洋上風力発電の現状と技術課題

石原 孟 東京大学

世界の洋上風力発電の現状と将来展望

今年4月に世界風力会議(Global Wind Energy Council)が発表した2021年の風力発電の年間報告書Global Wind Report 2022¹⁾によると、2021年全世界で9,360万kWの風力発電設備が新規導入され、史上最高の2020年とほぼ同じである。一方、洋上風力発電は前年の約3倍の2,111万kWが新規導入され、史上最高になった。

表1には世界における1位から10 位までの大規模洋上ウインドファー ム²⁾を示す。2019年に運用開始された世界最大の洋上ウインドファーム Hornsea Project Oneの設備容量は 121.8万kW であり、イギリスの100 万世帯の電気を供給できる。また来年に運用開始される予定のHornsea Project Twoの設備容量はさらに大きく138.6万kWに達し、大型原子力発電所の設備容量と同じ規模である。

洋上風力発電の研究開発は1990年代に始められ、その後、2000年にデンマークの首都コペンハーゲンの沖合に世界初となる商業用ウィンドファームが建設され、当時では世界最大となる2MWの風車が20基建てら

れた。それから20年を経ち、現在欧州における洋上風力発電の導入量は $2800 \mathrm{kW}^3$ に達し、さらに2030年までの洋上風力発電の年間導入量は300万 $\mathrm{kW}\sim1,120$ 万 kW 、累積導入量は1億1,100万 kW に達する見込みである。

図1には2019年IEAが発表した欧州におけるエネルギーシェアの将来予測 4)を示す。2021年風力発電は欧州の電力需要の15%を提供しているが、2040年に40%を超えると予測されている。洋上風力発電は2040年には欧州で最大の電力源になる。

表1 世界における1位から10位までの大規模洋上ウインドファーム

名称	洋上風力発電所の情報					
	設備容量 (MW)	基数 (基)	定格 (MW)	製造メーカー	玉	運用開始年
Hornsea Project I	1218	174	7MW	Siemens Gamesa	イギリス	2019
Moray East	950	100	9.5 MW	MHI-Vestas	イギリス	2022
Triton Knoll	857	90	9.5 MW	MHI-Vestas	イギリス	2021
Jiangsu Qidong	802	Four different domestic manufacturers			中国	2021
Borssele 1&2	752	94	8MW	Siemens Gamesa	オランダ	2020
Borssele 3&4	731.5	77	9.5 MW	MHI-Vestas	オランダ	2021
East Anglia ONE	714	102	7MW	Siemens Gamesa	イギリス	2020
Walney Extension	659	40	8.25 MW 7 MW	MHI-Vestas Siemens Gamesa	イギリス	2018
London Array	630	47	3.6MW	Siemens	イギリス	2013
Kriegers Flak	605	175	8.4 MW	Siemens Gamesa	デンマーク	2021

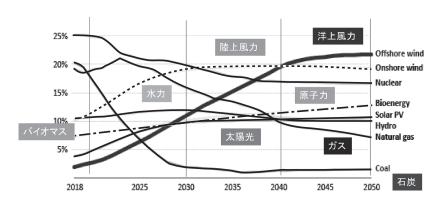


図1 IEAによる欧州エネルギーシェアの将来予測

2 日本の洋上風力発電の現状と 技術課題

日本における風力発電の累積導入量は世界の約0.5%で20位と後れを取っているが、2020年度の陸上風力の導入量は51.6万kWに達し、過去最高になった。昨年、陸上風力は約92万kW、洋上風力は約172万kWの入札が実施され、風力発電事業者が決定された。今後、毎年100~200万kWの風力発電が導入されると予測される。

2020年に政府から発表された「洋上風力産業ビジョン」では、2050年のカーボンニュートラルに向けて、2030年までに1,000万kW、2040年までに3,000~4,500万kWの洋上風力発電の導入を目指すとしている。2021年10月22日閣議決定された第6次エネルギー基本計画では、2030年まで風力発電の導入目標は従来の1.7%からその約3倍の5.4%までに引き上げられた。日本の国土面積は世界61位であるが、領海と排他的経済水域(EEZ)

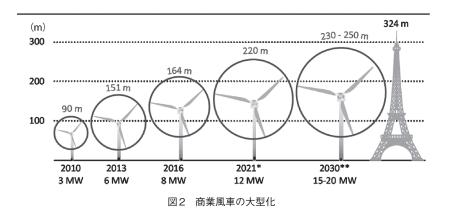
を合わせた面積は世界6位であり、洋 上風力発電のポテンシャルが極めて 大きい。

一方、洋上風力開発は幾つかの技 術課題がある。1つは建設費を下げる ことである。大型風車を建設するため に大型 SEP 船が必要である。さらに、 大規模なウィンドファームを建設する ため、風車のブレード、ナセル、タワー に加え、基礎構造物も巨大であり、そ れらを並べておくための港が必要で ある。建設費を下げるために、風車の 大型化、大型作業船の建造、港の整 備、支持構造物の大量生産などが不 可欠である。

もう1つは維持管理費である。欧 州では、海況の厳しい冬を除いて、常 に予防保全を行っている。日本では、 「定期メンテナンス」や「突発的な故 障 | 等による停止時間は欧州に比べか なり長い5)。建設時は、風車数基を一 度に洋上に持って行き効率よく施工す るが、維持管理も同様に行う必要があ る。突発的な故障に都度対応するの ではなく、予防保全的に計画して補修 する。万が一部品が壊れても、船の調 達や悪天候のためにすぐに直せないこ とによる長期停止を防がなければなら い。維持管理も量産と同じように、同 時に何基も実施できる「予防保全」は 重要である。

洋上風力発電の技術開発と 3 JSSCへの期待

2020年度第3次補正予算で総額 2.0 兆円のグリーンイノベーション基金 が創出され、洋上風力分野では、今 後10年間約1.195億円を投じて、「洋 上風力発電の低コスト化」に関する技 術開発を行う予定である。昨年末プロ ジェクトのフェーズ1において18の実 施先が決定され、2022年から2023年 の2年間において次世代風車、浮体 式基礎製造・設置低コスト化、洋上 風力関連電気システム、洋上風力運



転保守高度化に関する技術開発が開 始され、近い将来洋上風力発電分野 で実用されることが期待される。

風車寿命を20年と考えたときに、 建設・撤去費は3分の2、残りの3分 の1は維持管理費となる。現在日本で の洋上風力発電所は耐用年数を20年 として計画されているが、欧州では25 年~30年である。発電単価は「(建 設·撤去費+維持管理費) ÷発電量」 であり、発電所の寿命を延ばして全体 の発電量を増やすことにより、発電単 価を下げることができる。風車を25 年~30年使う場合、建設期間も含め た占用期間を40年にする法律の改正 が必要となる。

図2には近年の風車の大型化の状 況を示す。2010年から2020年までの 10年間で風車ローターの直径は90m から200mにまで大きくなった。現在 開発中の15MWの風車ローターの直 径は236mである。風車の大型化に伴 い、支持構造物も大きくなる。風車は トップヘビーな構造物であり、タワー と基礎には大きな荷重を受ける。着 床式の場合には直径8m~10mのタ ワーとモノパイルの接合部は、従来の グラウト接合からボルト接合に進化 し、フランジの製造から施工まで高い 精度が要求され、それに関する様々な 技術開発が行われている。最近スリッ プジョイント、すなわち、円錐状のモ ノパイル接合部にトランジションピース をかぶせて鋼材と鋼材の間にグラウト 材を使用せず、直接接合する方法が 開発されている。

また浮体式の場合にはパネル工法 による浮体量産や浮体の溶接技術 と疲労ソリューションに関する研究開 発⁶⁾が行われている。これらの研究開 発は洋上風力発電のコスト低減に寄 与している。洋上風力発電設備はブ レードを除き、風車本体、タワー、基 礎(モノパイル、ジャケット、浮体等) は鋼構造であり、これに関連する技術 開発が不可欠であり、(一社)日本鋼構 造協会(ISSC)が果たす役割は極め て大きい。

〈参考文献〉

- 1) Global Wind Energy Council: Global Wind Report 2022, 2022.
- 2) List of offshore wind farms: https:// en.wikipedia.org/wiki/List_of_offshore_ wind_farms
- 3) Windeurope: Wind energy in Europe 2021.
- 4) IEA: Offshore Wind Outlook 2019.
- 5) Y. Kikuchi, T. Ishihara, Availability and LCOE analysis considering failure rate and downtime for onshore wind turbine in Japan, Energies, 14, 3528, 2021.
- 6) 石原孟、萱森陽一: 浮体式洋上発電構造物と 適用鋼材一 福島浮体式洋上ウインドファ ムにおける実証研究、JSSC 36号、2019.



東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤学専攻教授 石原 孟

(いしはら たけし)

(略歴)

1992年 東京工業大学理工学研究科 博士(工学)

1992年 清水建設㈱技術研究所入社

2000年 東京大学大学院工学系研究科 助教授

2008年 同上教授

2022年 現職

NEDO 洋上風力発電等技術研究開発プロジェクト リーダー

日本風力エネルギー学会理事・前会長