



ボトルネック状況の 世界の洋上風力発電事業と日本

株式会社H&Sエナジー・コンサルタンツ パートナー
石丸 美奈

目次

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1. はじめに | 4. 洋上風力発電事業拡大におけるボトルネック |
| 2. 世界の洋上風力発電市場の現状 | 5. おわりに |
| 3. 石油業界からの参入 | |

1. はじめに

2050年のカーボンニュートラル実現を目指すにあたり、日本の年間発電量およそ10,000億kWhの6割以上をカバーできるポテンシャルを持つ洋上風力発電¹には、将来的な主力電源化も期待され、大きな注目が集まっている。

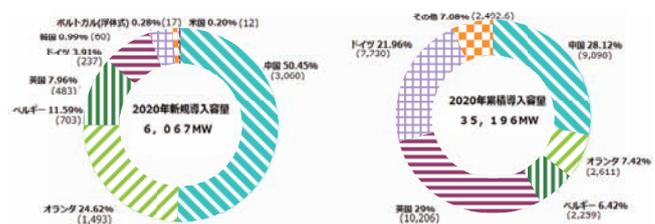
しかし、国際的な石油大手の参入などで一種のバブルの様相を呈している世界の洋上風力発電市場では、需要の急激な増加や技術の進歩のスピードに生産・供給体制や人材育成が追い付いてゆけず、様々な面でボトルネックが生じつつある。供給サイドのリソースがひっ迫している状況下、アジア地域だけを見ても、日本には多数の競争相手（中国、台湾、韓国、ベトナムなど）が出現している。日本は、洋上風力の大量導入に対する本気度を官民学が連携して世界に向けて積極的にアピールしてゆかないと、国内外からの投資や先進技術・ノウハウの移転が進展せず、洋上風力産業がいつまでもテイクオフできない状況が続く恐れがある。

2. 世界の洋上風力発電市場の現状

世界風力発電協会 (GWEC) によると、2020

年の世界の洋上風力発電設備の新規導入容量は、新型コロナウイルス（新型コロナ）の影響による物流の停滞や、技術者・作業員の移動の制限などの長期化にも関わらず、過去最高であった2019年の6.1GWとほぼ同水準の6.0GWとなり、2020年末での累積設備導入容量は35.2GWと、2019年末の29.1GWから20%以上拡大した（図表1、2）。比較的早い段階で経済活動が再開した中国での導入拡大が目覚ましく、新規容量の半分以上（50.45%）となる3.06GWを占め、累積導入容量（9.9GW）ではド

（図表1）世界の洋上風力発電設備導入容量（カッコ内の単位はMW）



（出所）GWEC “China installed half of new global offshore wind capacity during 2020 in record year” 25 February 2021

<https://gwec.net/china-installed-half-of-new-global-offshore-wind-capacity-during-2020-in-record-year/>

¹ 環境省「我が国の再生可能エネルギー導入ポテンシャル」
<http://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/doc/gaiyou3.pdf>

(図表2) 世界の洋上風力発電設備新規導入容量の推移

(単位: MW)

	中国	英国	ドイツ	米国	その他	世界全体
2015年	361	560	2,288	0	173	3,382
2016年	592	56	849	30	696	2,223
2017年	1,161	1,715	1,253	0	343	4,472
2018年	1,655	1,312	969	0	415	4,351
2019年	2,395	1,764	1,111	0	875	6,145
2020年	3,060	483	237	12	2,275	6,067
2015～ 20年累計	9,224	5,890	6,707	42	4,777	26,640

*世界全体での2015年から2020年にかけての増加率は年率12.4%となっている

(出所) 図表1に同じ。

イツを抜き首位の英国に迫った。今年も英国を抜き世界一になることが確実視されている。洋上風力発電は2010年代に先進地域の欧州で成熟期に入ったが、これを追う形でのアジア地域²、そして米国での普及・拡大が注視されている。

(1) 中国

中国では昨年の9月に習近平主席が、今世紀の半ばにはCO₂排出をピークアウトさせて、2060年までのネット・ゼロカーボン達成を宣言したが、洋上風力分野では既に2020年までの政府目標である5GWの稼働(図表3)と10GW分の建設への着手を達成している³。著しい伸びの要因の一つは制度的なもので、同国の固定価格買取制度(FIT)の洋上風力への適用が、進行中の案件⁴で2021年内に全設備の系統接続が完了するものを最後に廃止されるため、建設ラッシュが起こっている。従って、2022年からの伸びは鈍化すると予想されている。

なお、すでに陸上風力では世界一の中国における洋上風力発電事業は、現在のところ地元の

(図表3) 各国・地域の洋上風力導入目標

国・地域	GW	年	備考
EU	60	2030	
	300	2050	
英国	40	2030	
	1	2030	浮体式
米国	22	2030	連邦政府
	86	2050	
中国	5	2020	
台湾	5.5	2025	
	15.5	2035	
韓国	12	2030	
日本	10	2030	
	30～45	2040	浮体式を含む

(出所) 2021年2月現在。各種報道、資料から作成。

デベロッパー、風車メーカー、サプライチェーンが担っており、この傾向は今後も続くと思われる⁵。

(2) 台湾

洋上風力導入を主要な産業政策として明確に位置づけ、アジア太平洋市場のハブとなる構想を持つ台湾では、2019年までに台湾初の洋上風力発電所であるFormosa1(128MW)が稼働しており、2025年までの導入分5.5GWも既に入札で事業者が決定している。その後は年1GWのペースで2035年までに10GWを追加し、合計で15.5GWの新規導入目標を掲げている(図表3)。国内のサプライチェーン構築とインフラ整備にあたり、段階的に国産化(ローカリゼーション)を強化する戦略を採っており、初期段階では先進的な技術やノウハウを持つ欧州企業と地元企業との連携や、欧州メーカーの工場誘致が推進されている。

2 現在は中国の躍進が目立つが、2020年の半ばからは台湾、日本、韓国、ベトナムなどでの導入拡大が期待され、アジアは洋上風力発電の一大市場に成長すると予想されている。

3 世界的なコンサルティンググループWoodMackenzieは2021年だけで約5GW分が新規導入されると予想している(Asian Wind Energy Association Webinar “Outlook for the Offshore Wind Industry in Asia Pacific” 21 January 2021)。

4 2019年までに許認可を取得済みの案件。

5 欧州勢では風車メーカーであるSiemens Gamesa Renewable Energy (SGRE)のみが上海電気とのライセンス契約を通じて間接的に市場への参入を果たしている。

(3) 日本

これまでは、近隣のアジア諸国で大規模な洋上風力導入政策が発表される度に、海外関係者の日本市場への関心が遠く傾向にあったが、昨年12月に「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」が策定した「洋上風力産業ビジョン(第1次)」において、2030年までに10GW、2040年までに浮体式を含む30～40GWの案件を形成するという導入目標が明示され、ようやく、世界的にも遜色のないレベルとなった。しかし、商業運転されている洋上風力発電は2か所、約4.4MWにとどまる。

今後の案件形成としては、2021年2月末現在で一般海域⁶28.51GW、港湾区域0.54GWの事業が環境アセスメント手続中である⁷。一般海域においては、国が「促進区域」と指定したエリアで公募入札が行われ事業者が決まる。2020年6月からは長崎県五島市沖(浮体式)、同年11月からは秋田県沖の2区域と千葉県銚子沖で公募による事業者選定が始まっており、この4区域では今年中に事業者が決定する公算が大きい。その他、「有望な区域」として4か所、「一定の準備段階に進んでいる他の区域」として6か所が「促進区域」指定への予備軍として挙げられている(2021年2月末現在)。

海外からの日本への関心は高まっており、デンマークの電力会社Orsted、独電力大手RWE、ノルウェーの石油最大手Equinor、スペインの電力会社Iberdrola、などが日本の市場関係者と提携するなどして、市場参入を図っているが、制度面での整備の遅れや、電

力系統への接続問題、サプライチェーン構築に向けた取組みが後手に回る傾向は否めず、国内市場拡大のスピード感と具体性に欠ける点に問題が残る。

(4) 米国

洋上風力分野で後れを取ってきた米国では、2016年に初めて30MW⁸が導入された後は、昨年に12MWのデモンストレーション(デモ)事業⁹が稼働しただけの状況である。しかし、バイデン新大統領は就任早々パリ協定に復帰し、気候変動に関する大統領令に「洋上風力による発電量を2030年までに2倍にする¹⁰」と盛り込んでおり、連邦政府の環境問題と脱炭素化に対するスタンスは前政権から大きく転換した。

なお、米国ではエネルギー政策に関する権限は各州にあり、洋上風力の導入目標値を定めている米国東海岸のニューヨーク州(9GW、2035年)、ニュージャージー州(7.5GW、2035年)、バージニア州(5.2GW、2034年)、マサチューセッツ州(3.2GW、2035年)、コネチカット州(2GW、2030年)、メリーランド州(1.2GW、2030年)などでの動きに拍車がかかると期待されている。

(5) 欧州

東アジアに比べて長引く新型コロナの影響もあり、欧州での2020年の新規導入容量は2.9GWと、前年度の3.6GWに比べて20%近く減少した。しかし、洋上風力発電への新規投資(海底送電インフラを除く)は2020年だけで

6 領海(12海里=約22.2km)・内水のうち、漁港、港湾区域などを除く海域。

7 一部環境アセス手続が完了した計画や、一部区域が重複しているものを含む。

経済産業省Webページ

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/detail/wind.html

環境省Webページ

http://assess.env.go.jp/2_jirei/2-2_search/search_result.html?start=1&maxrows=20&keyword=&yy1=&yy2=などから算出。

8 The Block Island Wind Farm, ロードアイランド州

9 The Coastal Virginia Offshore Wind (CVOW), バージニア州

10 今年1月27日に署名され、関係者からは、連邦政府による2030年までの海域リースを現行の22GWから40GWを超えるレベルに引き上げるものと理解されている。

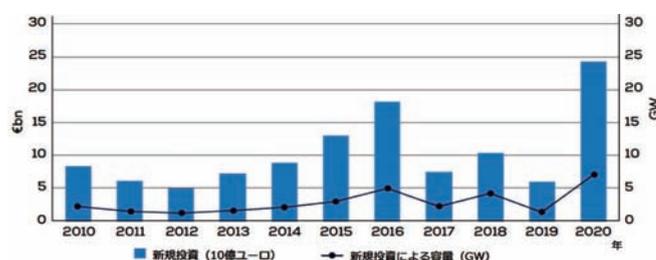
242億ユーロ（7.1GW分の設備投資額）と記録的な額（図表4）になり¹¹、同分野に対するコロナ禍後の経済成長と脱炭素化への期待は高まっている。欧州風力協会Wind Europeの「現実的なシナリオ」によると、2025年までに欧州では29GW分が増設されるが、これは2019年までの累積導入容量に相当し、この分が今後5年間で増えるということになる。但し、現在、欧州の各国政府が確約している2030年までの導入目標の合計である111GWを達成するためには、現状の年間3GWの導入ペースを2026年までに年11GWとし、このペースをその後も持続させる必要がある¹²。

3. 石油業界からの参入

ここ数年の欧米における特徴的な動きは洋上風力発電事業への大型投資で、2018年の米国、マサチューセッツ州沖の海域リースの入札から顕在化し始めた。連邦政府によるこの入札¹³では3海域が対象となったが、Equinor、石油メジャーの蘭英Royal Dutch Shell（Shell）とポルトガルの電力会社EDPのジョイントベンチャー（JV）、そして、デンマークのインフラ投資会社CIPとIberdrolaのJVが、それぞれ1億3,500万ドル、1億3,500万ドル、1億3,510万ドルの高値で落札した。Equinorはこの前年にニューヨーク州沖の海域リースの入札で、マサチューセッツ州沖と比べて40%ほど狭い海域を4,250万ドルで落札しているが、これはそれまでの最高額であった。また、このマサチューセッツ州沖の3海域はいずれも2015年の入札では落札されなかったエリアである。

落札価格が大きく上昇した原因の一つに、

（図表4）欧州における洋上風力への投資の推移



（出所）Wind Europe “Offshore Wind in Europe – Key trends and statistics 2020” February 2021

<https://windeurope.org/data-and-analysis/product/offshore-wind-in-europe-key-trends-and-statistics-2020/>

これまで化石燃料の開発部門に巨額の資金を投じてきた欧州石油・ガス大手が、脱炭素社会実現に向けての世界的な潮流の変化の中で、事業戦略を大きく転換して、海洋油田開発でのノウハウとのシナジーが見込める洋上風力発電分野へ本格的に参入し始めたことがあげられる。今年1月には、石油メジャーの英BPが、Equinorとの戦略的提携により、後者が米国に持つ2つのプロジェクトBeacon Wind（マサチューセッツ州）とEmpire Wind（ニューヨーク州）の株式の半分を11億ドルで買収する形で、洋上風力分野に新規参入している。

欧州では今年の2月初めに、英国のイングランドとウェールズの大陸棚12海里分の海底を管理するクラウン・エステートが10年ぶりにおこなった洋上風力発電用の6海域、8GW分のリース権の入札（ラウンド4）結果が発表された。落札したのはBP¹⁴と独電力大手EnBWのコンソーシアム（1,500MW×2海域）、仏石油大手Totalと豪投資銀行Macquarieグループ傘下のGreen Investment Group（GIG）

11 海底送電インフラへの投資21億ユーロを加えると新規投資は263億ユーロの規模となった。

12 Wind Europe “Wind Energy in Europe – 2020 Statistics and the outlook for 2021 – 2025” February 2021 https://sl.eestatic.com/2021/02/24/actualidad/210224_windeurope_combined_2020_stats.pdf

13 連邦が管理する海域のリース権限は連邦海洋エネルギー管理局（BOEM）に与えられており、BOEMは競争入札でリース権を付与する。

14 BPはこれが初めての欧州洋上風力市場参入となる。

の J V (1,500MW)、RWE (1,500MW×2 海域)、スペインの建設・エンジニアリング大手Cobraと英国の洋上風力デベロッパー Flotation Energyの J V (480MW)¹⁵だが、リースされる海域で、プロジェクトへの投資が最終的に決定するまでの開発期間(4~7年程度)に、入札で優先交渉権を得た事業者がクラウン・エステートに支払う海域の占用料(オプション・フィー)¹⁶は合計で年間8億7,900万ポンド(税抜)にも上った。

今回は入札対象となる海域の規模が前回の4分の1と少なく、着床式¹⁷の洋上風力に適する風況のよい海域が不足して取り合いになっていることなども影響してはいるが、これに加えて、地球温暖化対策と経済成長の両立や、新型コロナの影響による経済の低迷からの脱却(グリーンリカバリー)のための投資対象を求める世界的な資金の流入と、石油・ガス大手の動きがある。

もともと石油資源開発への投資額のレベルは発電業界での投資レベルに比べて巨額なため、その一部が振り向けられただけでも洋上風力発電市場にとってのインパクトは大きい。高騰したオプション・フィーが、今後のプロジェクト開発費の高止まりを招き、最終的には電力料金に波及して消費者にデメリットを与えるのではないかと危惧されている。

4. 洋上風力発電事業拡大におけるボトルネック

世界の洋上風力発電は累積導入容量が10年前の3GW弱から12倍になっており、そのうち76%(26.64GW)はここ6年間で導入されている

(図表2)。また、多額の投資資金が流入しているため、急速な需要拡大により、事業推進にあたってのボトルネックが顕在化しつつある。以下では、世界各国における港湾整備や送電線容量不足と系統への接続問題等のインフラ関連や、制度設計・許認可面などでの課題を除く項目に焦点を絞って論じる。

(1) 風車の供給

洋上風車のメンテナンスは、軽微な不具合であっても海上での作業が必要となるため、気象・海象条件に大きく左右され、陸上に比べて非常にコストがかかる。従って、何よりも故障の少ない導入実績(トラックレコード)が重要視されるため寡占状態が生じ易く、十分なトラックレコードのない新規参入メーカーには不利となる。現在、稼働ベースでその7割近くを独・スペインのSiemens Gamesa Renewable Energy (SGRE)、約24%をデンマークのVestasが供給している¹⁸。この分野で後発となる米GE¹⁹のシェアは2%以下で、一早く10MW超の次世代大型風車の市場投入を発表し、今後、稼働する大型案件での受注を精力的におこなっているが、まだその差は大きい。

また、発電コスト低減のために風車はどんどん大型化し、個々のプロジェクト規模も拡大している。大型風車開発のペースが年々速まっており、大手メーカーは開発分野への投資と有能なエンジニアなど人材の確保に追われている。しかし、市場での価格競争が激しいため、風車製造はマージンが少なく儲からない分野となっている。

15 各事業者のオプション・フィーはBPコンソーシアムが1MWあたり年間15万4,000ポンド、Totalグループが8万3,049万ポンド、RWEが8万8,900ポンドと7万6,203ポンド、Cobra J Vが9万3,233ポンド。

16 オプション・フィーによるクラウン・エステートの年間利益は英国の国庫に入る。

17 洋上風力発電のうち水深が50~60m程度までの海域で使われる技術で、海底に固定した基礎の上に風車を設置する。これ以上深いエリアでは、風車を設置した浮体をアンカーと係留ケーブルを使って定位置に留める浮体式の技術が使われる。

18 但し、現在、洋上風力発電市場の7割を占める欧州でのシェア。

19 2021年3月18日現在、東芝との共同生産に関する提携交渉が進んでいる。

そのため、300MW～500MW程度に満たない案件、または、メーカーにとって今後、一連の大型案件受注につながる明確な見込み（パイプライン）を提示できないプロジェクトでは、トラックレコードのある風車の調達に難しいという事態も生じている。こうした状況のしわ寄せは、まだ、商用化段階には至っていないが、着床式後の成長分野として既に開発競争が激化している浮体式にも及んでおり、デモ段階のプロジェクトで必要となる少数基の風車調達が難航し、今後の技術革新に悪影響を与えている。

イングランド・ウェールズのクラウン・エステートでは、浮体式洋上風力発電を含む商用化前の海洋技術育成のために100MW未満のデモ海域を提供するスキームを導入しているが、近年、申し込みが殺到したことと、この規模では10MW超の次世代風車を数基しか建てることができず、風車の調達ができないので、規模を拡大して欲しいといった要望が相次ぎ、現在はスキームを見直すために申し込み受け付けを休止している。

風車供給に関する素材面からの制約としては、レアアース（希土類）の調達問題がある。電気自動車や風力発電機の駆動モーターには強力な永久磁石²⁰が不可欠で、レアアースのネオジムなどが使われるが、レアアース鉱石の世界生産トップは58%のシェアを持つ中国であるため、自国産業優先の政策や国際情勢の変化などにより安定供給に不安が伴う。加えて、ネオジムは高温の環境下でその効力が落ちるため、重希土類のジスプロシウムが添加されるが、重希土類はほとんどの生産が中国の南部・西部とミャンマーに限られるため、供給先の多角化ができない。今後はジスプロシウムを使わない高磁力磁石の開発、使用量

の削減、リサイクル、備蓄などの取組みがますます急務となっている。

(2) 船舶

洋上風力発電事業では、それぞれの段階で様々なタイプの船舶を使用するが、そのうちのいくつかには特有の機能が必要となる。代表的なものがSEP（Self-Elevating Platform）船と呼ばれる風車設置船である。着床式の洋上風力で、風車を支えるタワー（支柱）、ナセル（増速機や発電機等を納めた箱）、ブレード（風車の羽根）などを海底に据え付けた基礎の上に設置する時や、完成後のメンテナンス時に必要となる。通常はクレーンを備えた台船に4本の脚がついた構造で、作業時にはこの脚を海底に着け、船体を海面上に持ち上げる。船上が安定したプラットフォームとなるため、波浪の影響を受けずに効率よい作業が可能となる。

風車の大型化に伴い、設置船も大型なものが必要となっており、たとえば日本では清水建設が2019年に大型SEP船を発注し2022年の完成が、米国では昨年12月に同国では初めてとなるSEP船の建造が発表され、2023年の引渡しが予定されている。前者は12MW級風車の据え付けが可能で、後者は12MW超の風車にも対応するとのことだが、価格はそれぞれ約500億円と6億ドルに上る。また、造船所との交渉や建造に4年程度は必要になるが、洋上風車の据え付け作業時に高度な正確さと高い作業効率求められる設置船のスペックは、技術革新のため3年経てば陳腐化してしまうとも言われている。その一方で、この間にSGREとGEは14MW、Vestasは15MW風車の2024～25年導入を発表しており、今後も大型化は続き、20MW程度にまでなると言われている。英国では2021年に再エネの支援スキームである差額

20 外部から磁場や電流の供給を受けなくても磁石の性質を長期間保持できる物質。

決済契約（CfD）制度の入札（ラウンド4）が実施される²¹が、今回は13MW以上の風車導入を前提としなければ、落札価格に見合うだけの発電コストの低減は難しいと言われていた上に、先の海域リースの高額なオプション・フィーもある。これまでの効率化とコスト低減による市場拡大の好循環の継続に不安が残る。

設置船以外でも、欧州のように北海等の海底油田・ガス開発で長年使用され整備されてきた様々な作業船のストックがない地域では、2020年半ばからの世界的な建設ラッシュ時に、船舶不足によるボトルネックが懸念される。

(3) サプライチェーンの過度な国産重視

自動車産業に匹敵する大規模かつ裾野の広い新規産業であるが故に、サプライチェーンの構築による地域経済への大きな波及効果が期待される洋上風力発電事業だが、過度なローカルコンテンツ（国産化）重視もボトルネックを引き起こす恐れがある。例えば台湾で、2023年の系統接続を予定しているプロジェクトは、洋上の発電所と陸上の連系変電所を結ぶ海底ケーブルを国内供給者から調達する必要があるが、これが出来ずに、経済部（日本の経済産業省に相当）の審査を通過できない開発事業者が出て、最終的にこれは国産化目標から除外された²²。

英国²³や台湾²⁴などは国内調達比率の向上を強く意識した産業政策を導入しており、日本も産業界として2040年までに国内調達比率を60%とする目標を掲げている。しかし、これがあまり極端な方向に進むと、事業が遅

延・停滞したり、事業コストが高止まりし、再エネ導入が進まず、大量導入による脱炭素化という本来の目標が見失われてしまう可能性があるため、バランスの取れた舵取りが必要になる。

(4) 人材育成

風車の項でも述べたように、圧倒的な不足が顕在化している要素の一つが人材である。発電、設計・建設、エンジニアリング、部品製造のみならず、海洋開発や船舶を含むロジスティクス、さらには運転開始後の保守管理を担うスペシャリストが必要となり、また、こうしたすべて部門の効率化に寄与するデジタル化に関わる専門家や洋上風力発電事業のコンサルタントも必要となる。

欧州各国では地域産業育成と雇用拡大のために、官民学が協働し、スキル習得やトレーニングの場の提供や認定制度を創出している。日本でも昨年10月、長崎市に創設された洋上風力発電の専門人材育成機関「長崎海洋アカデミー」が長崎大学のキャンパスで開講した。現在、日本の海洋開発技術者は3,000名に満たないが、2030年には洋上風力発電分野でその3倍近くの人材が必要になるという²⁵。大学や個々の企業だけでは難しい教育や実習等を、新規市場の拡大を図る企業や公的研究機関の協力を得て行い、5年間で1,600名の育成を目指し体制の構築を進める。こうした海洋エネルギー開発に関する人材育成機関はアジアでは初めてといい、英国スコットランドやオランダの教育機関からの協力も受

21 日本では促進区域での公募入札が再エネ支援制度である固定価格買取制度（FIT）と連携しているため、選定された事業者はFIT認定を受けることができる。しかし、英国ではまず、クラウン・エステートの入札で海域の占用権を確保してからCfDの入札に参加する。

22 長期にわたる研究開発と投資が必要となる海底ケーブルについては、韓国LS Cable & Systemからの輸入が認められた。

23 2030年までに国内部品調達比率60%の達成が目標。

24 2021年から2025年までを3段階に分けて、各ステージ毎に国内供給能力を高め、国内サプライチェーンを完成させた後、2026年からはアジア太平洋市場への進出を目指す。

25 日本財団プレスリリース、2020年9月30日

<https://www.nippon-foundation.or.jp/who/news/pr/2020/20200930-49758.html>

けている。今後は教育制度のグローバルなネットワーク化に努め、日本全国からアクセスできる仕組みを構築していくことで、迅速な人材養成を行う必要がある。

(5) 環境関連の制約

これまで指摘されてきた洋上風力発電の主たる環境への影響は、工事や稼働による水中音や濁りの発生、海底地形の改変、海水の流れの変化等による生物への（悪）影響、バードストライク、景観の悪化などがあるが、近年は、大型化する風車ブレードのリサイクル問題が注目されている。

例えば、GEのHaliade-X（出力12/13MW）のブレードは全長107mで重量は50トンもある。過酷な外部環境に長期間耐えるための耐久性強化と軽量化を実現するために、こうしたブレードはガラス繊維や炭素繊維複合材料²⁶で作られている。低コストで効率よくリサイクルできる物質ではないため、これまで使用済みブレードの大半は埋め立て地に廃棄されてきた。同様の問題は航空業界や自動車業界でも長く認識されてきたが、風力発電分野ではおよそ20～25年ごとに風車の廃棄やリパワリング²⁷が行われるため、今後、増大が予想される大量の使用済みブレードを、どのように持続可能なリサイクルのバリューチェーンに取り込んでゆくかについて、上流におけるメーカーでの素材を含む設計段階から、最終的なリサイクル段階までのシステム構築が必要となっている²⁸。

Wind Europeは2030年までに14,000のブレードが廃棄されるとしており、化学産業界

とのセクター間プラットフォームを構築し、革新的なリサイクル体制づくりに乗り出している。また2020年1月、他の風車メーカーに先駆けてVestasが、2040年までに「廃棄物ゼロの風車」を宣言し、2020年9月には、フランスの研究機関IRT Jules Verneが、GE傘下のブレードメーカーLM Wind Powerやフランスの電力・ガス大手Engieなどを含む多業種によるコンソーシアムを率い、100%近くリサイクルが可能な合成素材によるブレードの設計・製造と持続可能なリサイクル・バリューチェーンを実物大のブレードをつかって実証する3年半のプロジェクトZEBRA（Zero wastE Blade ReseArch）を開始している²⁹。風力発電業界のみでは小さすぎるリサイクル市場の規模を、他業種と連携することにより拡大しコスト面でのハードルを含めて解決してゆく試みだ。

5. おわりに

世界の洋上風力発電事業はかつてないほどの活況を呈しており、国際的な競争が激化している。こうした中で、日本において洋上風力事業を普及・拡大してゆくためには、できる限り事業環境を整えつつ、中長期にわたる野心的な導入目標の数値を段階的かつ具体的に明示するとともに、入札プロセスの透明性や情報開示の徹底を急ぎ、日本市場における事業の拡大可能性を海外の関係者に納得させる努力を続けてゆく必要がある。

26 従来、使用されていたガラス繊維強化プラスチック（GFRP）はガラス繊維を樹脂で固めた合成材で、軽量化、低コスト化、量産化に寄与するが、近年の大型化により剛性を強化する必要が生じており、炭素繊維複合材も合わせて使われるようになってきている。

27 耐久年数が過ぎた等の古い発電設備を高性能・高出力のものに置き換え、出力増強や効率の向上をはかること。

28 ヴェスタスWebページ“Zero-waste turbines by 2040” 11 May 2020

https://www.vestas.com/en/media/blog/sustainability/20200511_zero%20waste%20turbines#

29 <https://www.irt-jules-verne.fr/en/press/irt-jules-verne-launches-zebra-project-to-develop-100-recyclable-composite-wind-turbine-blades-with-industrial-partners/>