

日本における洋上風力産業クラスター形成の現状と可能性

—浮体式洋上風力の“準フルセット型”産業構造化に向けて—

The Present State and Potentialities of Offshore Wind Energy Cluster Formation in Japan: Heading towards “Semi-Full Set Type” Industrial Structuring for Floating Offshore Wind Energy

北嶋 守*

Mamoru Kitajima

***** 目 次 *****

1. 問題の所在
2. 先行研究レビュー及び風力産業関連機関
3. 世界と日本の風力発電の導入状況
4. 日本の風力産業の“失われた10年”の要因
5. 洋上風力の動向、種類及びサプライチェーンの構成要素
6. 考察：日本の洋上風力産業クラスター形成の現状と可能性

1. 問題の所在

2020年10月、菅義偉首相（当時）の所信表明演説により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、所謂、「2050年カーボンニュートラル宣言」がなされ、同年12月の第2回洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会の「洋上風力産業ビジョン（第1次）」において「洋上風力発電の発電量を2030年までに10GW、2040年までに浮体式を含む30GWから45GWの案件形成の目標」が掲げられた¹。さらに、2021年3月に経済産業省は「グリーンイノベーション基金」の成果を最大化するための「基本方針」を策定したことを公表し、2050年カーボンニュートラルの実現に向け、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）に2兆円の基金を造成し、野心的な目標にコミットする企業等に対して、10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援することが示された。これらの政策決定によって、日本の洋上風力産業への期待は一気に高まることとなった。こうした政策決定に至った背景については、第一に、洋上風力発電は欧州を中心に世界で導入が拡大しており、アジア市場での成長が見込まれるため、四

* 一般財団法人機械振興協会経済研究所所長代理兼調査研究部長、E-mail: kitajima@eri.jspmi.or.jp

¹ 詳細については、洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会（2020）を参照。

方を海に囲まれた日本でも、今後、導入拡大が期待されていること（大量導入）。第二に、先行する欧州では、落札額が10円/kWhを切る事例や市場価格（補助金ゼロ）の事例が生じるなど、風車の大型化等を通じてコスト低減が進展していること（コスト低減）。第三に、洋上風力発電設備は構成機器・部品点数が数万点と多く、事業規模は数千億円と見込まれ、経済波及効果が期待されること（経済波及効果）。以上の3点を挙げることができる²。

一方で、再生可能エネルギーの動向を2017年時点まで遡るならば、当時、世界的に導入拡大が最も顕著であったのは風力発電であり、太陽光発電がそれに続いていた。しかし、日本では2012年に固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariff）の導入により再生可能エネルギーの導入拡大が進んだものの、その内容は太陽光発電に極めて偏ったものであった。例えば、2018年3月時点における主な再生可能エネルギーの導入量とエネルギーミックスで想定する導入量との比較では、中小水力が約87%、太陽光が約70%、バイオマスが約54%、地熱が約37%、風力が35%となっており、世界の状況とは裏腹に日本では風力発電の導入が進展しない状況にあった。そして、その理由としては、風力発電の導入では地元との調整や環境アセスメントのほか、立地のための各種規制等への対応が必要で、導入に時間がかかることが指摘されていた³。そのため、国内では多くの陸上風力発電が建設されたものの、その後、国産の大型風車メーカーが相次いで撤退を表明したため、2020年時点では、国産大型風車は事実上消滅となり、大手電力会社と欧州の風力発電関連企業が相次いで提携を発表するなど、国内風力発電産業自体は存続が懸念される事態に陥っているのが実状である⁴。

しかしながら、日本の風力発電のポテンシャル自体は極めて高く、さらに世界的に風力発電のコスト低減が急速に進んでいることから、特に大きなポテンシャルがあるとされる洋上風力発電の導入促進を図るため、2019年4月には、日本の領海を30年にわたり占有が可能となる「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律」（以下、「再エネ海域利用法」）が施行された。このように、「2050年カーボンニュートラル宣言」、「洋上風力産業ビジョン」及び「グリーンイノベーション基金」と相俟って、日本の風力産業は漸く洋上風力分野での巻き返しに舵を切ったものと考えられる。

そこで、本論文では、初めに風力産業に関する先行研究レビュー及び関連機関の確認を行い、次に過去10年間に於いて日本の風力産業が世界から遅れをとった要因について検討した上で、産業クラスター論の視点から洋上風力産業を捉え、海外の洋上風力産業クラスターの事例分析及び国内の洋上風力事業の動向を踏まえて、特に浮体式洋上風力を中心とした日本の洋上風力産業クラスター形成の可能性について考察する。

² 経済産業省資源エネルギー庁・国土交通省港湾局（2021）p.9を参照。

³ 以上の状況と指摘については、安藤・中村（2018）pp.63-64を参照。

⁴ この指摘については、佐藤（2019）p.570を参照。

2. 先行研究レビュー及び風力産業関連機関

(1) 先行研究レビュー

風力産業に関する先行研究については、産業論及び技術論など複数の分野において幾つかの成果が発表されている。そこで、主な先行研究及びレポートなどを分野別に列挙すると以下ようになる。まず国内の研究者による産業論の分野では、松岡（2004）の風力発電機とデンマーク・モデルに関する研究、北嶋（2008）のデンマークの風力発電機の普及と産業化に関する研究、牛島（2012）の海外と日本の風力発電に関する研究、北嶋（2012）の日本国内の風力発電機産業の潜在的競争力と中小企業の可能性に関する研究などがある。また、産業政策及び産業動向の分野では、岩本（2013）のドイツ・プレーマーハーフェンの洋上風力発電産業の動向に関する研究（シンポジウム発表資料）、上田（2016）の欧州の洋上風力発電の動向に関する研究、三井住友銀行（2018）の欧州洋上風力発電の現況に関するレポート、安藤・中村（2018）の日本の風力発電から見た再生可能エネルギーの課題に関する論文、石丸（2019）の洋上風力発電と地域活性化について英国ハル・ハンバー地域の事例を踏まえた論文、福永（2019）の洋上風力発電基地エスピアウ港に関する紹介レポートなどがある。さらに、技術論の分野では、佐藤（2019）の浮体式洋上風力発電の先進事例に関する論文を始め、一般社団法人日本風力エネルギー学会において多くの論文が発表されている。海外の研究者による研究やレポートについては、産業論の分野では、Boeckle, R., Dua, M., Henriques, D., Simon, P. and Tronci, F. (2010) のドイツ風力クラスターに関する研究レポート、Sousa de Oliveira, W. and Fernandes, A.J. (2011) の風力エネルギーのイノベーションと技術経営に関する論文、Derek Hill, D. and Engel-Cox, J. (2017) のエネルギー革新クラスターと製造業に与える影響に関する研究レポートなどがある。

(2) 風力産業関連機関

風力産業に関連する機関については、日本国内においては、風力エネルギー及び風力発電産業に関連する政策動向、企業動向、地域動向の情報を総合的に把握している機関として、日本風力発電協会（以下、JWPA と表記）が存在しており、同機関では風力産業に関する最新情報を発信している。また、学会については、上述の一般社団法人日本風力エネルギー学会が存在している⁵。海外においては、EWEA（The European Wind Energy Association）が欧州及び世界規模で風力発電を積極的に推進しており、同機関では 50 カ国以上で活躍する 600 名以上のメンバーからなる強力な風力エネルギーネットワークを形成している。また、風力エネルギーセクター全体を代表する組織である GWEC（Global Wind Energy Council、以下 GWEC と表記）は、メーカー、開発者、コンポーネントサプライヤー、研究機関、全国風力・再生可能エネルギー協会、電力供給会社、金融及び保

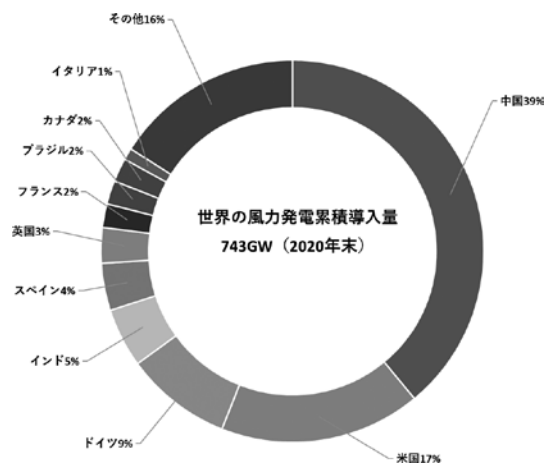
⁵ 同学会の主旨は、風力エネルギー利用に関する基礎と応用について、科学技術の振興と普及を目的とし、あわせて会員相互の連絡・親睦及び国内ならびに外国の研究者、研究団体との交流を図ろうとするものとされる。また、その起源は、1977 年 11 月の風力エネルギー協会設立（事務局は足利工業大学牛山研究室、60 名でスタート）まで遡ることができる。以上については、同学会ホームページ <http://www.jwea.or.jp/menu1-2.html>（2021 年 11 月 1 日閲覧）を参照。

険会社を含む 80 カ国以上、1,500 以上の企業、組織、機関から構成されており、世界の風力発電産業に関する調査及び分析を実施している。

3. 世界と日本の風力発電の導入状況

GWEC（2021）によれば、2020 年末の世界の風力発電の累積導入量は 743GW（前年比 14% 増）となり、これは標準的な原子力発電設備（1GW）の 743 基分に相当する。これに対して、日本の累積導入量はおよそ 4.4GW（世界 20 位）で、世界全体の累積導入量に占める割合は 0.6% に留まっている（図表 1 参照）。しかしながら、JWPA（2021）によれば、2020 年末の日本の風車の累積導入数は 2,554 基となり、2020 年の陸上風力と洋上風力を合わせた風車の単年導入数は 166 基、単年導入量は 516MW（51.6 万 kW）で前年の 1.9 倍と過去最大の更新となり、増加傾向を見せ始めている。（図表 2 参照）。

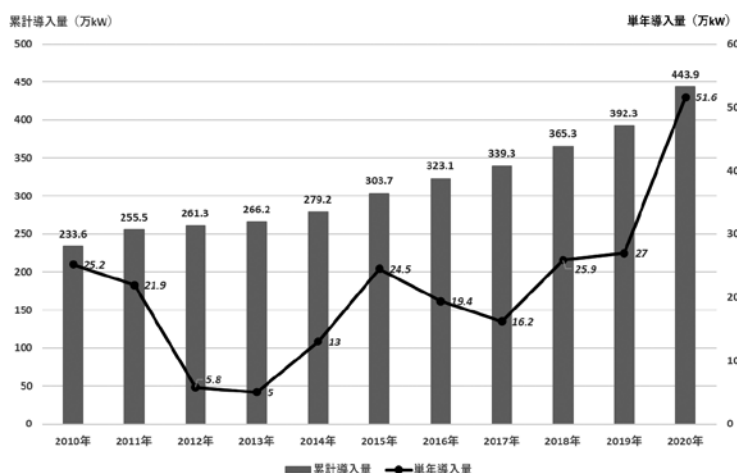
図表 1 2020 年末時点の世界の風力発電累積導入量と国別の割合



注：数値は、陸上風力と洋上風力の合計値。

出所：GWEC（2021）に基づいて筆者作成。

図表 2 2020 年末時点の日本の風力発電累積導入量と単年導入量



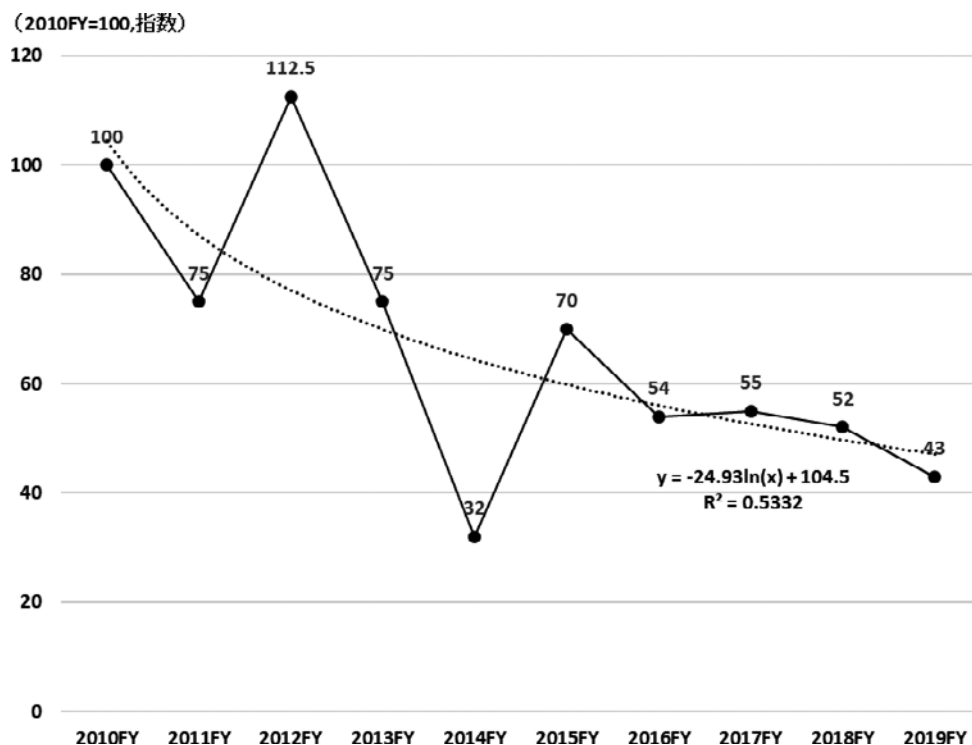
注：数値は、陸上風力と洋上風力の合計値。

出所：JWPA（2021）, <http://jwpa.jp/pdf/dounyuujisseki2020graph.pdf> (2021 年 9 月 29 日閲覧) に基づいて筆者作成。

4. 日本の風力産業の“失われた10年”の要因

前掲の図表1及び図表2が示すように、世界の風力発電の導入量は、イギリス及び中国を中心に拡大している。その一方で日本の風力発電量は主要各国と比較し大幅に導入量が遅れている。また、松信（2019）によれば、日本の風車メーカーのシェアは0.1%以下で風車生産における国内の拠点、人材も至近10年間で急速に縮小し輸出は皆無となるなど潜在的な技術力は有するものの、風車の安定運転、安全確保を国外の技術に依存している状況が指摘されている。こうした状況は、図表3に示すように、過去10年間の風力発電関連企業の参入指数と近似曲線からも十分に窺い知ることができる。この図表は、一般社団法人日本電機工業会が毎年実施している「風力発電関連機器産業調査結果報告書」のデータに基づいて筆者が作成したものであるが、この図表が示すように、日本の風力発電関連機器産業を担う大手・中堅メーカーの新規参入は低下傾向を示している。2008年のリーマン・ショック、さらに2011年の東日本大震災を受け、日本のエネルギー政策及び国内産業政策として再生可能エネルギー分野が俄かに注目され、エネルギー政策面では太陽光発電を始めとする再生可能エネルギーの比率を上げること、国内産業政策面では自動車産業にのみ依存するのではなく、再生可能エネルギー産業を育成・強化することが謳われた。しかし、その後の10年間の状況を見る限り、再生可能エネルギー機器の導入は太陽光発電を中心に進展したものの、国内産業としての再生可能エネルギー産業は期待されたほど成長しておらず、国内の風力産業自体は上述のように寧ろ縮小傾向が続いた。

図表3 風力発電関連企業の参入指数と近似曲線



そこで、以下では、この10年間に於いて日本の風力産業がなぜ停滞してしまったのか、その要因について分析を試みる。

日本国内の風力産業の停滞要因の分析では、欧州各国の風力産業、特に洋上風力発電の劇的な市場拡大及びコスト低下の具体的な要因が参考になるが、この要因について石丸（2019）は、①制度的要因、②技術的要因、③経済的要因及び④理念的要因、以上の4つのカテゴリーに分類し整理している。そこで、欧州との比較を通じて、日本の風力産業の停滞要因について、このカテゴリー別に検討すると次のようになる。

（1）制度的要因

欧州では、少なくとも2000年代以降、風力産業、特に洋上風力産業を成長産業として捉え、各国政府は長期的な大規模導入の明確な数値目標を掲げ、事業者や投資家の事業開発リスクを低減することで、新規の市場参入を促すような入札制度を整えた⁶。これに対して日本政府は長期的な大規模導入の数値目標を明確に掲げるまで多くの時間を費やし、そのため企業サイドの新規市場参入のインセンティブ形成が遅れたものと考えられる。だが、日本の風力産業に対する制度的な遅れには、もっと根深い歴史的背景が潜んでいる。それは②の技術的要因とも関連するが、1970年代の日本政府のエネルギー政策における風力発電の位置づけまで遡ることができる。この点について、日本の風力発電研究の第一人者である牛山泉博士は当時を振り返り、次のように明確な指摘を行っている。少し長くなるが牛山（2012）から関連部分を抜粋する。

「欧米において、70年代後半から大型風車の開発が始まり成果が出始める一方で、日本の電力会社は原子力を重視し、自社の電力系統に不安定な電力を入れたくないという理由もあり、風力発電の開発導入に否定的であった。サンシャイン計画以降の新エネルギー技術開発の中で、太陽光に比べ風力は遅れてスタートした上に、重点的課題にならなかった。その背景には、通産省の政策決定者の間で『日本に風車は適さない』という認識が共有されていたように思う。大きく3つの理由がある。第一に、NEDOによる500kW風車の国家プロジェクトが政策的な理由で遅れた。そのプロジェクトが終了した時点で、欧州の民間企業が500kW級風車を市販するようになった。その結果、国内市場は欧州製輸入風車で席巻されてしまい、日本における風車の技術開発は終わった、という評価がなされた。第二に、欧州製の風車は完成度が低く、台風のある日本に適さなかったことである。電力会社はこの風車を輸入したが、実証試験で壊れてしまい、風車は電源として信頼できないと認識された。第三に、変動する風力発電の出力を電力系統に連係すると、周波数変動や電圧変動が生起して不都合があると考えられたこと、などである。いずれにしても、日本は政策として原子力発電を中心に脱化石燃料を図ろうとしたことが底流にあり、再生可能エネルギーへの関心が低かった」⁷。

⁶ 石丸（2019）を参照。

⁷ 牛山（2012）pp. 127-128より抜粋。なお、この指摘は、牛山が1977年に行われた民間シンクタンクを事務局とする風力プロジェクトの準備勉強会を通じての見解と推察される。

このように、日本の風力発電及び風力産業に対する政策サイドの認識は否定的な時期が長く続き、その結果、2000年以降も日本の風力発電の普及やその産業化に関連する制度設計や技術開発投資に対しては、“慣性の法則”の如く消極的な対応が残存し続けたものと推察される。

(2) 技術的要因

近年、欧州各国では、プロジェクト規模の大型化とともに技術革新を誘発し、風力発電関連機器の信頼性向上、建設工程の合理化と効率化、ICT、IoT、AIなどによるO&M技術を進歩させている。これに対して、日本の風力産業の現状について永尾（2019）は、日本国内では大手風車メーカーである三菱重工、日立製作所、日本製鋼所が風車の製造販売から撤退あるいは事業を縮小したことにより、国内の環境に最適化された国産風車の選択肢がなくなるとともに、風車に関わるエンジニアの散逸、開発・製造技術の消滅などにより、日本の風力産業が世界の技術革新から落伍し、ひいては国富の流出と産業波及効果の喪失という負のスパイラルに陥る危険性がかつての日本の航空機産業の途絶と凋落を例に指摘している⁸。

図表 4 主要な風力関連機器事業者（2012年時点）

製品名	会社名
風車本体組み立て (Nacelle)	三菱重工、日本製鋼所、日立製作所、駒井ハルテック
小型風車	シンフォニアテクノロジー（旧神鋼電機）、ゼファー、 那須電機鉄工、エフテック、中西金属工業、MECARO、菊川工業、 ジーエイチクラフト、前川製作所、豊瑛電研、ニッコー、グローバル エナジー
翼 (Blade)	三菱重工、日本製鋼所、ジーエイチクラフト
材料 (Material: GFRP)	日本ユビカ、昭和高分子、大日本インキ、日本冷熱、旭硝子、 日本電気硝子、東レ
材料 (Material: CFRP)	東レ、三菱レイヨン、東邦テナックス
発電機 (Generator)	日立製作所、TMEIC、明電舎、シンフォニアテクノロジー（旧神鋼 電機）
変圧器 (Converter)	富士電機、利昌工業
電気機器 (Electric Equipment)	日立製作所、三菱電機、東芝、TMEIC、富士電機、安川電機、 明電舎、フジクラ
軸受け (Bearing)	ジェイテクト（旧光洋精工）、日本精工、NTN、コマツ、日本ロバロ
増速機 (Gear-box)	石橋製作所、大阪セイサ、コマツ、オーネックス、ネツレン
油圧機器 (Hydraulic Machine)	川崎重工、日本ムーグ
機械装置 (Machine Equipment)	ナブテスコ、住友重機械工業、豊興工業、曙ブレーキ工業
鉄鋼・鋳物 (Steel, Casting)	日本製鋼所、日本鋳造

出所：牛山（2012）p. 103 より。

⁸ 戦後日本の航空機産業の途絶に関連する論文については、北嶋（2003）を参照。

ところで、これに関連する過去の状況については図表4が参考になる。この図表は2012年時点における日本の主要な風力関連機器事業者をリストアップしたものである。図表から明らかなように、この時点では、多くの事業者が風力関連機器事業に携わっていた。しかし、その後は、前掲の図表3の参入指数からも明らかなように新規参入の動きは停滞し、さらに主要メーカーにおいて風力発電事業の見直しが相次いで発生したため、この10年余りで日本企業による風力発電に関連する技術革新のスピードは鈍化したと言わざるを得ない。

(3) 経済的要因

欧州各国では、規模の経済と学習効果により、特に洋上風力産業のサプライチェーンが成熟化してきている。それに伴い欧州の洋上風力の発電コストは着実に低下を続けており、他の電源と比べコスト競争力も高まりつつある⁹。一方、日本では、2012年にFIT制度が導入されて以降、再生可能エネルギーの認定設備容量は急激に拡大しているものの、風力発電の導入量は緩やかな増加に留まっており、その背景については、風力発電設備の導入にあたっては、地元との調整や環境アセスメントのほか、立地のための各種規制・制約への対応が必要になることが挙げられている。加えて、送電網への接続余地が限定的になっている、いわゆる系統制約が顕在化していること、海外に比べ依然として発電コストが高いことが課題となっている¹⁰。

こうした状況を受け、牛山博士を委員長とする「風力発電競争力強化研究会」では、2016年10月に『風力発電競争力強化研究会報告書』を取り纏め、以下のような方向性が提示された。すなわち、現行（2016年時点）の風力発電の発電コストは、13.9円/kWhで世界平均の8.8/kWhの約1.6倍であることから、日本は2030年までに発電コストを8～9円/kWhまで引き下げ、FITから自立した導入を目指すべきであり、その実現のためには、第一に、競争促進と強い風車産業の育成による風車の低価格化、第二に、ウィンドファームや風車の大規模化による工事費等の低コスト化、第三に、競争促進とメンテナンスの効率化による運転維持費の低減が必要であるとしている¹¹。

このように、少なくとも過去10年間に於いて、日本では国内での大型風力発電機器のサプライチェーンの構築が遅れた結果、技術的要因とともに経済的要因においてもコスト面及び価格面における国際競争力を向上させることができなかったのである。

(4) 理念的要因

日本国内の風力産業の停滞要因の中で最も重要とされるのが、この理念的要因であろう。この

⁹ 欧州洋上風力発電のコスト競争力の向上については、三井住友銀行（2018）を参照。

¹⁰ この日本の現状に関する指摘については、平野・野中（2020）を参照。

¹¹ 詳細については、風力発電競争力強化研究会（2016）を参照。また、これに関連して、JWPAでは2018年2月に「洋上風力発電の導入推進に向けて（提言）」を発表し、その中で発電コスト（LCOE：Levelized Cost of Electricity）8～9円/kWhに向けたシナリオが提示されている。その詳細については、日本風力発電協会（2019）を参照。

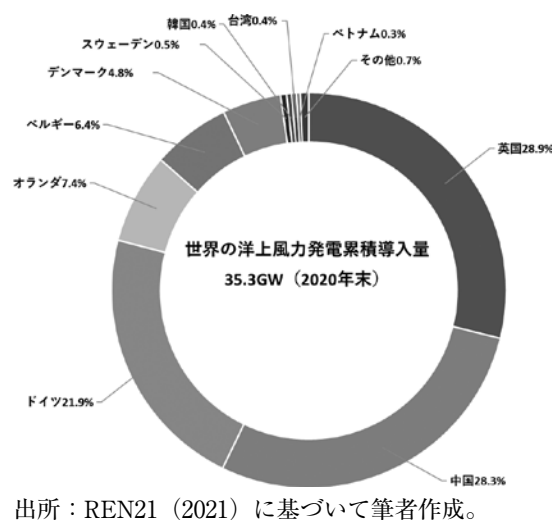
10 年間に於いて欧州では脱炭素化と持続可能な発展の理念が次第に浸透した。その結果、地球環境に配慮しない投資行動はリスクが高く、経済合理性がないと考えられるようになり、再生可能エネルギーセクターに資金が集まり易くなってきている。この間、日本では脱炭素化と持続可能な発展に対して、再生可能エネルギー関連産業、特に風力産業を新たな成長産業に位置付けるといった理念形成が大きく進展することはなかった。しかし、本稿冒頭で述べたように、日本でも漸く「2050 年カーボンニュートラル宣言」、「洋上風力産業ビジョン」及び「グリーンイノベーション基金」などが発表されたことで、日本の風力産業に係る理念的要因の曖昧さが払拭され、今後は洋上風力産業での巻き返しが期待されている。具体的には、2019 年 4 月に「再エネ海域利用法」が施行され、同年 12 月 27 日には長崎県五島市沖が「促進区域」に指定されたことで、2019 年は日本の洋上風力発電元年と称されている¹²。そこで、次節以降では、今後、日本国内においても成長が期待される洋上風力産業について、その動向と今後の可能性について考察する。

5. 洋上風力の動向、種類及びサプライチェーンの構成要素

(1) 世界の洋上風力発電の導入状況

現在、世界の風力産業では洋上風力発電の導入が加速している。国際的な自然エネルギー政策のネットワーク組織である REN21 によれば、2020 年末の世界の洋上風力発電の累積導入量は約 35GW で、10 年前の 2.9GW から 12 倍以上に拡大している。また、累積導入量の国別の割合では、英国と中国が 3 割近くで拮抗しており、次いでドイツが約 2 割で、以下、オランダ、ベルギー、デンマークといった順になっている（図表 5 参照）。このように欧州及び中国を中心に洋上風力の導入が積極化している。こうした中、日本の累積導入量は僅か 59MW に留まっており、陸上風力に加え洋上風力においても日本は大きく後塵を拝していると言わざるを得ない。

図表 5 2020 年末時点の世界の洋上風力発電累積導入量と国別の割合



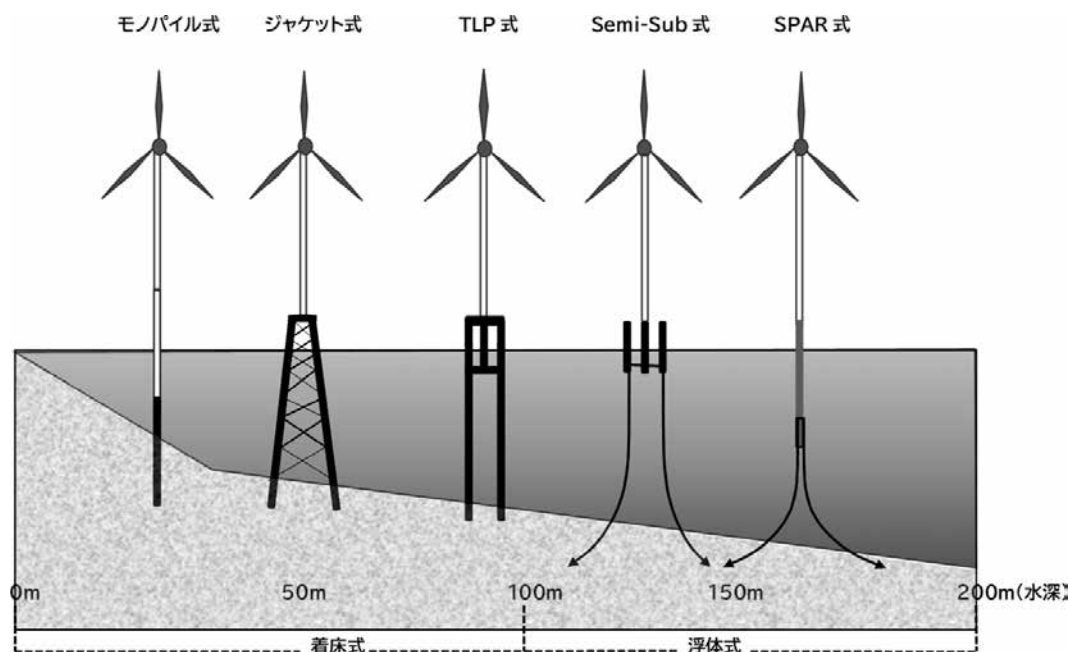
¹² この指摘については、佐藤 (2019) を参照。

(2) 洋上風力発電の種類

しかしながら、2020年12月に「洋上風力産業ビジョン（第1次）」において「洋上風力発電の発電量を2030年までに10GW、2040年までに浮体式を含む30GWから45GWの案件形成の目標」が掲げられたことによって、日本でも俄かに洋上風力発電の建設・導入が進みつつある。現在、世界的に案件形成が進んでいる洋上風力は「着床式」と呼ばれるものであり、欧州ではこの「着床式」の技術が確立されている。そのため日本の洋上風力発電の建設においても、第一段階として「着床式」による建設が既に「促進区域」¹³において進められているが、この「着床式」の洋上風力発電の建設、オペレーション及びメンテナンス等に係る技術やノウハウは欧州企業に依存せざるを得ないのが現状と言える。

一方、日本周辺の沿岸海域は水深が急に深くなるといった地形的な特徴を持っているため、日本の洋上風力では「浮体式」が有効とされる（洋上風力発電設備の基礎構造の種類については、図表6を参照）。そして、日本における浮体式洋上風力発電の設置可能な50m以深の海域は、エネルギーポテンシャルが着床式洋上風力発電施設の適地とされる

図表6 水深別の洋上風力発電の基礎構造の種類



補足：モノパイル式：水深30m未満、1本杭を打設して基礎を構築、欧州洋上風力の大半がこのタイプ。
 ジャケット式：水深30~50m、基礎にモノパイル式よりも頑丈で構造が複雑な鋼管トラス構造を使用。
 Semi-Sub式・SPAR式（浮体式）：水深50m超、風車の下に設置した縦長の大型ブイ等の構造物を海底に係留。
 TLP式：浮体をテンドンと呼ばれる鋼管やワイヤーなどで海底と直線的に繋ぎ、浮体の浮力を利用して、テンドンに大きな張力を発生させて安定を図る係留方法。
 以上については、三井住友銀行（2018）p. 10及び伊藤・栗本・林（2018）p. 28を参考に記載。

出所：堺（2013）を参考に筆者作成。

¹³ 既に2021年9月13日までに「促進区域」として長崎県五島市沖、秋田県能代市・三種町・男鹿市沖、秋田県由利本荘市沖（北側・南側）、千葉県銚子沖、秋田県八峰町・能代市沖が指定されている。この他に「有望な区域」として7地区域、「一定の準備段階に進んでいる区域」として10区域が挙げられている。詳細については、経済産業省資源エネルギー庁・国土交通省港湾局（2021）を参照。

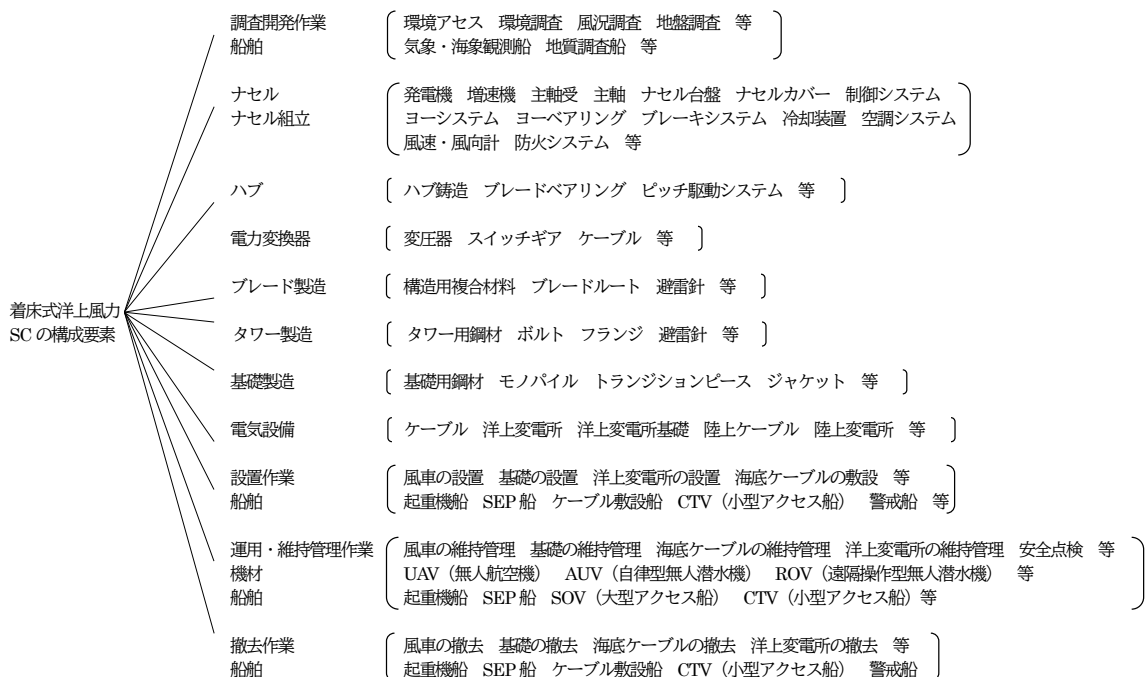
50m 以浅の海域のポテンシャルを大きく上回ることから、将来的に再生可能エネルギーの有望な産出地となることが期待されている¹⁴。

(3) 洋上風力におけるサプライチェーンの構成要素

陸上風力と異なり洋上風力では、その建設及びメンテナンスにおいて多種多様な企業の参入が必要となる。図表7は、着床式の洋上風力におけるサプライチェーンの構成要素を示したものである。この図表から明らかなように、着床式洋上風力では、調査開発、風車製造、基礎構造、電気系統、設置、O&M（オペレーション及びメンテナンス）、及び撤去などに関わる多くの企業に関わることになる。特に洋上での設置作業、運用・維持、撤去等には、起重機船、SEP 船、ケーブル敷設船、CTV、SOV、警戒船といった多様な船舶が必要とされるため、洋上風力向けの船の造船や運航会社などが活躍することになる。

ところで、「洋上風力産業ビジョン（第1次）」では、国内調目標について「国内調達比率を2040年までに60%にする」ことが掲げられているが、この数値の意味については留意する必要がある¹⁵。すなわち、この国内調達率60%とは風車の調達率という意味ではなく、風力発電所のライフサイクル投資の60%を国内で調達するという意味である。そこで、

図表7 着床式洋上風力におけるサプライチェーン（SC）の構成要素



補足) SEP 船 (Self Elevating Platform) : 自己昇降式作業台船、CTV (Crew Transfer Vessel) : 洋上風力目的特化型交通船、SOV (Service Operation Vessel) : 洋上風力保守管理専用作業船。なお、これらの洋上風車設置船・作業船については、日本船舶技術研究協会 (2013)、日本埋立浚渫協会 (2020) を参照。

出所) 経済産業省・国土交通省 (2020) p. 17 に基づいて筆者作成。

¹⁴ 詳細については、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2018) を参照。

¹⁵ 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会 (2020) p. 12 を参照。

洋上風力サプライチェーンのカテゴリー別の LCOE（均等化発電原価：Levelized Cost OF Electricity）を示すと図表 8 のようになる。この図表から分かるように、カテゴリー別では風車製造の LCOE 比率は全体の 2 割程度で、最も比率が高いのは O&M となっている。また、設置も 1 割強となっている。そのため、日本が 2040 年までに国内調達率 60% を達成するためには、風車製造だけでなく、O&M や設置等に関わる「国内企業」の参入や日本企業の育成が今後の課題となっていくものと推察される¹⁶。

図表 8 洋上風力サプライチェーンのカテゴリー別 LCOE 比率

サプライチェーンのカテゴリー	LCOE 比率 (%)
調査開発	2.9
風車製造	23.8
基礎製造	6.7
電気系統	7.7
設 置	15.5
O & M	36.2
撤 去	7.2

注) LCOE (Levelized Cost Of Electricity、均等化発電原価) とは、発電にかかる費用を総合的に評価する指標で発電所の建設から廃棄まで発電に必要な全てのコストの合計を発電所の生涯発電量の想定値で割ったもので、表中の数値は、BVGassociates (2019) より三菱総合研究所が算出したものである。
出所) 経済産業省・国土交通省 (2020) p. 17 に基づいて筆者作成。

6. 考察：日本の洋上風力産業クラスター形成の現状と可能性

(1) クラスター形成による産業集積の再活性化

Porter (1998) によれば、「クラスターとは、特定分野における関連企業、専門性の高い供給業者、関連業界に属する企業、関連機関（大学、規格団体、業界団体など）が地理的に集中し、競争しつつ同時に協力している状態」と定義される。また、北嶋 (2020) は、クラスターを既存産業集積及びその構成要素である中小企業のイノベーションを促進するための戦略、さらに地域イノベーションのための手段・方法として捉えている。

今後、日本国内で洋上風力産業のサプライチェーンが構築されるためには、一定の産業集積が洋上風力発電基地（港湾）周辺に誕生することが必要とされる¹⁷。さらに、その新たに誕生した産業集積が将来的に国際的な競争力を獲得し発展して行くためには、上述のクラスター概念が重要であると考えられる。そこで、以下では、海外の主要な風力産業クラスターの形成状況を概観した上で、日本の洋上風力産業クラスター形成の現状と今後の可能性について考察する。

¹⁶ 「国内企業」には、日本に拠点を持つ海外企業も含まれる。特に大型の風車製造に関しては、現状では日本メーカーの殆どが撤退してしまったため、当面は海外製品に依存せざるを得ない。

¹⁷ 欧州においては、北海を中心として重要部品のサプライチェーンが形成されている。また、英国においては、ブレード、タワー、ケーブル、基礎の製造工場が存在している。さらに、ドイツにおいては、製造業が強く、ナセル内の部品を含めて総合的なサプライチェーンが形成されている。以上については、洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会 (2020) p. 27 を参照。

(2) 海外の洋上風力産業クラスターの形成状況

① ブレーマーハーフェン市の事例

海外の洋上風力産業クラスター形成の先行事例としては、ドイツ・ブレーメン州のブレーマーハーフェン（Bremerhaven）市を挙げることができる。古金（2014）は、その成功の背景について、第一に、同市は、かつては海運・造船等の産業が盛んであったが、1990年代以降はアジアや東欧など新興国とのコスト競争の激化で失速し深刻な不況と失業の増加に直面した。そこで、同市では2000年代に経済復興チームを結成し、海運都市の強みを活かしながら造船・重機製品の生産拠点に特化する計画の一環として洋上風力発電事業を誘致する決定をしたこと。第二に、この同市政府の政策決定が官民を挙げた地域の復興を目指す取り組みの契機になったこと。第三に、同市が港湾に近い都市で世界有数のコンテナ取扱港として水深の深い港湾設備を持っていたことが洋上風力発電設備の輸送や運搬に適していたこと。第四に、同市には過去の造船業で培われた熟練労働者が多く、重機などの製造ノウハウを有していたこと。第五に、風力発電設備の製造には数万点の部品が必要とされ、産業集積のための巨額の新規投資が必要になるが、同市は土地の提供や線路の敷設などの環境整備を図り、許認可プロセスの簡便化・迅速化を進めたこと。第六に、その結果、研究開発拠点を含めた企業誘致が可能になったこと。以上を指摘している¹⁸。また、岩本（2013）及び竹内・安田・荒川（2015）が指摘しているように、ブレーマーハーフェン市の洋上風力産業クラスターの形成では、BIS（Bremerhaven Economic Development Company Ltd.）の果たしている役割が大きいものと推察される。現在、BISではビジネスロケーションとしてのブレーマーハーフェン市の開発強化及び市場分析を手掛けており、起業家のコミットメントの促進や近代的なビジネスと生活に適した都市開発を担当している。さらに、同市内の企業はBISを通じてアルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所、フラウンホーファー風力エネルギーシステム技術研究所、海上輸送・物流研究所及び大学等¹⁹の専門性の高い多様な機関とコンタクトをとることができる²⁰。換言すると、BISはブレーマーハーフェン市の洋上風力産業におけるクラスター促進者（cluster facilitator）の役割を果たしているものと考えられる²¹。

¹⁸ ドイツの風力産業クラスターの形成については、ブレーメン州のほかニーダーザクセン州（Lower Saxony）、シュレースヴィヒ＝ホルシュタイン州（Land Schleswig-Holstein）及びハンブルグ（Hamburg）といったドイツ北西部において2000年代初頭から積極的に展開されていたという経緯がある。この地域には中小企業を含む多種多様なアクターによって構成されるクラスターマップ Cluster Map）が存在している。以上の分析については、Boeckle, Dua Henriques, Simon and Tronci（2010）pp. 13-15を参照。

¹⁹ ブレーマーハーフェン大学には、ドイツ国内で初めて風力エネルギー学科が設置されており、2018年9月から北海周辺の5ヶ国（イギリス、オランダ、デンマーク、ドイツ、ベルギー）、11機関と連携し、洋上風力MBAコースを開講している。また、同大学と北九州市立大学では、2019年2月に風力発電を中心とした再生可能エネルギー分野で学術交流協定を締結している。以上については、<https://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000867562.pdf>（2021年11月19日閲覧）を参照。

²⁰ BISの概要については、同社ホームページ <https://www.bis-bremerhaven.de/ueber-uns.98299.html>（2021年11月19日閲覧）を参照。

²¹ クラスター促進者については、Ingstrup and Damgaard（2011）を参照。

②キングストン・アポン・ハル、ハンバー川河口地域の事例

イングランド北東部、北海に注ぐハンバー（Humber）川河口近くの北岸に位置する港湾都市キングストン・アポン・ハル（Kingston upon Hull）とハンバー川河口地域一帯は、2010年代半ばから急拡大している北海の洋上風力発電事業の拠点港として注目されている。石丸（2019）によれば、2016年末に同地域に風車メーカー大手のSiemens（当時）のブレード製造工場が2016年末に完成し、その結果、同地域には1,000名を超える直接雇用が創出され、長期的な建設及びO&Mサービスへの需要が生まれ、洋上風力産業へのサプライチェーンが構築され始めている。さらに、2016年にハル大学が推進する低炭素エネルギー分野における官民学のコンソーシアム、Auraプロジェクトが発足し、地域クラスターの競争力を維持・向上するため、企業へのビジネス支援、将来に向けての人材育成及び研究開発といったイノベーション活動が開始されている²²。同コンソーシアムのメンバーは、準公的機関である地方企業パートナーシップ（ハンバー地方企業パートナーシップ）、風車メーカー（Siemens Gamesa）²³、事業開発者（Orsted, Engie）、大学（ダーラム大学、シェフィールド大学）、研究所（ORE カタパルト、国立海洋研究所）、GPH（Global Ports Holding）²⁴及び研修プロバイダー（CATCH）²⁵などで構成されている²⁶。

(3) 結論にかえて：日本の洋上風力産業クラスター形成の現状と可能性

JWPA（2021）によれば、2020年末時点までに日本に導入された洋上風力の累計は28基（58.6MW）と少数であるが²⁷、既に秋田県や福岡県において大規模な着床式洋上風力の建設が開始されている。さらに、将来的には日本の沿岸部の水深や海底地形に対して有効とされる浮体式洋上風力の建設が主に日本海沿岸地域を中心に急速に進むものと予想される。しかしながら、洋上風力を単なる大規模なクリーンエネルギー供給基地の建設といったインフラ投資に終わらせることなく、上述の海外事例から示唆されたように、洋上風力を持続的な地域イノベーションを可能にする中核産業として位置付け、産業クラスター形成の視点に立脚した取り組みは、そのサプライチェーンの構築とともに日本では漸く緒に就き始めたばかりと言っても過言ではない。

ドイツ北西部では、既に風力産業クラスターマップが確立されているが、それを構成し

²² 以上については、石丸（2019）p. 19を参照。

²³ Siemensは2017年4月にスペインの大手風車メーカーGamesaと合併している。

²⁴ GPH（グローバル・ポート・ホールディング）は、クルーズ及び商業用港湾の多様なポートフォリオを持つ国際的な港湾事業者として2004年に設立された企業である。詳細については、<https://www.globalportsholding.co.uk/about>（2021年10月20日閲覧）を参照。

²⁵ CATCHは、ヨークシャー&ハンバー地域などで再生可能エネルギー産業等のエンジニア研修を手掛ける非営利組織で、機械、電気、プロセス及び安全衛生のトレーニングを専門としている。活動の詳細については、<https://catchuk.org/catch-skills/>（2021年11月1日閲覧）を参照。

²⁶ このほかにも洋上風力産業クラスター形成の拠点となる可能性が高い地域としては、フリッシンゲン港（オランダ）、オーステンデ港（ベルギー）、ロストック港（ドイツ）、ムクラン港（ドイツ）及びエスピアウ港（デンマーク）などを挙げることができる。フリッシンゲン港、オーステンデ港、ロストック港及びムクラン港については、辰巳（2020）、エスピアウ港については、福永（2019）を参照。

²⁷ このうち、福島県楢葉沖の浮体式洋上風力（実証研究用）2基は、2021年夏に撤去されている。

ている複数のアクターのカテゴリーは、研究機関（関連技術大学、その他の大学、応用科学学校）、政府関係機関（州政府、科学省関連、政府エネルギー関連機関）、製造技術リーダー企業（タービン、ローター、ブレード、ギヤボックス、ジェネレーター、タワー、コントローラー）、サポート部門（ロジスティック、コンストラクション、プロジェクトマネジメント、ファイナンス、メンテナンス、公共施設）、代理店、ウインドオペレーター及びコンポーネントサプライヤー（中堅・中小企業群）と極めて多様である²⁸。これに対して、日本には未だこうした風力産業、特に洋上風力産業を見据えたクラスターマップは殆ど確立されていない。

だが、こうした中であって、長崎海洋産業クラスター形成推進協議会²⁹及び室蘭洋上風力関連事業推進協議会（MOPA）³⁰の取り組みは、日本の洋上風力産業クラスター形成の魁として注目され始めている。特に長崎海洋産業クラスター形成推進協議会では、2020年10月から「長崎海洋アカデミー」を開講し、長崎大学や長崎総合科学大学などと連携しながら洋上風力産業に必要とされる海洋開発技術者の育成を開始している³¹。そこで、以上を踏まえながら、日本の洋上風力産業の地域産業振興における今後の可能性を指摘すると以下ようになる。

第一に、洋上風力産業のサプライチェーン構築及びクラスター形成では、技術面、運用面において海外企業に依存せざるを得ない状況にあることから、今後暫くは、「誘致・学習型産業構造化」による産業政策が基本になるものと予想される³²。これは主要メーカーの殆どを海外企業に依存しながらも積極的な企業誘致によって地域産業振興を実現しているイギリスの産業政策と類似したものである³³。

第二に、日本はそうした「誘致・学習型産業構造化」と並行して洋上風力の国産化へも挑戦する必要があるだろう。つまり、海外企業と連携しながらも、国内で洋上風力産業に必要な技術集積をある程度装備する、所謂、「準フルセット型産業構造化」を指向する必要がある³⁴。これは陸上及び着床式洋上風力に関連する主要メーカー、サプライヤー及び

²⁸ Boeckle, Dua Henriques, Simon and Tronci (2010) pp. 13 を参照。

²⁹ 同推進協議会は、海洋エネルギー関連産業という新たな産業分野が、長崎県内企業にとっても大きなビジネスチャンスであることから、県内企業が中心となり、海洋エネルギー産業への積極的な参入が可能となる環境整備に産学官の連携のもとで、いち早く取り組むことが重要との認識から、2014年3月に設立されている。同推進協議会の概要については、同推進協議会ホームページ <http://namicpa.jp/> (2021年10月2日閲覧) を参照。

³⁰ 同推進協議会は、国内で続々と導入計画が進む洋上風力発電について、室蘭市の港湾や産業集積を生かし関連事業の誘致を図るため、2020年1月に設立されている。活動概要については、同推進協議会ホームページ <https://mopa-j.com/jp/activity/> (2021年10月2日閲覧) を参照。

³¹ 同アカデミーの活動概要については、松尾（2021）を参照。

³² 例えば、風力発電機の世界的な大手メーカーである Vestas は、長崎県に洋上風力発電設備の製造工場建設を検討することが報じられている。これについては、『長崎新聞』（2021年9月14日掲載記事）を参照。また、同社は、秋田、能代両港湾区域内に建設する洋上風車の部材を2021年12月から秋田港に搬入することを発表している。これについては、『秋田魁新報』（2021年10月26日掲載記事）を参照。

³³ この「誘致・学習型」では、技術面、経済面だけでなく制度面の学習期間が必要となる。例えば、制度面では、漸く、日本版の「セントラル方式」（洋上風力発電の設置前に行う基礎調査や系統確保などを政府主導で進める仕組み）が検討されて始めていることを挙げることができる。その取り組み状況については、経済産業省資源エネルギー庁・国土交通省港湾局（2021）p. 11 を参照。

研究所などの関連機関を装備しているデンマークやドイツの産業政策と類似したものである³⁵。果たして、それが日本国内で実現可能かどうかについては、現時点では不明な点も多々ある。しかしながら、いつまでも海外企業に依存し続けることは産業政策として得策とは言い難い。幸いにも浮体式洋上風力は世界的にも漸く実用化への取り組みが開始されたばかりの産業であることを踏まえるならば、中堅中小企業を含む日本の機械関連企業の潜在的技術蓄積力をフルに活用して、野心的ではあるが浮体式洋上風力産業の「準フルセット型産業構造化」に挑戦していくべきではないだろうか。

第三に、浮体式洋上風力を軸にした地場産業との融合化の可能性である。欧州では、海洋空間を利用するステークホルダーを特定し、協調利用に向けた意見調整を行うプロセスとして、海洋空間計画（Maritime Spatial Planning）が適用されており、地域・漁業関係者との丁寧な対話により理解を深め、共生策を共に考え、新たな価値の創造の実現が指向されている。例えば、浮体式洋上風力に期待される漁業への好影響として「漁礁効果」が挙げられており、これに関連する事例としては、既に日本でも長崎県五島市沖の浮体式風車において、基礎部に底魚類用の漁礁、海面部に浮漁礁が設置され、集魚効果が確認されている。また、沖合の浮体式ファームが稚魚育成の場となり、沿岸漁業の振興に繋がる可能性も指摘されている³⁶。このように、浮体式洋上風力産業は、地域の地場産業との融合化による新たな価値創造の可能性を持っている。

翻って、JWPA（2020）のポテンシャル試算値によれば、離岸距離 30km 以内の比較的陸に近い海域だけでも日本の浮体式洋上風力のポテンシャルは 425GW と非常に高く³⁷、加えて EEZ（排他的経済水域、領海基線より 12 海里から 200 海里の間の海域）には、さらに膨大なポテンシャルが存在していることから³⁸、この試算に基づくと、日本の洋上風力における 2040 年の 30GW から 45GW の目標は、着床式と浮体式双方の導入により達成可能であることが明らかになっている³⁹。このように、日本は洋上風力による“再エネ立国”になれる潜在的可能性を十分内包している。よって、機械産業においても洋上風力を新たな国内産業として位置付け、それに関連する産業創造及び人材育成⁴⁰を強化し、洋上風力の準フルセット型産業構造化を加速的に推進する必要がある。そこで、今後は、洋上風力産業において日本が競争優位を獲得するための条件について、日本版洋上風力産業クラスター形成の視点から研究を進めて行きたいと考えている。

³⁴ 「フルセット型産業構造」の概念については、関（1993）を参照。

³⁵ 特にデンマークの風力発電の歴史は長く、Vestas といった世界企業を輩出している。その産業化プロセスの詳細については、北嶋（2008）を参照。

³⁶ この海洋空間計画及び長崎県五島市沖の取り組みについては、浮体式洋上風力発電推進懇談会（2021）p. 12 を参照。

³⁷ 詳細については、日本風力発電協会（2020）を参照。

³⁸ 詳細については、環境省（2020）を参照。

³⁹ 詳細については、浮体式洋上風力発電推進懇談会（2021）p. 7 を参照。

⁴⁰ この人材育成では、大学及び工業高等専門学校等での人材育成が必要であり、そのためには洋上風力を含む将来の海洋開発技術者の育成に向けて、文部科学省は人材育成面で国土交通省や経済産業省など関係各省庁との連携を図るべきである。

参考文献

- 安藤利昭・中村直貴 (2018) 「日本の風力発電の現状から見る再生可能エネルギーの課題—再生可能エネルギーの「主力電源化」に向けて—」『立法と調査』407: 63-73。
- 石丸美奈 (2019) 「洋上風力発電の拡大と地域活性化—英国ハル・ハンバー地域の事例と日本の現状—」『共済総合研究』79: 10-29。
- 伊藤政人・栗本卓・林秀郎 (2018) 「洋上風力発電施設の基礎およびアンカーに適用する『スカートサクシオン』」『建設機械施工』70(6): 24-30。
- 岩本晃一 (2013) 「洋上風力産業による港湾都市ドイツ・ブレーマーハーフェンの経済復興成功物語」(北九州市・NEDO 洋上風力発電シンポジウム、2013年6月27日、講演資料)。
- 牛山泉 (2012) 『風力発電が世界を救う』日本経済新聞出版社。
- 上田悦紀 (2016) 「風力発電の動向—欧州は洋上風力発電へ—」『日本マリンエンジニアリング学会誌』51(1): 79-84。
- 環境省 (2020) 「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3月」: 150、153。
- 北嶋守 (2003) 「戦後日本の象徴的国産製品と技術者エートス—スバル 360 の開発者百瀬晋六氏の軌跡から—」『機械経済研究』34: 63-74。
- 北嶋守 (2008) 「デンマークにおける風力発電機の普及と産業化のプロセス—農機具鉄工所を世界企業に変貌させた技術・組織・制度—」『機械経済研究』39: 1-16。
- 北嶋守 (2012) 「風力発電機産業の潜在的競争優位性—再生可能エネルギーを軸にした国内機械産業の活性化—」『中小企業のイノベーションと新事業創出』同友館 (第5章所収): 107-130。
- 北嶋守 (2020) 『ヘルスケア産業クラスター形成の日本の特質—中小企業のイノベーションによる産業集積の再構築—』同友館: 4。
- 経済産業省 (2020) 「洋上風力産業ビジョン (第1次) 概要」(令和2年12月15日、洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会資料)。
- 経済産業省・国土交通省 (2020) 「洋上風力の産業競争力強化に向けて」(令和2年7月17日)。
- 経済産業省エネルギー庁・国土交通省港湾局 (2021) 「洋上風力発電の導入促進に向けた取組」(令和3年9月21日)。
- 堺浩二 (2013) 「欧州の事例から見える我が国洋上発電の課題—着床式施工に焦点をあてて—」『風力エネルギー学会誌』37(2): 137-141。
- 佐藤郁 (2019) 「浮体式洋上風力開発の先進事例紹介」『日本風力エネルギー学会誌』43(4): 570-573。
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2018) 「浮体式洋上風力発電技術ガイドブック」。
- 関博満 (1993) 『フルセット型産業構造を超えて—東アジア新時代のなかの日本産業—』

中央公論新社。

竹内彩乃・安田公昭・荒川忠一（2015）「ドイツ・ブレーマーハーフェン市における洋上風力産業振興の成功要因—経済振興組織の役割に着目して—」（日本海洋政策学会、2015年12月5日、報告資料）。

<http://oceanpolicy.jp/jsop/4kenkyuukatsudou/4-4-1-7.files/happyou3.pdf>
（2021年10月1日閲覧）

辰巳大介（2020）「ヨーロッパにおける洋上風力発電施設に関する調査」『CDIT』53：42-43。

永尾徹（2019）「第41回風力エネルギー利用シンポジウム報告・我が国の風力エネルギー導入の足跡と産業維持の意義」『風力エネルギー』：43(4) 576。

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwea/43/4/43_574/_pdf/-char/ja（2021年9月20日閲覧）

日本埋立浚渫協会（2020）「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）。

日本船舶技術研究協会（2013）「我が国における洋上風車設置船・作業船の在り方について基礎検討調査報告書」（2013年6月）。

日本電機工業会（2021）「2018年度風力発電関連機器産業調査結果（2019年度実施）報告」。

日本風力発電協会（2019）「JWPAコスト競争力強化FT報告書—グリッドパリティ達成に向けて—」。

日本風力発電協会（2020）「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4-1：洋上風力の主力電源化を目指して」（2020年7月17日）：14。

風力発電競争力強化研究会（2016）「風力発電競争力強化研究会報告書」。

福永浩仁（2019）「洋上風力発電基地港湾デンマーク・エスビアウ港」『港湾』2019年3月号：38-39。

浮体式洋上風力発電推進懇談会（2021）「日本の浮体式洋上風力発電に対する期待と展望—日本の脱炭素を実現する鍵—」。

平野智・野中慎二（2020）「風力発電を取り巻く日本の環境・エネルギー政策の動向」『日本風力エネルギー学会誌』44(2)：145-147。

古金義洋（2014）「再生可能エネルギーで地域経済は活性化するか」『共済総研レポート』133：10-11。

本部和彦・立花慶治（2021）「風況の違いによる日本と欧州の洋上風力発電経済性の比較—洋上風力発電拡大に伴う国民負担の低減を如何に進めるか—」『東京大学公共政策大学院ワーキング・ペーパー・シリーズ（GraSPP-DP-J-21-001）』所収。

松尾博志（2021）「長崎海洋アカデミー・第1回WIND EXPO風力発電展（2021年9月29日から10月1日、東京ビッグサイト青海展示棟にて開催）セミナー資料」（2021年9月30日）。

松岡憲司（2004）『風力発電機とデンマーク・モデル—地縁技術から革新への途—』新評論。

- 松信隆 (2019) 「第 41 回風力エネルギー利用シンポジウム報告・国内風力産業に関する JWEA の見解と方向 (産業側面)」『風力エネルギー』: 43(4) 576。
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwea/43/4/43_574/_pdf/-char/ja (2021 年 9 月 20 日閲覧)
- 三井住友銀行 (2018) 「欧州洋上風力発電の現況」。
- 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会 (2020) 「洋上風力産業ビジョン (第 1 次)」 (令和 2 年 12 月 15 日)。
- Boeckle, R., Dua, M., Henriques, D., Simon, P. and Tronci, F. (2010) *The German Wind Technology Cluster: Microeconomics of Competitiveness*, Harvard Business School/Harvard Kennedy School of Government.
- BVGassociates (2019) *Guide to an offshore wind farm*。
- Derek Hill, D. and Engel-Cox, J. (2017) Energy Innovation Clusters and their Influence on Manufacturing: A Case Study Perspective, *CEMAC Technical Report* (September 2017)。
- GWEC (2021) *Global Wind Report 2021*。
- Ingstrup, M.B. and Damgaard, T. (2011) Cluster facilitation in a cluster life cycle perspective, Competitive research paper, Submitted for the IMP 2011 Conference at University of Strathclyde, UK。
- Porter, M.E. (1998) Clusters and New Economics of Competition, *Harvard Business Review* 76-6: 77-90. (沢崎冬日訳 (1998) 『クラスターが生むグローバル時代の競争優位』 28-45. DAIAMOND ハーバード・ビジネス 3 月号)。
- Sousa de Oliveira, W. and Fernandes, A.J. (2011) Innovation and Technology Management in Wind Energy Cluster, *Energy and Environment Research*, 1 (1) : 175-192。