である。

加えて、日本では、新たな発電所の接続により送電線の増強が必要な場合には、送配電会社が負担する費用に上限が設けられており、残りは発電事業者が負担する。前述の募集プロセスは、その負担額を決める手続でもあり、応募辞退などにより負担額が決まらない状況も生じさせた。手続の遅れとともに、接続コストが時として過大となり、予見可能性が低い点も課題である。

5. 産業界・地域の動き

日本の洋上風力市場に対し、国内外の事業者の関心が急速に高まっている。海外からは、例えば、Ørsted 社（デンマーク）が東京電力ホールディングス株式会社と共同出資会社を設立して銚子沖の案件に参画する¹³³。また、ドイツの電力会社 RWE 社は、2019 年 4 月に九電みらいエナジー株式会社との間で協力協定を締結している¹³⁴。Equinor 社（ノルウェー）も、秋田沖の案件を手掛けるコンソーシアムに参加する¹³⁵。Iberdrola 社（スペイン）の参画も発表されており¹³⁶、世界で洋上風力発電事業をけん引する事業者が、日本市場に参入している。

日本の大手電力会社も、国内外を問わず、洋上風力への参画を相次いで発表している。例えば、中部電力株式会社は三菱商事パワー株式会社等と共に、促進区域に決定した長崎県五島市沖以外の 3 区域¹³⁷（秋田県由利本荘市沖、秋田県能代市、三種町および男鹿市沖、千葉県銚子市沖）について、環境影響評価の配慮書を提出している。また、株式会社 JERA（東京電力フュエル&パワー株式会社と中部電力株式会社の合弁会社）は、英国の「ガントフリースンズ」や台湾の「フォルモサ 1・2」等の海外の事業¹³⁸にも参画しており、前述の秋田沖の案件のほか北海道の石狩湾沖の案件について環境影響評価に着手している¹³⁹。

¹³³ Ørsted 社「オーステッド、東京電力と共同出資会社を設立し日本市場に参入 アジア太平洋の洋上風力発電を推進 (2020 年 3 月 18 日)」 <https://orsted.jp/ja/news/2020/03/orsted-taps-into-japan-with-new-joint-venture-with-tepco>

¹³⁴ RWE Renewables Japan 合同会社ウェブサイト <https://jp.rwe.com/rwe-renewables-japan>

¹³⁵ 「ジェラなど 3 社、本県洋上風力発電応募へ 共同事業体を結成」秋田魁新報（電子版）2020 年 9 月 10 日付 <https://www.sakigake.jp/news/article/20200910AK0003/>

¹³⁶ 「欧州風力首位イベルドローラ、日本の洋上風力に参入」日本経済新聞（電子版）2020 年 9 月 18 日付 https://r.nikkei.com/article/DGXMZO64003310Y0A910C2000000?n_cid=kobetsu&s=4

¹³⁷ 中部電力報道発表資料より <https://www.chuden.co.jp/publicity/press/>

¹³⁸ JERA ウェブサイト「事業紹介 主な参画案件」参照 <https://www.jera.co.jp/business/projects>

¹³⁹ JERA 『「(仮称) 石狩湾沖洋上風力発電所建設計画 計画段階環境配慮書」の送付および縦覧の開始について』(2020 年 8 月 24 日) https://www.jera.co.jp/information/20200824_524

こうした国内の洋上風力の市場拡大が見えてきた中、サプライチェーン側の産業も少しずつ動き出した。近年の日本では、風力産業サプライチェーンの勢いは下降傾向だった。かつては日本にも風車メーカーがあったが、2020年現在、日本国内のメーカーは存在しない。発電機や軸受等の部品メーカーは多数あるが¹⁴⁰、部品製造や関連機器産業に参入している企業の売上高には、近年減少傾向が見えていた¹⁴¹。また、海洋工事については、海洋での石油・ガス産業が盛んな欧州と異なり、もともと日本に経験豊富な産業があるとはいえない。しかしながら、海外市場の拡大も背景に、材料メーカーの洋上風力市場への販売強化方針や、部品・材料メーカーによる海外企業との提携、風車の基礎の事業協力合意なども報道されている¹⁴²。また、日本国内の建設会社等が、工事に使用する大型作業船（SEP 船）の建造に着手している。

洋上風力の本格的な導入を前に、経済産業省と国土交通省は、洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会を設置した¹⁴³。国は、「洋上風力発電の計画的・継続的な導入拡大（予見性の確保）と関連産業の競争力強化・コスト削減を官民が一体となる形で進め、相互の『好循環』を生み出す」ため、官民一体で課題の整理やインフラの整備、業界の投資コスト削減等に関する取り組みを検討し、「洋上風力産業ビジョン」（仮）の作成を目指したいとする。日本風力発電協会（JWPA）からは、2030年に10GW、2040年に30～45GW、2050年に90GWの中長期導入目標を提示し、大量導入（規模の経済）、技術革新、産業の習熟を前提に発電コスト（LCOE）8～9円/kWhを目指すと提案された。

地域・地方自治体も、特に洋上風力のポテンシャルが豊富な地域で、導入に向けた積極的な動きを見せている。九州では、国の実証事業を行った長崎県五島市や福岡県北九州市¹⁴⁴が、再エネ海域利用法の促進区域指定を受けてさらなる導入拡大を目指し、あるいは洋上風力発電の拠点港となる港湾づくりを進め、地域の産業振興と結びつける政策を実施している。また、東北地方では、秋田県が自然エネルギー導入拡大の第一番目に洋上風力を位置づけ、港湾区域や一般海域での導入促進と送電網の整備を戦略に掲げ、関連産業のフォーラムを設立して県内企業の参入、連携促進等に組み組んでいる¹⁴⁵。そのほかにも、有識者を含む研究会、関係機関等の情報共有・意見交換を目的とする連携会議などが各地で開催されている¹⁴⁶。

¹⁴⁰ JWPA「洋上風力の主力電源化を目指して」洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会（第1回）資料4-1（2020年7月17日）p.28. https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/pdf/001_04_01.pdf

¹⁴¹ 一般社団法人日本産業機械工業会「風力発電関連機器産業に関する調査研究報告書」（2019年3月）p.49 参照。

¹⁴² 前掲脚注141、日本産業機械工業会「風力発電関連機器産業に関する調査研究報告書」p.70.

¹⁴³ 経済産業省「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/kassei_sangyou.html#top

¹⁴⁴ 港湾区域及び一般海域で実証事業が行われた。また北九州港は、秋田港、能代港、鹿島港とともに洋上風力発電の基地港湾に指定された。国土交通省「洋上風力発電の基地となる港湾を初指定(2020年8月31日)」
https://www.mlit.go.jp/report/press/port06_hh_000207.html

¹⁴⁵ 秋田県『「第2期秋田県新エネルギー産業戦略」について』 <https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/10638>

¹⁴⁶ 環境省による実証事業でゾーニングに取り組む地方自治体もあり、2016年以降15地方自治体が進めている。

同じく海を利用する産業である漁業との調和は、洋上風力の大量導入に当たって考慮すべき最重要の課題の一つである。これまで指定された促進区域でも、漁獲量や操業など漁業への影響への懸念が協議会で表明されている。他方で、先だって実施された実証事業への取り組みを通じ、洋上風力の施設による漁礁形成の効果などが共有され、洋上風力発電事業と漁業の双方がお互いの理解を深めた例もある。また、実証事業のない区域でも、協議会に先立つ勉強会の開催、協議会で魚類の生態に関する情報共有などが行われたほか、公募占用指針の一部となる協議会とりまとめに、漁業影響調査の実施や漁業との共生を目指す基金の創設を盛り込むなど、洋上風力と漁業の共生に向けた取り組みも行われている¹⁴⁷。

6. 浮体式洋上風力の大きな可能性

日本の導入量ポテンシャル

欧州では、水深が比較的浅い（50m 未満程度）海域が広がる北海周辺などで開発が進んできた。こうした海域では、風車のタワーを支える基礎を海底に固定する着床式が用いられている。一方、日本の沿岸は、沿岸域からすぐに水深が深くなる地域が多く、基礎自体を海底に固定することが容易でない、あるいは地盤が地震の影響を受ける可能性があるなどの条件から、基礎を海上に浮かべ海底に係留する浮体式の活用が期待されている。基礎の種類（技術）にはさまざまなものがあり（図2-2）、長崎県五島市沖で商業運転する風車に採用されているスパー式のほか、近年では北九州市で、箱舟の形状で軽量化・低コスト化を図るバージ型を用いた実証事業も行われている。

図2-2 洋上風力発電の基礎構造の種類

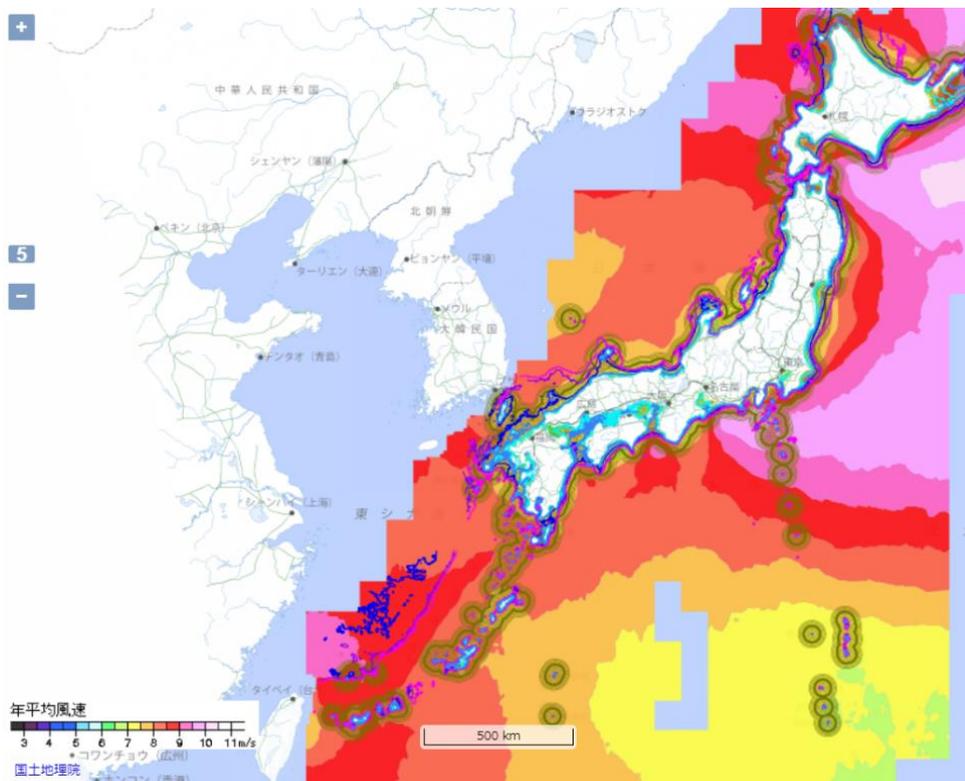


出典) 上田悦紀「最近の浮体式洋上風力発電の動向」海洋政策研究所ウェブサイト「Ocean Newsletter」421号（2018年2月20日）図1 https://www.spf.org/opri/newsletter/421_1.html

¹⁴⁷ 以上の記述につき、2020年7月までに促進区域の指定を受けた4区域の協議会資料・議事録を参照。資源エネルギー庁ウェブサイト「なっとく再生可能エネルギー」洋上風力発電関連制度「協議会」欄 https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/index.html#kyougi

日本において、離岸距離が 30km 未満で浮体式を適用する水深の深い海域（50-200m）の技術的なポテンシャルは、約 473GW（年間 1,315TWh）であり、着床式の対象となる水深の浅い海域（50m 未満）のポテンシャル（約 242GW，年間 749TWh）の約 2 倍である¹⁴⁸。また IEA の試算では、浮体式となる水深の深い海域（60-2,000m）の技術的なポテンシャルは、日本の近海域（20-60km）で年間 2,223TWh、より沖合（60-300km）で年間 6,808TWh である¹⁴⁹。

図 2-3 日本周辺の洋上風力ポテンシャル



出典) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 洋上風況マップを基に自然エネルギー財団作成

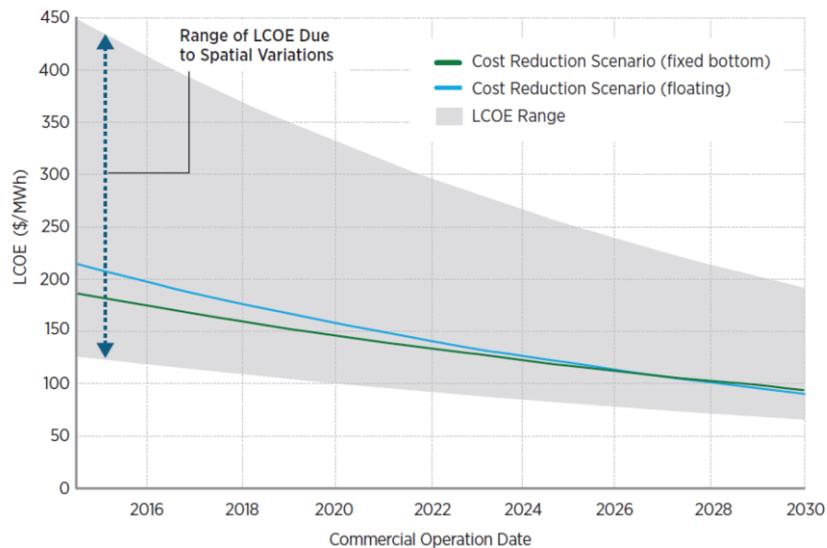
¹⁴⁸ 前掲脚注 108 と同様の条件（環境省「洋上発電の導入ポテンシャル集計結果」データを基に事業性を考慮）により自然エネルギー財団で推計。

¹⁴⁹ Supra note 46, “Offshore Energy Outlook 2019,” Table A.3, p.70.

コストの低下

世界の浮体式洋上風力の導入量をみると、2019年現在で66MWであり、日本に19MWの導入実績がある¹⁵⁰。浮体式洋上風力は、①より風速の強い沖合に設置できる、②他の海域利用や環境への影響（景観など）が比較的小さい、③港で組み立てた上で沖合に曳航できるためコストがかかる海上作業が減らせる、等の特徴¹⁵¹から、コストの低下とともに導入量は加速すると考えられている。そしてそのコストは、すでに大幅な低下の見通しが示されている。例えば、米国の研究によると、あるパイロットプロジェクトの発電コスト（LCOE）は、2019年から2032年までにおよそ半減するとする¹⁵²。また、別の研究では、2030年までに着床式に並ぶ可能性も指摘されている（図2-4）¹⁵³。

図2-4 米国における洋上風力の発電コスト（LCOE）の予測



出典) Philipp Beiter et al., “A Spatial-Economic Cost-Reduction Pathway Analysis for U.S. Offshore Wind Energy Development from 2015–2030,” (脚注 153) figure ES-3, p.xiii.

¹⁵⁰ Supra note 3, “Global Offshore Wind Report 2020,” p.12.

¹⁵¹ Garrett E. Barter et al., “A systems engineering vision for floating offshore wind cost optimization,” Renewable Energy Focus, vol.34(Sep. 2020), pp.1-16.

¹⁵² 2019年の107USドル/MWhから2027年までに74USドル/MWhに、さらに2032年までに57USドル/MWhに至る。Walter Musial et al. “Cost of Floating Offshore Wind Energy Using New England Aqua Ventus Concrete Semisubmersible Technology” Table 8, p.22. <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/75618.pdf>

¹⁵³ Philipp Beiter et al., “A Spatial-Economic Cost-Reduction Pathway Analysis for U.S. Offshore Wind Energy Development from 2015–2030,” figure ES-3, p.xiii. <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66579.pdf>

プロジェクト開発のこれから

これまでの日本における浮体式洋上風力は、実証事業が中心で、長崎県五島市（環境省事業、2MW）、福島県沖（経済産業省事業、2MW、5MW、7MW）¹⁵⁴、福岡県北九州市沖（新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）事業、3MW）¹⁵⁵でそれぞれ実施されてきた。このうち、長崎県五島市の風車は事業終了後に商業運転を行っており¹⁵⁶、福島県沖の2MW（陸上用商用機）および5MW（実証機）、北九州市沖の3MWは実証事業が続けられている。しかしながら、福島県沖の7MW（実証機）は、設備不具合のため稼働率が低迷し、また消耗の度合いが激しい部品が特注品で高額となり維持管理費の低減の見通しが厳しく、商用運転は困難と判断されて撤去に至った¹⁵⁷。

他方、実証事業の進行と並行して、規模を拡大した商業事業の萌芽も見えてきた。再エネ海域利用法上の促進区域の1つ長崎県五島市沖は、浮体式（最大21MW）での公募となっている。そのほかにも、浮体式技術を採用した複数の開発プロジェクトがあることが報じられている¹⁵⁸。

また、今後のプロジェクト開発に向け、さまざまな動きがある。大成建設株式会社は、フランスのイデオル社と浮体式洋上風力に関する覚書を2019年10月11日に締結し、共同でコンクリート製浮体式洋上風力発電設備の市場開拓を進める¹⁵⁹。また、株式会社JERAは、イデオル社等と浮体式洋上風力発電事業の開発会社設立に関する基本合意を2020年6月22日に締結し、準備を進めている¹⁶⁰。国土交通省所管の海上技術安全研究所（海技研、NMRI）は、2020年7月28日に開催された第20回研究発表会で「浮体式洋上風力発電の将来ビジョンと海技研の取り組み」と題して、プロジェクトチームを設立し技術開発の側面からコストの低減に貢献する目標を掲げた¹⁶¹。そして、東京電力ホールディングス株式会社は、NEDOが公募する「浮体式洋上風力発電低コスト化技術開発調査研究」に応募し採択されたことを2020年9月3日に発表し、五洋建設株式会社と東京大学と共同で、大幅な発電コストの低減が見込まれる技術の実現可能性やコスト低減の調査・評価等を実施する¹⁶²。

¹⁵⁴ 福島洋上風力コンソーシアム「福島復興 浮体式洋上ウィンドファーム 実証研究事業」
<http://www.fukushima-forward.jp/pdf/pamphlet.pdf>

¹⁵⁵ NEDO「北九州市沖で浮体式洋上風力発電システムの実証運転を開始」（2019年5月21日）
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101117.html

¹⁵⁶ 戸田建設「Vol.2 国内初！浮体式洋上風力発電設備を実用化」
https://www.toda.co.jp/business/ecology/special/windmill_02.html

¹⁵⁷ 福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会「平成30年度福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会報告書」（2018年8月）参照。
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/new/information/180824a/pdf/report_2018.pdf

¹⁵⁸ 日本貿易振興機構（ジェトロ）「イベルドロラ、日本で大規模な洋上風力発電を開発へ」ビジネス短信（2020年9月29日付）
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/09/607e5fa5a8c4c21e.html>

¹⁵⁹ 大成建設株式会社「浮体式洋上風力発電に関する覚書を締結」（2019年10月11日）
https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2019/191011_4809.html

¹⁶⁰ 株式会社JERA「浮体式洋上風力発電事業の開発会社設立に関する IDEOL 社および ADEME INVESTISSEMENT 社との基本合意について」（2020年6月22日）
https://www.jera.co.jp/information/20200622_508

¹⁶¹ 海上技術安全研究所、令和2年（第20回）海上技術安全研究所研究発表会「浮体式洋上風力発電の将来ビジョンと海技研の取り組み」（2020年7月28日）
https://www.nmri.go.jp/event/presentation/R2/lecture_3.pdf

¹⁶² 東京電力ホールディングス株式会社「『浮体式洋上風力発電低コスト化技術開発調査研究』の実施について」（2020年9月3日）
https://www.tepco.co.jp/press/release/2020/1551825_8710.html

欧州では、英国では既に 5 基(6MW)計 30MW の Hywind Scotland が商用運転を 2017 年から開始している¹⁶³。また、今後 3 年間に運転を開始する予定のプロジェクトについて、表 2-1 に示す通り、フランスを中心に多くの計画がある¹⁶⁴。

表 2-1 欧州における浮体式洋上風力の計画

TABLE 4
Floating wind farms coming online in the next three years

COUNTRY	WIND FARM	CAPACITY (MW)	FLOATER TYPE	TURBINES NUMBER AND MODEL	EXPECTED COMMISSIONING DATE ⁵
Portugal	Windfloat Atlantic Phase 1	25.0	Semi-sub	3 x V164-8.4 MW (MHI Vestas)	2020 ⁶
France	EolMed	24.0	Barge	4 x 6.2M152 (Senvion)	2021/2022
	Provence Grand Large	28.5	TLP	3 x V164-9.5MW (MHI Vestas)	2021
	EFGL	30.0	Semi-sub	3 x V164-10.0 MW (MHI Vestas)	2022
	Eoliennes Flottantes de Groix	28.5	TLP	3 x V164-9.5MW (MHI Vestas)	2022
UK	Kincardine	50.0 ⁷	Semi-sub	5 x V164-9.5MW (MHI Vestas)	2021
Norway	Hywind Tampen	88.0	Spar-buoy	11 x SG 8.0-167 DD (SGRE)	2022

Source: WindEurope

出典) WindEurope “Offshore Wind in Europe, Key trends and statistics 2019” (脚注 164) Table 4, p.21.

全世界で 2023 年までに導入される約 229MW は、パイロットプロジェクトの域を出ないが、大規模な商業運転の事業が 2024 年以降始まるとされる¹⁶⁵。欧州でも米国でも浮体式洋上風力は黎明期といえ、日本が浮体式洋上風力の先駆者となる可能性は充分にある。アジアでも、台湾に加え中国、韓国¹⁶⁶で浮体式の大規模な導入が始まっている¹⁶⁷。日本での取り組みを早急に進めることが求められる。

¹⁶³ Equinor 社 “The future of offshore wind is afloat.” <https://www.equinor.com/en/what-we-do/floating-wind.html>

¹⁶⁴ WindEurope “Offshore Wind in Europe, Key trends and statistics 2019,” (Feb. 2020) p.21. <https://windeurope.org/about-wind/statistics/offshore/european-offshore-wind-industry-key-trends-statistics-2019/>

¹⁶⁵ NREL, “Floating Offshore Wind Turbines: utility scale by 2024?” [energypost.eu](https://energypost.eu/floating-offshore-wind-turbines-utility-scale-by-2024/) (Apr.22 2020).

¹⁶⁶ Tom Russell, “South Korea reaffirms offshore wind goals,” [4Coffshore](https://www.4coffshore.com/news/south-korea-reaffirms-offshore-wind-goals-nid17793.html) (Jul.17, 2020).

¹⁶⁷ Supra note 3, GWEC, “Global Offshore Wind Report 2020,” p.66.

第2節 課題への対応

本章では、第1節でみた日本の現状を、第1章でみた洋上風力先進国・地域の政策の工夫の観点から改めて確認し、これからの日本が目指すべき方向性を示す。

1. 野心的な目標と中長期的な導入見通し

2020年10月26日、日本は、2050年のカーボンニュートラルを宣言した。こうした目標を確実に実現するためには、自然エネルギー財団が提案したように、2030年には自然エネルギー電力の割合を少なくとも45%程度までに高めることが必要である。現在の日本の洋上風力発電の導入見通しは、2030年に0.82GWとなっているが、10GWの導入が必要と思われる¹⁶⁸。洋上風力は開発から稼働までに10年程度を要することを考えると、2020年の現在で、これから着手するプロジェクトのための見通しを早急に明らかにすべきである。発電事業者やサプライチェーンが、継続して洋上風力に投資するためには、その投資が実を結ぶことを示す将来見通しが不可欠である。そしてその見通しは、国のぶれない政策として設定される、野心的な高い目標でなければならない。高い目標は、大きな市場を作り、発電事業者サプライチェーンに関わる多くの事業者の参入を促して競争の促進をもたらす。技術革新や生産性の向上により、コストの低減にも寄与する。

例えば、IRENAの試算¹⁶⁹によれば、世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く保つ(2°C目標)ためには、全世界で2030年に228GW、2050年に1,000GWの洋上風力の導入が必要である。年間導入量でみると、2030年までは最大28GW、その先2050年までは最大で45GWを導入する計算となる。また、欧州では2050年までに最大450GWの洋上風力の導入が目標とされているが、これを実現するには、現在毎年3GWのペースの導入を2031年以降10GW以上、最大20GWにする必要があるとされる¹⁷⁰。その実現のため、サプライチェーンの強化や港や送電網などインフラの整備、ファイナンスの充実などが必要であり、より低いコストで実現するには、海域を複数の産業が同時に利用できるようにするなど、海域利用に関する考え方の転換も求められる。

日本でも、長期的な脱炭素化政策を睨んで、2050年目標に至るまでの工程や中期的な導入予定を明らかにすることが必要だろう。政府から具体的な中長期的導入見通しが示されることにより、事業者は比較的長期にわたって具体的な投資計画を立てることが可能となる。イギリス、オランダ、ドイツ等は、5~10年スパンの中期的な導入量と買取価格(目安を含む)を示して、事業者の投資のタイミングの予見可能性を高めてきた。買取価格の見通しを示すことは、国民負担の見通しを示すことでもある。まずは2030年までに開発に着手する洋上風力の導入量と買取価格の目安をセットで具体的に示すべきである。

¹⁶⁸ 自然エネルギー財団「2030年エネルギーミックスへの提案(第1版)」(2020年8月) https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI_2030Proposal.pdf

¹⁶⁹ Supra note 1, IRENA, “Future of Wind,” (Oct. 2019), figure 19, p.43.

¹⁷⁰ WindEurope, “Our energy, our future,” (Nov. 2019), figure 8, p.30. <https://windeurope.org/about-wind/reports/our-energy-our-future/>

また、洋上風力は、開発から事業化、事業期間を考えると、30年を超えるプロジェクトである。また、一つ一つの事業の規模は数百 MW を超え、投資も多額であり、かつリスクも高いとされてきた。コストダウンやリスク低減をさらに進める技術革新のための研究開発も引き続き求められる。

2. 洋上風力の大量導入を見据えた電力系統の増強・運用

電力系統の整備がなければ電力は供給できない以上、洋上風力の大量導入の成否は、国が検討を進める「マスタープラン」の内容にかかっているといても過言ではない。米国のテキサス州では、自然エネルギー（陸上風力）のポテンシャルのある地域に送電線を建設する計画を立て、約 10 年間に 11GW の陸上風力導入に成功した。

現在、最初のマスタープランの完成は 2022 年度が想定されているが、自然エネルギーのポテンシャルと便益を十分考慮し、参入する発電事業者が事業の予見可能性を確保できる、かつ 10 年後（さらにその先）に洋上風力が大量導入された系統の姿が見えるプランの策定が必要である。その際、陸上の地域間連系線や陸上地内系統の整備の代わりに、海底送電線で直接需要地に送電する方法の方がコスト効率的な場合には、地域をまたぐ大容量の海底送電線を活用した電力供給も検討されてよい¹⁷¹。

すでに述べたとおり、再エネ海域利用法上の促進区域への指定は、系統整備が前提条件となっている。事業者にとって、系統接続のタイミングが予見可能となるよう、また系統整備の遅れが促進区域への指定を阻害することにならないよう、洋上風力導入の大きなポテンシャルが想定される地域では、国から積極的に一括プロセスの開始を求めて増強手続を早期に開始し容量を確保するなど、運用上の工夫が求められる。

また、日本は、先にみたとおり、陸上系統の増強コストの一部を発電事業者が負担する制度となっている。発電事業者の接続コストを明確・軽減化する観点からも、陸上の上位 2 系統の増強にかかる費用負担は、一般負担（最終需要家による負担）とすべきである。近時の再エネ特措法改正により、地域間連系線及び基幹送電線の増強は、費用便益分析を実施し、便益のうち自然エネルギー導入拡大がもたらす効果分は再エネ賦課金による全国負担とされることになった。増強費用の適正さを厳しく審査する仕組みを導入し、適切な負担制度とすることが必要である。

なお、送電系統の費用負担制度として、発電側基本料金の導入が議論されているが、自然エネルギーの大量導入と市場競争の足かせとならないよう、その設定には慎重な検討が必要である。

¹⁷¹ 東京電力ホールディングス株式会社の実証事業につき、同社ニュースリリース「「多用途多端子直流送電システムの基盤技術開発事業」の実施について」（2020年7月14日）
https://www.tepco.co.jp/press/release/2020/1546625_8710.html 参照。また、洋上風力を含む自然エネルギー大量導入のための海底送電線の活用について、日本風力発電協会「ジャパン・スーパーグリッド」構想や、環境 NGO の環境ウォッチ TOKYO「竜宮送電計画」がある。さらに、アジア国際送電網研究会は、国際連系線とともに国内自然エネルギーの送電も想定した国内海底送電線のルートを検討し、コスト試算を行っている。

3. 国の主導的役割の充実

再エネ海域利用法の下での長期海域占用制度は、国（経済産業大臣・国土交通大臣）が促進区域を指定する過程で、情報提供や協議会を通じた利害関係者の調整を実施する。国が関係省庁等との調整も含め、手続を進める役割を担っている点で、欧州のいわゆるセントラル方式に近い基盤が作られているといえる。

他方で、日本での国の役割は、欧州にみられるような洋上風力の導入を主導するまでには、まだ至っていない。

まず、促進区域の選定の現状は、国による能動的な調査ではなく、地方自治体や事業者からの提案（情報）に依拠している。再エネ海域利用法の施行から間もない現在、形成中の案件の移行を主とすることで早期の導入を促すため、これまでの取組みで条件が整った地域の意向を重視するのは合理的である。しかしながら、こうした移行期の経過後は、国が日本全体を俯瞰し、より能動的に調査を行って促進区域の指定を進めることが求められる。

次に、環境影響評価については、長期化リスクの低減、効率化が課題となる中、事業者が主導する制度の限界の克服が求められる。環境影響評価の長期化は、これまでも陸上風力の導入場面で問題とされてきた¹⁷²。洋上風力先進国・地域では、環境影響評価の効率化を促すため、国の機関が積極的に情報公開や共有を進めているが、先にみたとおり日本では限定的である。日本と同様に事業者が環境影響評価を実施するイギリスやドイツ、米国では、具体的プロジェクトに先立って戦略的環境アセスメントが行われるが、日本にはそのような制度が法律上なく、それを通じて獲得される情報の公開や共有も制度上ない。

事業者が各自の負担で実施する環境調査を一本化し、事業者による調査の重複を減らすことができれば、その発電所の開発にかかる費用全体の低減につながる。イギリスの海域指定やデンマーク、オランダでの環境影響評価のように、国の機関等が調査を主導する方式を採用すべきである。

加えて、こうした情報公開・共有は、事業開始前のみならず、事業開始後に行われることも重要である。洋上風力の実施による自然環境や漁業への影響は、さまざまな研究の蓄積があるものの、未だ十分に明らかになっていないといえない。数多くのデータを基に調査研究を進めることは、将来の個々の事業の環境影響調査のメリハリを可能にし、環境影響調査の長期化リスクの低減をはじめ、事業者（ひいては社会全体）のコストの低減化に資する。また、データを基礎とした利害関係者と対話が可能となり、洋上風力発電への理解を深める基盤となって、円滑な事業の導入を支える。欧州では、事後調査の一定期間の継続とその蓄積を意識的に行っているが、日本では、環境影響評

¹⁷² こうした問題意識を受け、実証事業等を通じて期間短縮のための運用改善手法が検討されている。その実効性について引き続き検証が求められる。

価や事後調査の情報蓄積・公開を進める動きがあるものの、限定的である。洋上風力発電の環境影響情報の蓄積・共有に向けて、議論を進めることが必要である¹⁷³174。

利害関係者との調整については、協議会が大きな役割を果たしうる。海域の利用は、漁業やレジャーなどの地域の産業などとの調整も不可欠である。これまで、こうした関係者との事前の対話や調整は、事業者による個別の対応によるところが大きかったが、再エネ海域利用法の下では、協議会での議論や公募占用指針の策定を通じて、国も大きな役割を果たす。情報公開や関係者との対話を事業者任せにせず、国が主導することにより、個別の事業主体に対する信頼から事業そのものに対する信頼にシフトしていく。このことは、事業者からみれば、国の関与により調整リスクのより少ない事業への参画を期待でき、かつ、開かれた同一の土俵での競争が可能となることを意味する。情報公開と共有が進み、こうした競争環境が整備されることで、コスト低減を目指すことができる。

2020年8月までに促進区域として指定された4区域では、協議会は比較的円滑に進行したと思われるが、その要因の1つは、先行事業者による調整にあるだろう。しかし、今後促進区域の指定を増やす中で、個別事業者による先行的な調整に期待できるとは限らないし、期待するのが妥当ともいえない。協議会に国が積極的な役割を果たすべきである。

国の主導的役割の充実が、コストを低減しつつ洋上風力の導入加速をけん引することは、欧州の経験から学ぶべきである。日本でも、これまでの事業者が主導するスキームから、国が主導するスキームに移行するべきである¹⁷⁵。

4. 公正な競争と安定した事業が可能な環境作り

公正な競争環境の確保のためには、情報公開や共有が極めて重要である。日本の市場のポテンシャルに、日本国内のみならず世界から注目が集まる中、国内外の多くの事業者の市場参入や投資が促進されることで、コストの低減につながる。その基盤となるのは、公正な競争環境の整備であり、情報の公開と共有を積極的に進めることが重要である。

¹⁷³ 経済産業省「洋上風力発電所に係る環境影響評価検討委員会報告書」（2018年12月）p.56は次のとおり指摘する。「環境省、国土交通省や一部の自治体で環境影響評価図書に係る情報公開が行われているものの、ほとんどの環境影響評価図書は公告・縦覧期間を過ぎると閲覧できず、情報が共有されていない。」「環境影響評価図書に記載された内容は、図書の作成者である事業者に著作権があるが、最新の環境情報の一つであることから、我が国の環境保全の観点等から広く情報共有されることが重要である。」「環境影響評価の過程では、様々な環境情報の取得が行われることから、これらの海域環境や事後調査結果等の情報が共有される仕組み等を進める必要がある。また、これらの情報が蓄積され、共有されれば、モデリングによる予測技術の向上にも貢献する可能性があり、より効果的な環境保全措置の検討が進むことも期待される。」https://www.meti.go.jp/medi_lib/report/H30FY/000627.pdf なお、事業者が海域を調査する際には資源エネルギー庁及び国土交通省に事前届出を行うことになっているが（資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部新エネルギー課及び国土交通省港湾局海洋・環境課「洋上風力発電設備の設置を目的とする風況、海底地質等のデータ取得のための調査について」（2019年）、調査結果の報告は求められていない。https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/dl/legal/kaiyou_research.pdf

¹⁷⁴ なお、区域の選定や選定手続における事業者の評価などを行う第三者委員会は、審議過程や構成員名を非公開とするものとされている（経済産業省資源エネルギー庁及び国土交通省港湾局「海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域指定ガイドライン」（2019年6月）p.11、同「一般海域における占用公募制度の運用指針」（2019年6月）p.23-24等）。第三者委員会の公正な運営への配慮は必要だが、手続の適正性を確保する観点から、その選定過程の公正性を後から検証可能とし制度への信頼を確保することもまた重要である。構成委員名を含め適切な情報公開が求められる。

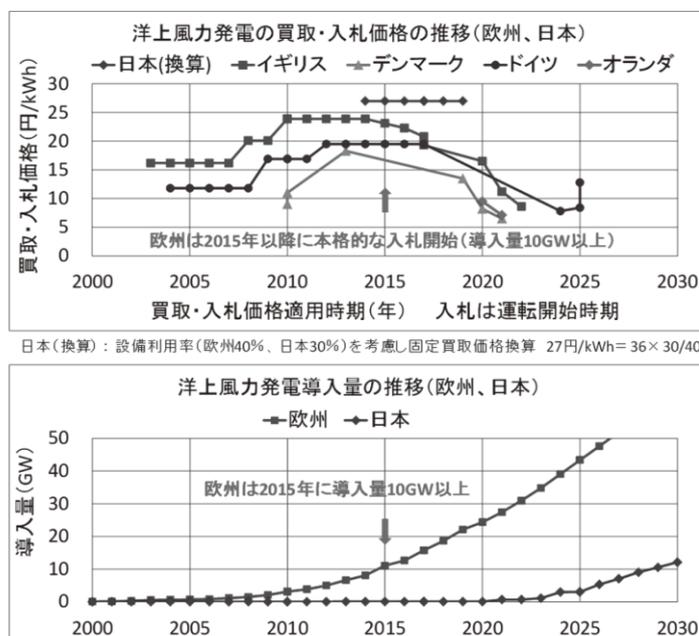
¹⁷⁵ 2025年ごろまでの移行をめどとすることが考えられる。ドイツでは、2017年の法改正でいわゆるセントラル方式への移行を決め、4年後の2021年から同方式による入札が実施される。

情報共有の重要性は、先に述べたとおり、国による制度設計の中でも意識されている¹⁷⁶。現在、公募占用指針策定の段階で国が提供する情報は、風況など気象観測データ、海象や海底に関するデータであり、これに加えて、陸揚げ後の系統接続情報が提供されている。また、公募占用指針の内容にも重要な影響を与える協議会に関する情報については、その議論やとりまとめの結果の公表や、協議会メンバーと入札参加希望事業者との対話の機会の設定などが行われている。ただ、共有される情報の種類、情報へのアクセス条件（入札要件とほぼ同等の条件を求められること）、共有が開始される時期について、洋上風力先進国・地域に比し範囲等が狭いことは否めない。こうした環境で十分か、引き続き検証される必要がある。

また、事業者選定の公正性の確保も不可欠である。再エネ海域利用法の下での事業者選定は、着床式の場合、価格を最も重要な要素として評価する一方、事業の実施能力や、地域との調整・事業の波及効果なども見た総合評価を行うため、具体的な評価要素や基準の透明性が強く求められる。評価項目や配点案はすでに公開されているが、実際に評価が行われる今後の運用を注視する必要がある。選定結果も、個別の事業者の利益を害さない限度でより多くの情報を公開すべきである。

日本では、小規模な商業事業化が始まってまもない段階にもかかわらず、すでに着床式が競争入札方式での選定となった。多くの国では、一定の規模を超える導入が進み、十分な規模の市場が国内にできた段階で入札に移行している（図2-5）。コスト低減を急ぐあまり、上限価格の設定を通じて厳しい競争を強いるとすれば、日本の市場は魅力を失い、投資を減退させてしまう懸念がある。

図2-5 欧州・日本の洋上風力導入量と買取・入札価格の推移



出典) 海津信廣「洋上風力発電事業費の課題と見通し」日本風力エネルギー学会誌 42 巻 2 号 (2018 年) 図 5, p.157. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwea/42/2/42_154/_pdf

¹⁷⁶ 前掲脚注 120「中間整理」p.32, 37 参照。

確かに世界では、洋上風力の導入が進み始め、また風車の大型化に伴い、発電コストの低減も見られる。着床式については、2015年には16.9USドルセント/kWhであった発電コストは、2019年には11.5USドルセント/kWhになっている。さらに、足元の入札や電力購入契約の数値から2023年に運転開始する施設の平均価格は8.2USドルセント/kWhとさらなる価格の低下が見込まれる¹⁷⁷。

入札制度の導入によって、日本の洋上風力のコストが低減しうするためには、合理的な入札制度の制度設計に加え、諸々の関連諸規制、許認可プロセスの合理化、また投資を促す高い長期的目標が求められる。

なお近年は、自然エネルギー使った事業を志向する需要家との間で、自然エネルギー由来の電力の長期供給契約（Corporate PPA）も増えてきている。洋上風力を用いる契約も、欧州や台湾で既にいくつかの例がある¹⁷⁸。洋上風力発電事業者が需要家との間でCorporate PPAを締結できれば、売電収入の変動リスクを回避し安定した事業が可能となる。需要家側のニーズを高めることと同時に、これを活用できる制度の設計も重要である。

5. 持続的なサプライチェーンの構築

風車メーカーがない日本では、風車の製造拠点が国内になく、多くのものを外国から輸入せざるを得ない状況にある。洋上風力の風車（ナセルやブレード、基礎）や海底送電用施設は大型で輸送コストがかかるため、このような状況は、洋上風力発電事業のコスト低減を妨げる要因となりうる。必要な機械や部品を現地で調達する、あるいは組み立てることができれば、コスト低減が可能となる。またサプライチェーンは、風車やその部品に関わるものだけではない。風車の組み立てや設置のための工事、稼働後のメンテナンス（O&M）も、洋上風力発電事業に不可欠である。サプライチェーン戦略は、こうした広い意味でのサプライチェーンの充実を視野に考えられる必要がある（表2-2）。日本企業が参画するサプライチェーンの構築は、経済波及効果や雇用創出効果も大きく¹⁷⁹、地域での効果も期待される¹⁸⁰。

¹⁷⁷ IRENA, “Renewable Power Generation Costs in 2019,” (Jun. 2020) p.75, p.84. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf

¹⁷⁸ 欧州の例につき、John Parnell, “What Offshore Wind Can Bring to the Corporate PPA Party,” gtm (Jun. 1 2020). <https://www.greentechmedia.com/articles/read/what-offshore-wind-can-bring-to-the-corporate-ppa-party>。また、台湾の例は、Ørsted社（約900MWのプロジェクト、2025年ころ運転開始予定）とTSMC社との間の20年間の契約である。

¹⁷⁹ JWPAが2018年に実施した試算によれば、2030年に10GW導入された場合、直接投資額が約5.1～5.7兆円、経済波及効果が約13～15兆円、2030年時点の雇用創出効果が約8.5～9.5万人である。JWPA「洋上風力発電の導入促進に向けて～特に洋上風力新法に係る課題と要望～」(2018年3月16日)スライド28 http://jwpa.jp/k5u8z6e6/gfif4vk/180316_offshore_request.pdf

¹⁸⁰ 秋田県は、洋上風力導入による同県の経済波及効果を試算している。同県の港湾内と一般海域の計6カ所に洋上風力発電施設が建設される場合、県内企業が受注できる可能性のある額は計2,691億円（事業費試算額1兆0,469億円の約26%）とされている。秋田県産業労働部「令和2年第1回定例会（6月議会）産業観光委員会・分科会 提出資料」pp.3-4. https://www.pref.akita.lg.jp/uploads/public/archive_0000051002_00/6%E6%9C%88%E6%89%80%E7%AE%A1.pdf

表 2-2 風力発電を取り巻く産業の将来イメージ

業種	備考
製造業	風力発電機製造、関連部品製造、浮体製造
施行	建築・土木（陸上）、海洋土木、輸送（陸上及び海上）、備船業
メンテナンス	陸上及び洋上
発電事業者	発電及び売電
ファイナンス	ファイナンス、ファンド、ボンド
電力仲介業者	パワーアグリゲーター、卸電力市場
EMS または DSM	需要側の電力制御、需給両面の統合制御
コンサルタント	風力発電機予備関連部品の設計、発電出力量予測、海洋コンサル、リパワリングコンサル
その他	認証サービス

出典) JWPA 「JWPA Wind Vision Report」(2016年2月)表 4.5-1, p.79.
<http://jwpa.jp/pdf/20160229-JWPA-WindVisionReport-ALL.pdf>

産業集積拠点と拠点港湾の整備

洋上風力では、建設費や維持管理費のコストが高く、これらの費用を低減するには、拠点となる港湾とその後背地の産業の集積がカギとなる。拠点港に風車の部品等を集めて加工・組立を行い、部品が揃った段階で、船に積んで一気に海上に積みだし、短期間で風車設置工事を済ませる。こうすることで、工期を短縮して工期延長リスクや備船コストを下げる事が可能となる。また、拠点港には常に部品をストックし、風車の維持補修点検の際には部品を積み出して短期間で補修工事を終わらせる¹⁸¹。プロジェクトのこうした進行管理を可能にするのは、産業集積拠点と拠点港湾の適切な整備である。

一般社団法人日本埋立浚渫協会によれば、2030年に10GWの導入を実現するためには全国に7か所、15GWの導入を安定的・計画的に整備するには10か所の拠点港湾（プレアッセンブリ拠点）が必要と試算されている¹⁸²。港湾や産業集積拠点の整備には土地・道路等のインフラも欠かせず、地方自治体のイニシアティブも不可欠である。海外の拠点港付近には、実証実験場や研究教育機関の施設が作られる例も多い。拠点港の整備とサプライチェーンの構築を一体的に進める計画を、国と地方自治体、産業が深く関わって具体的に進める必要がある。

¹⁸¹ 本項の記述につき、岩本晃一「洋上風力産業拠点の形成による地域振興・雇用創出」RIETI Policy Discussion Paper Series 16-P-004 (2016年2月)参照。 <https://www.rieti.go.jp/jp/publications/pdp/16p004.pdf>

¹⁸² 日本埋立浚渫協会「洋上風力発電建設の課題と拠点港湾のあり方について」(2020年7月17日)第1回洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会資料 4-2, p.8.
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/pdf/001_04_02.pdf

技術開発

優れた部品や新しい技術は、国内のみならず、今後世界で拡大が加速する洋上風力市場で競争していくことが可能である。今ある技術にはすでにサプライチェーンが構築されており、競争を挑むことは容易でない面もある。将来の技術を開発し、新しいサプライチェーンの構築を目指すことも追求すべきである。技術革新が求められる分野は多岐にわたる（表2-3）。設備利用率の向上や稼働状況モニタリングに向けた技術、風車・基礎の大規模化や耐久性向上のための材料開発のほか、洋上風力の環境への影響を適切に評価するための海洋環境のモニタリング技術も重要である。浮体式の大量導入に向けて、基礎の技術革新も求められる。

表2-3 着床式洋上風力のコスト低減に向けた技術革新

大分類	中分類	技術要素項目
立地開発	調査	海底土質 風況観測（ライダー） ウェイクモデル高度化 ウインドファーム配置最適化
建設	風車	大型化 統合設計ツール 長寿命化 ブレード長尺化・スレンダー化 2枚ブレード 分割ブレード ナセル軽量化 モジュール化 流入風計測高度化（スピナライダ等） 先進的制御（ウェイク影響低減等）
	BOP	基礎構造物高度化 基礎・支持物の長寿命化 施工方法の高度化・期間短縮 施工船 変電所 海底ケーブル ケーブル配置最適化（損傷時の発電量確保） 洗堀防止
運用	O&M	スマートメンテナンス（CMS等） 自動化（ロボット・AI・IoT等） 基礎構造物塗装頻度低減 作業船 メンテナンス船 海底ケーブル損傷位置の検出 洗堀モニタリング
撤去		撤去工法

BOP : Balance of Plant

出典) 今村博、植田祐子「風力発電の低コスト化技術に関する検討」日本風力エネルギー学会誌 41 巻 4 号, 表 3, p.636. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwea/41/4/41_633/_pdf

こうした技術開発は、各事業者が単体で取り組むのみならず、共同の研究開発プロジェクトにさまざまな企業が参加し、国等からの財政的支援も受けながら、成果を広く共有していく方式も考えられる。このような方策は Joint Industry Program と呼ばれ欧州の洋上風力開発で活用されている¹⁸³。日本でもこうした方式による研究開発の実施を検討すべきである。

部品等の量産化によるコスト低減をにらみ、世界の市場を視野に入れると、部品や技術の規準が重要である。日本で洋上風力を導入する上では、他地域と異なる日本の気象条件に適合した信頼性ある機械や技術が求められるが、他方で、日本の特殊性を強調するあまり日本に特化した商品や技術を求めすぎると、高コストにつながり、またサプライチェーンの市場を狭める結果となりうることに留意すべきである。

人材育成

洋上風力の大量導入を支える人材の育成が急務である。発電所の計画から建設、運用に至るまで、数多くの異なった技能を持った人材が関与するが¹⁸⁴、とりわけ建設・設置及び 20 年以上に及ぶ発電所の維持管理には、海上かつ高所の作業に従事できる人材が必要である。欧州では、洋上で石油・ガス産業で培われた技能が洋上風力で活かされているが、日本にはこの分野での大規模産業がない。その分、人材育成はより重要性を増しており、かつ新しい雇用分野として雇用創出効果も期待できる。発電所建設や設置に求められる十分な技能の習得と訓練を行った人材は、日本で 2024 年までに 2,150 人分¹⁸⁵、2030 年に 8600 人以上¹⁸⁶必要になるとの試算がある。また、維持管理のために使われる遠隔自動制御システムの技術革新（AI の利用など）に併せ、データ・サイエンスやコンピュータ・エンジニアリング、情報通信などの専門家の確保も重要である¹⁸⁷。こうした人材を育成・確保するには、トレーニングのためのスキームや育成機関の構築、大学等の高等教育・研究機関における関連教育が必要であり、国と事業者との協力の下で意識的に取り組まなければならない。

2020 年 10 月 1 日、洋上風力発電等の海洋エネルギー開発に関する人材育成機関「長崎海洋アカデミー」が開講した¹⁸⁸。これは、日本財団・特定非営利活動法人長崎海洋産業クラスター形成推進協議会・長崎県・長崎大学・長崎総合科学大学が協働で創設した機関であり、アジア初の海洋エネ

¹⁸³ カーボン・トラスト社が実施する浮体式洋上風力の研究開発プロジェクトには、日本から東京電力が参加している。Carbon Trust website, “Floating Wind Joint Industry Project.” <https://www.carbontrust.com/our-projects/floating-wind-joint-industry-project>

¹⁸⁴ American Wind Energy Association (AWEA) によれば、74 の職業が関わるという。AWEA, “U.S. Offshore Wind Power Economic Impact Assessment” (March 2020), p.4. https://supportoffshorewind.org/wp-content/uploads/sites/6/2020/03/AWEA_Offshore-Wind-Economic-ImpactsV3.pdf

¹⁸⁵ 1MW あたり 2.5 人、2024 年までに 860MW が建設されるとの想定に基づく。Global Wind Organization, GWEC, “Powering the Future, Global Offshore Wind Workforce Outlook 2020-2024,” (April 2020), p.5. <https://gwec.net/powering-the-future-report/>

¹⁸⁶ 日本財団による試算。長崎海洋アカデミーウェブサイト「Nagasaki Ocean Academy の設立について」
<https://noa.nagasaki.jp/about>

¹⁸⁷ Supra note 3, GWEC, “Global Offshore Wind Report 2020,” p.29.

¹⁸⁸ 長崎海洋アカデミーウェブページ <https://noa.nagasaki.jp/>

ルギーに関する人材育成機関として、洋上風力発電等の海洋エネルギー開発に関する教育カリキュラムを提供し、5年間で1,600名の育成を目指している¹⁸⁹。

高等教育機関での教育についても、風力に特化した学科等を設けることが考えられる。欧州では、オランダのデルフト工科大学に風力エネルギー学科があるほか¹⁹⁰、4つの大学（同大学、デンマーク工科大学、ノルウェー工科大学、オルデンブルグ大学）が共同して「欧州風力エネルギー修士課程」を開設して¹⁹¹、専門家の育成を図っている。日本の大学でもこのような学科を創設していくことが望まれる。

国と産業界の協力関係の確立と戦略推進体制の構築

日本での持続的なサプライチェーンの構築は、国が将来に向けた方向性を示し、関連産業に必要な支援を行うとともに、産業界がコミットすることによって達成可能となる。国は、大学や企業（中小企業を含む）による技術開発を積極的に支援すべきである。また、産業界も、必要な部品や技術動向等を積極的に発信し、日本でも競争力ある部品の調達や技術開発にコミットすることが求められる。

前述（第1節5）で触れた官民協議会では、政府から先進事例としてイギリスのセクター・ディールの成果が紹介され、官民一体となって課題に取り組むことの重要性が示された。協議の結果を具体的な政策に結実させ、実行に移すことが必要である。そのために重要なのは、戦略を推進する体制の構築である。イギリスでは、2013年に洋上風力戦略を策定した際、関係政府機関と産業界の代表からなる Offshore Wind Industry Council (OWIC) を設けた¹⁹²。これは、政府と産業界の対話の場であるとともに、同戦略の進捗の監督も行う。コスト低減に向けた施策を進める Offshore Wind Programme Board や、研究開発における政府・産業界・研究機関の連携・情報共有を進め、研究開発プロジェクトを支援する Offshore Renewable Energy Catapult も同時期に設置され、政府の洋上風力戦略を実施する体制が整えられた。2019年のセクター・ディールでは、OWICが推進機関となり、エネルギー産業戦略省と連携する体制が採られている。日本においては、官民協議会を一過性のものとせず、日本の産業界を具体的に分析し政策に落とし込む場として継続すべきである。加えて、政策の実行とモニタリングを担う官民協議機関を設置することが求められる。

東アジアにも台湾、韓国、中国の大きな市場があるが、多くの国ではすでに産業育成に着手している。世界の競争に残るサプライチェーンの構築に向けて、早急に具体的な政策を打ち出さなければならない。

¹⁸⁹ 日本財団「『長崎海洋アカデミー』が開講」（2020年9月30日）
<https://www.nippon-foundation.or.jp/who/news/pr/2020/20200930-49758.html>

¹⁹⁰ TU Delft “Wind Energy” <https://www.tudelft.nl/en/ae/organisation/departments/aerodynamics-wind-energy-flight-performance-and-propulsion/wind-energy/>

¹⁹¹ European Wind Energy Master, Double Degree Joint Education Programme website. <https://ewem.tudelft.nl/>

¹⁹² 本パラグラフの記述につき、“Offshore Wind Cost Reduction Task Force Report,” (June 2012), https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/66776/5584-offshore-wind-cost-reduction-task-force-report.pdf, HM Government, “Offshore Wind Industrial Strategy Business and Government Action,” (August 2013). https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/243987/bis-13-1092-offshore-wind-industrial-strategy.pdf, 前掲脚注17“産業政策”参照。

おわりに

世界で、また日本で、気候危機の影響による自然災害の甚大化が人々の生活を脅かす深刻な問題となって顕在化している。近時の新型コロナウイルス感染症を原因とする社会活動の停止は、人類のさまざまな活動が環境に与える影響を再認識させるとともに、生活様式も含めた新しい社会のあり方への転換を進め、加速させる起点となった。社会活動の回復に当たっては、単に元に戻すのではない、よりよい社会の構築を目指すべきこと、エネルギー分野では自然エネルギーの活用によりいっそう投資されるべきことを、改めて確認しなければならない。

洋上風力は、こうした新しい社会構築を支える柱である。電力源としての規模および安定性が、エネルギー供給の柱となるとともに、産業の転換をも推し進める原動力となる。海上石油・ガス産業からの転換、鉄鋼などの素材産業や造船業のような重工業の参加が、自然エネルギーとしての洋上風力を広い産業で支えていく。また、こうした産業の化石燃料依存からの脱却を側面からも進めることが期待される。

2020年10月26日、日本政府は、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにすることを政策目標として設定することを表明した。洋上風力が目標を実現する主力となる電源として、大きく広がっていくかどうかは、これからの10年の政策にかかっている。

日本は、その海に吹く風を、日本の新しい社会の推進力とする一歩を踏み出した。歩みを加速するために、今、動き出さなければならない。

洋上風力が日本のエネルギーを支える

大量導入に向けた制度・インフラ・産業

2020年12月

公益財団法人 自然エネルギー財団

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-10-5 KDX虎ノ門一丁目ビル 11F TEL: 03-6866-1020 (代表)

info@renewable-ei.org

www.renewable-ei.org