

鹿島港洋上風力発電セミナー

Burbo Bank Extension
英国リバプール沖 アイランド海
2017年5月運開
MVOW V164 × 32台 = 254.2MW
開発費8億ポンド (1100億円)
2019年6月24日視察時に撮影

海外の先行事例から見る鹿島港の 優位性と将来展望について

2022年2月3日

日本風力発電協会 (JWPA) 国際部長
日本風力エネルギー学会 (JWEA) 理事
上田 悦紀

今回の説明の概要

- 洋上風力発電は、世界では今年年商 3兆円の規模、2025年には年商10兆円規模の成長産業。今後の中心は東アジアになる。
- 日本は2020年10月に菅首相がゼロカーボンを宣言。同12月の第2回官民協議会で「洋上風力産業ビジョン」を発表。2030年までに10GW(累計約5兆円)、2040年までに30~45GW 2040年までに 8~9円/kWh と 国内調達率60% を目指す。
- 2030年までは 4千~8千億円/年、2031~40年は 約1兆円/年の直接投資が日本国内に行われる。関連投資(港湾・送電系統・機器製造 等)はその数倍の金額になる。
- 洋上風力開発では、事前調査~開発~機器製造~輸送(水陸)~貯蔵~建設~O&M で多種多様な仕事がある。経験のある海外・国内の企業と提携・協力するのが、受注の早道になる。
- 上手に産業誘致できれば、地域経済と雇用に大きく貢献できる。拠点港には投資と雇用が生まれる。特に鹿島港は太平洋側に競合港がないので、先手を取る好機がある。

目次

1. 洋上風力発電とは？(写真)
2. 世界の洋上風力発電(統計)
3. 洋上風力発電の開発フロー
4. 日本の洋上風力開発の歴史
5. 2018年以降の日本の動き
6. デンマークのエスビアウ港の成功例
7. 洋上風力と産業／鹿島港で成功するには？

1991年 世界初
デンマーク東部
の1.8km沖
Vindeby wind farm
450kW風車×11台
(老朽化したので
2017年に撤去)



初期：沿岸に近い
洋上風力発電所

2000年、英国 Blyth港の800m沖
Vestas 2MW(2000kW)風車×2台
(老朽化で2019年に撤去された)



1991年の世界初の洋上風力開発から、2MW(2000kW)級の
大型風車の洋上ウインドファームまで約10年かかった

2001年、デンマーク
コペンハーゲン港の 2km沖
Middelgrunden wind farm
オーナーは、Orstedと市民出資
Vestas 2MW風車×20台 = 4万 kW
2017年6月に日本の皇太子殿下(当時)がご訪問。



世界初の本格的な洋上ウィンドファーム(北海)

世界で初めての、本格的な沖合の
洋上風力発電所(ウィンドファーム)。
これで大量に建設する手法が確立した。

デンマーク 西側沖 14~20km
水深 6~14m、モノパイル基礎
Horns Rev PJ 2002年運開
Vestas 2MW×80台 = 16万 kW
オーナーは Orsted と Vattenfall

遠洋の洋上風力
発電所(北海)

2MW風車が10列×8列で80台、並んでいる

ドイツの洋上ウィンドファーム

- BARD Offshore 1 2013年運転開始
- BARD社 5.0MW×80基 400MW



- Alpha Ventus 2009年運転開始(国家プロジェクト)
- REpower社、Multibrid社の5MW×12基 60MW

英国のテムズ河口沖の洋上ウインドファーム London Array



2012年運開。北海沖 20km

SGRE 3.6MW × 175台 = 63 万 kW

モノパイル基礎

オーナーはOrsted, E.ON, Masdar, 他

開発費は24.2億ユーロ(約3,100億円)



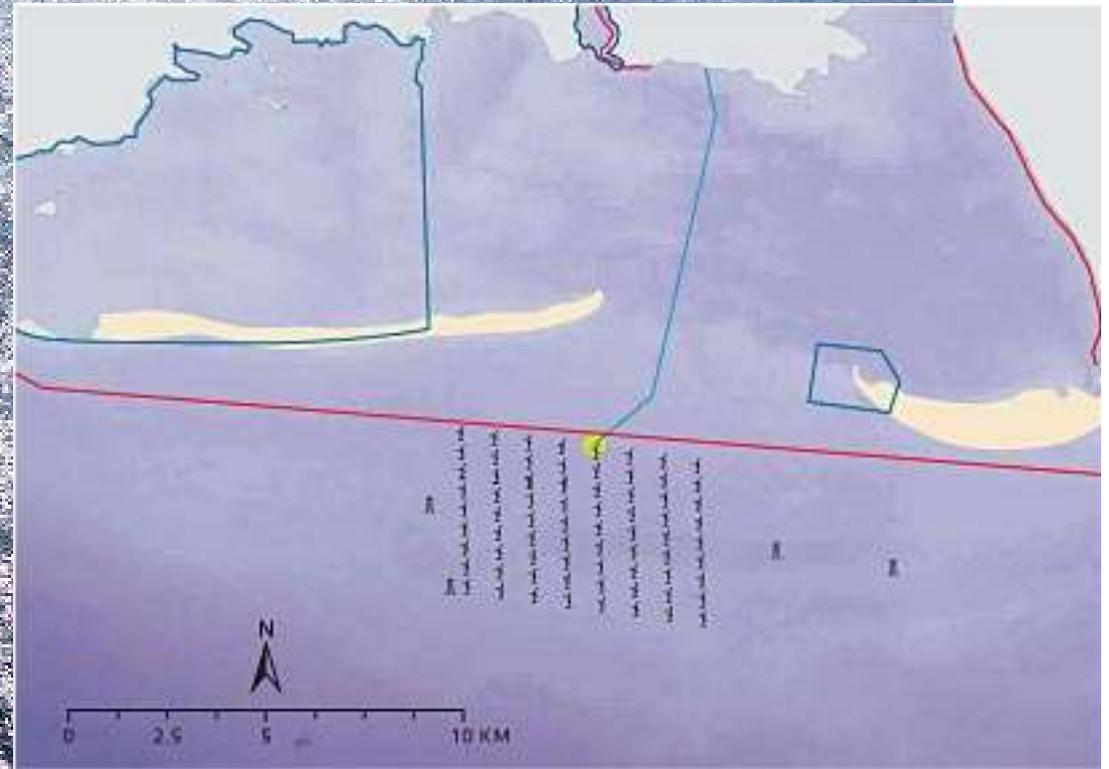
写真出典: Siemens社の
Webサイト

デンマークの Nysted 洋上風力発電所 (観光地化している)

沿岸に近い
洋上風力発電所



2003、2010年運開
ロラン島の南岸沖 2.5~10km
約3.6MW × (72台 + 90台) = 383MW



英国の West of Duddon Sands 洋上ウインドファーム



英国アイルランド海の
West of Duddon Sands wind farm
2014年10月運開
SGRE 3.6MW × 108台 = 38万9千 kW
開発費は12.54億ポンド(1800億円)
写真提供: SGRE社

オランダのWestermeer 洋上風力発電所

Siemens 3MW x 48台 = 144MW、2016年6月運開

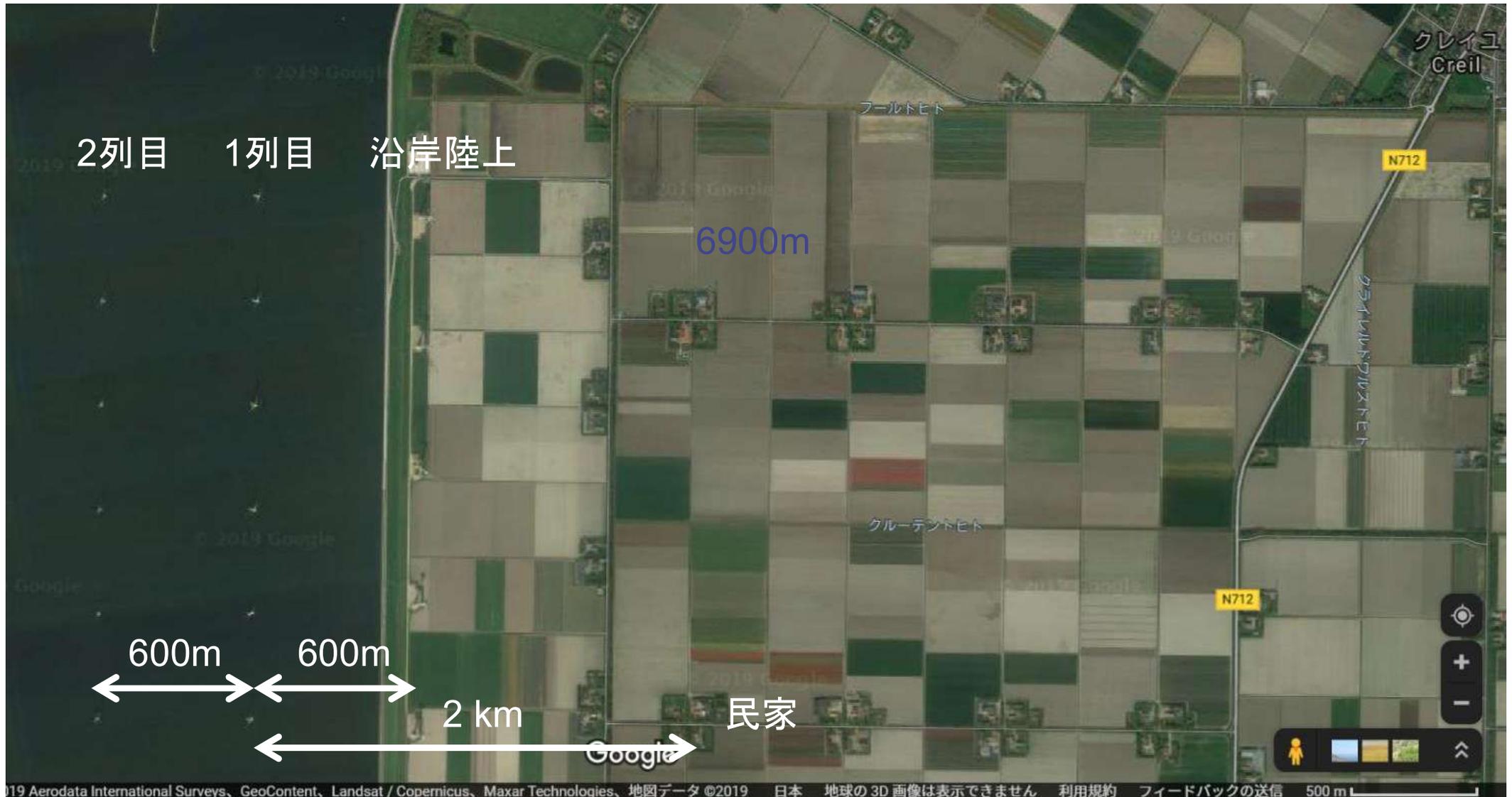
最近の沿岸に近い
洋上風力発電所

3MW風車を岸から 600m と 1200m の2列配置
(沿岸陸上の7.5MW風車も加えると3列)
地元市民が出資、投資額は 4億ユーロ(511億円)



オランダの Westermeer 洋上ウインドファーム(航空写真)

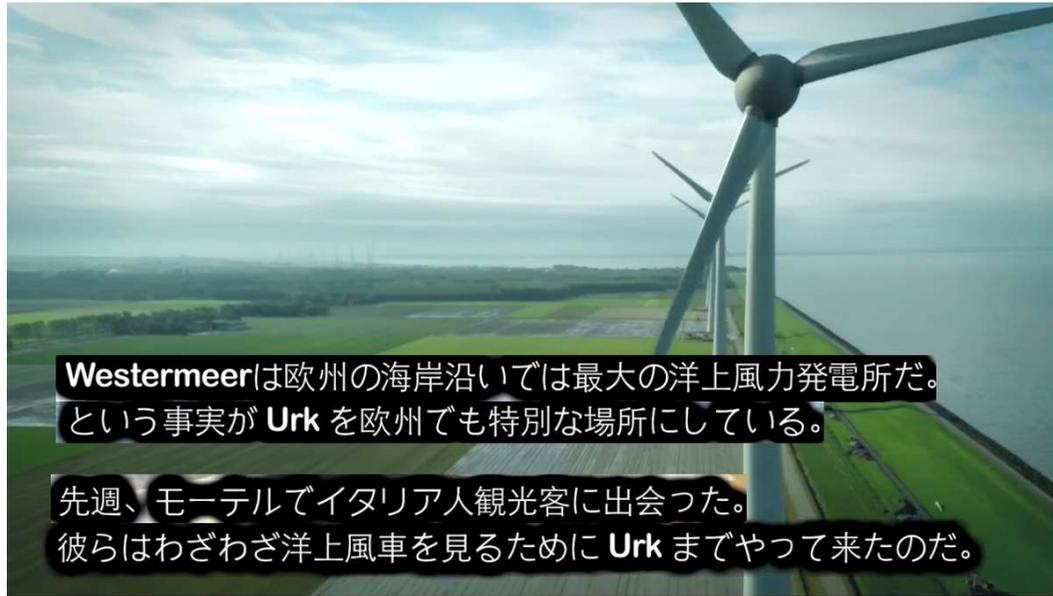
- ・岸から 600m と 1200m の2列で風車が並ぶ(左側の2列白い点)
- ・最寄りの民家からは約 2 km (陸上風車は民家から 約 1 km)



オランダ UrkのWestermeer 洋上風力発電所 (2016年運開)のエコツアーリズム



<https://www.youtube.com/watch?v=RMQDthvoTfg&feature=youtu.be>



Westermeerは欧州の海岸沿いでは最大の洋上風力発電所だ。
という事実がUrkを欧州でも特別な場所になっている。

先週、モーターでイタリア人観光客に出会った。
彼らはわざわざ洋上風車を見るためにUrkまでやって来たのだ。



最近オープンした風力発電体験センターは、



エコツアーリズムが新産業に育ったことを示している。



今では農家やその親戚の人達は、
ボートに乗って洋上風車の見物に出かけている。

英国東岸120km沖の Hornsea 1 が2020年2月に運転開始 (SGRE 7MW風車 × 174台 = 121万4千 kW、世界最大の洋上風力発電所)



欧州の北海とバルト海の洋上風力サイトの地図



欧州は 2050年までに洋上風力450GW (2019年11月26日のWindEurope発表。新規は20GW/年へ。)

nikkei.com/article/DGXMZO52652120W9A121C1TJC000/

日本経済新聞

環境エネ・素材 ヨーロッパ

2019/11/26 23:00

欧州の洋上風力、2050年に現在の20倍「達成可能」

【コペンハーゲン=深尾幸生】欧州の風力発電業界団体ウインドヨーロッパは26日、2050年に洋上風力発電の発電能力を現在の22.5倍の450ギガワット（4億5千万キロワット）に引き上げることが可能だとの見通しを発表した。欧州連合（EU）の欧州委員会が50年の目標として230～450ギガワットが必要と打ち出したことを受けた。業界として取り組む方針を示し、行政の支援を求めた。

コペンハーゲンで開催中の世界最大の洋上風力に関する国際会議「オフショア2019」で明らかにした。50年の欧州の電力需要が5割増える前提で、総電力需要の30%を洋上風力発電でまかなえるという。

30年以降は年平均20ギガワットのペースで新規導入する必要がある。現在の導入ペースは年3ギガワットだ。内訳は北海で212ギガワット、バルト海で83ギガワット、大西洋で

85ギガワット、地中海で70ギガワットとなる。国別では英国で80ギガワット、オランダで60ギガワット、フランス57ギガワット、ドイツ36ギガワットなどとした。

ウインドヨーロッパのグンナー・グローブナー会長は「洋上風力はすでに陸上風力に次いで2番目に安い電源だ。欧州の『グリーン・ディール』の屋台骨かつエンジンになる」と強調した。

一方で、EUや各国政府に対し、海洋利用ルールの緩和や、電力網の拡充、輸送や産業セクターの電動化の促進などを求めた。



画像の拡大

業界団体は洋上風力の急拡大を見込む
=ロイター



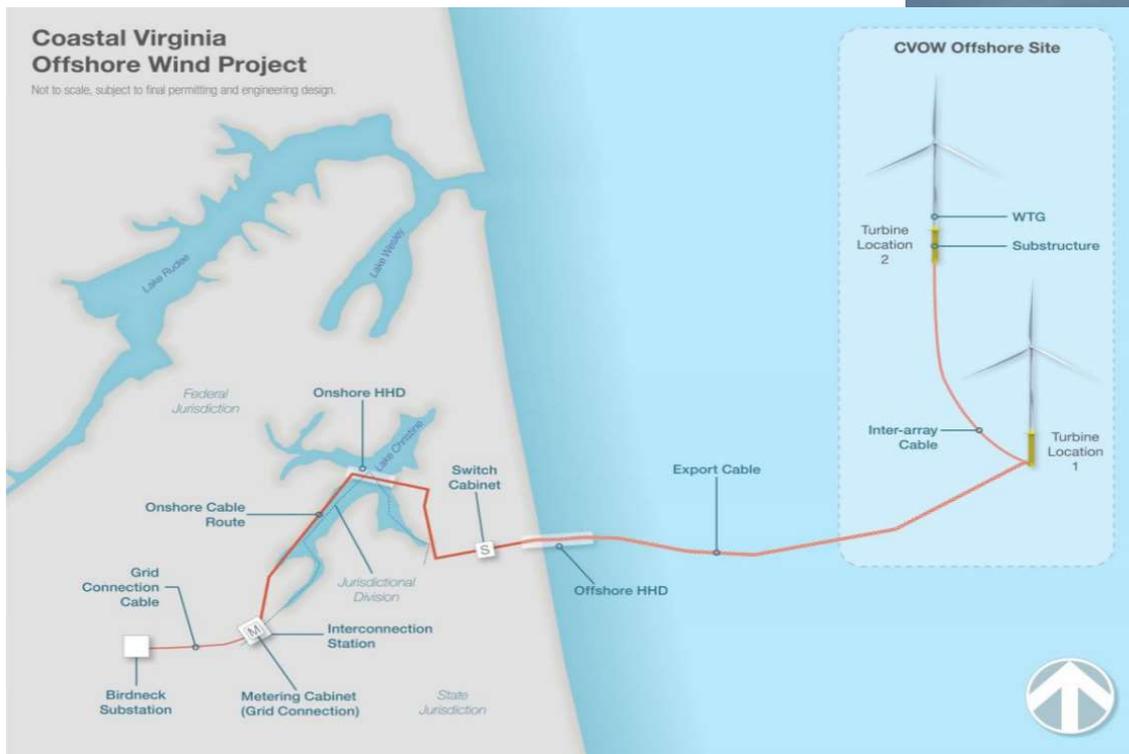
Our energy, our future

How offshore wind will help Europe go carbon-neutral

Wind
EUROPE

米国では 2番目の洋上風力発電所が運開

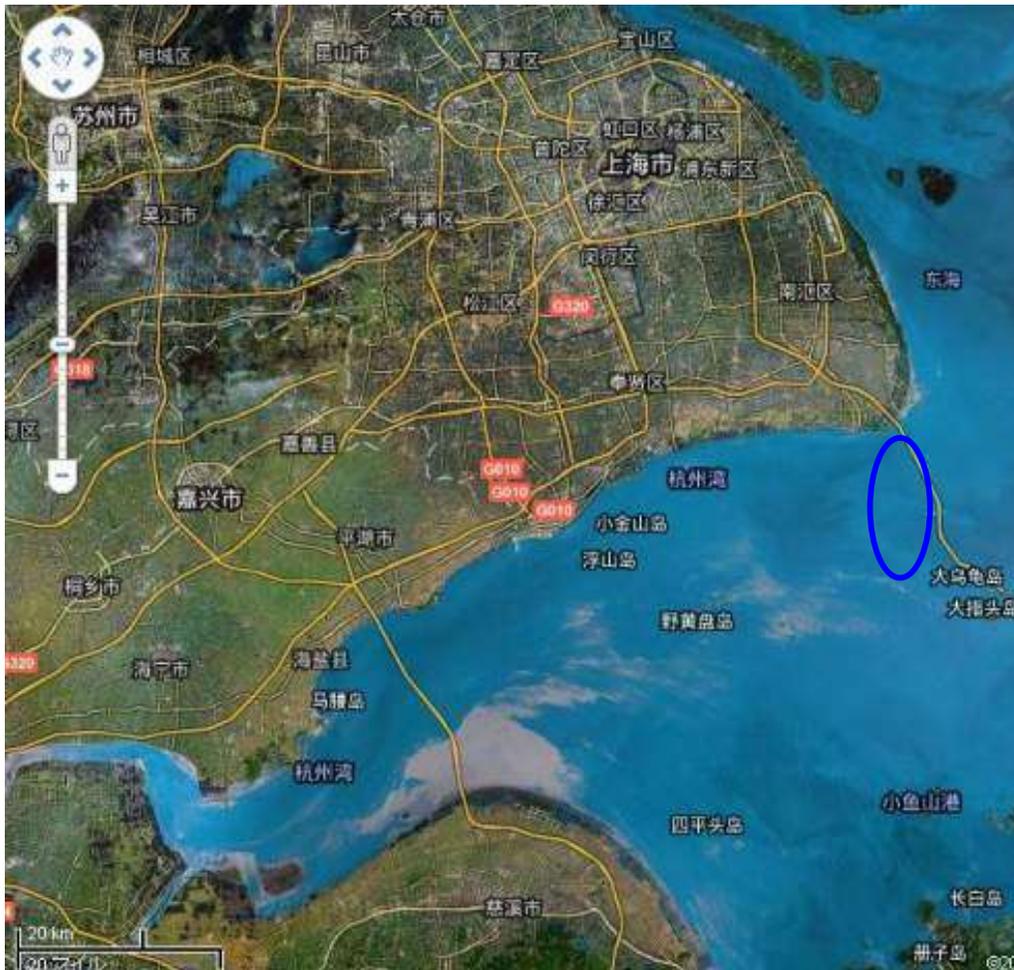
東海岸バージニア州43km沖
**Coastal Virginia Offshore
Wind** が**2020年6月**に運開。
SGRE 6MW × 2台。
モノパイル基礎。



補注: 米国初はロードアイランド州の
Block Island 洋上風力発電所
(GE 6MW × 5台)で2016年運開。

中国の上海東海大橋 洋上風力発電所

中国Sinovel(華銳)社の
3MW風車 × 34台 = 10万2千 kW
2010年運転開始。
上海近郊の長江河口の干潟(潮間帯)



風車を
一体施工
で据付



韓国の濟州島のTamra Offshore Wind Power (韓国Doosan Heavy, 3MW × 10台、2017年運開。)



台湾の Formosa1 洋上風力発電所

(SGRE 6MW風車 × 20台 = 12万 kW、
モノパイル基礎、
2019年10月に建設完了)



↑
モノパイル基礎の
くい打ち作業

2017年運開の
Phase1の試験用
4MW風車 × 2台
の片方



丸紅/Seajacks社の
Jack Up Vessel
ZARATAN号による
風車の据付作業



世界各国の導入計画(出典:GWEC)

DENMARK
Initial Seabed Survey for **Energy Island in North Sea** kicked off in April 2021;
A consortium consisting of pension fund **ready to finance the VindØ energy island**

IRELAND
Equinor plans to develop a 1.4 GW Floating Offshore Wind Farm off the West Coast with Irish energy company **ESB**

FINLAND
Finnish state-owned enterprise **Metsähallitus** looking for a partner to jointly develop an offshore wind project off the coast of **Korsnäs** (as early as 2028).

SPAIN
MoU to promote industrial development of offshore wind
(Greenalia and Maritime Cluster of the Canary Islands (CMC))

Belgium
Belgian offshore industry, Belgian Offshore Platform (BOP), is **exploring 6GW by 2030 goal** (from current 4.4GW)

USA
First large-scale-800 MW Vineyard Wind project approved, representing the truly start of the US offshore wind development

STATES
California to allocate 20 million USD under 2021-22 budget to support offshore wind
Maine introduced legislation to establish a 10-year moratorium on new offshore wind projects located in State waters.
Massachusetts to procure additional 2.4 GW of OW energy by 2027

NEW JERSEY
120-day solicitation window to submit potential offshore transmission solutions (through regional grid operator PJM)

NEW YORK
NYSERDA executed in May **the Great Lakes Wind Feasibility Study** for developing offshore Wind in Great Lakes

NEW YORK BIGHT
BOEM identified **~800,000 acres potential for offshore wind leasing** between Long Island and the New Jersey coast; planners dropped 2 areas though due to maritime traffic conflicts

CHINA
Shandong province OW market started;
Guangxi province to be the next emerging market; **10 GW+** offshore planed for each province.

SOUTH KOREA
Korean government to invest **6 GW FOWF off the coast of Ulsan by 2030**

AUSTRALIA
Australis Energy Ltd plans 300 MW;
Oceanex reveals plans of 9 GW offshore and floating wind farms

2020年時点で世界で
500GW(約250兆円)
以上上の洋上風力が
開発中。

その内 45%がアジアで、
欧州を超える。
(内訳は 12% が中国、
それ以外のアジア諸国
が 33%。)

Report: Asia-Pacific Set to Overtake Europe in Offshore Wind Power



China Three Gorges Corporation's Xinghua Bay offshore wind farm (File image courtesy State-owned Assets Supervision and Administration Commission of the State Council)

PUBLISHED JUN 22, 2021 7:18 PM BY THE MARITIME EXECUTIVE

World investment in offshore wind power took off in 2020, especially in East Asia, according to a new report from the Renewables Consulting Group.

Through the start of 2021, about 500 gigawatts of new and existing capacity have been announced or installed worldwide, spanning a wide range of geographic and socioeconomic markets. The Asia-Pacific region accounts for the largest share with about 45 percent of the total, and China alone accounts for about 12 percent. The European market has by far the largest percentage of operational offshore wind farms, but it will be eclipsed by Asian developers in the long term if currently-announced projects are completed.

国際エネルギー機関(IEA)は、洋上風力に 2040年までに累計約1兆ドルが投資されると予測

Newsweek

洋上風力発電は「1兆ドルビジネス」、再生エネ担い手に
= IEA

2019年10月25日(金) 23時59分



10月25日、国際エネルギー機関(IEA)は洋上風力発電について、コストの大幅削減と技術の向上で、将来、重要な再生可能エネルギー源となり、1兆ドルビジネスとなる可能性があるとして指摘した。写真は英ブラックプール沖の洋上風力発電施設。2018年9月撮影(2019年 ロイター/Phil Noble)
【コペンハーゲン 25日 ロイター】 - 国際エネルギー機関(IEA)は25日、洋上風力発電について、コストの大幅削減と技術の向上で、将来、重要な再生可能エネルギー源となり、1兆ドルビジネスとなる可能性があるとして指摘した。

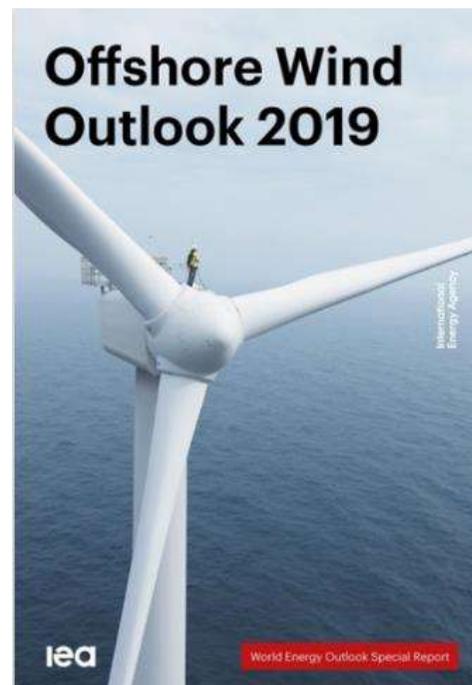
地球温暖化対策の国際的枠組み「パリ協定」では、産業革命前と比べた世界の平均気温の上昇を2度未満に抑えるという目標を掲げている。IEAは、洋上風力に関するこれまでで「最も包括的な」研究レポートで、この目標を達成するためには化石燃料から再生可能エネルギーへの転換が不可欠であり、洋上風力発電が拡大すれば世界の電力セクターによる二酸化炭素(CO2)の排出を50億-70億トン減らせる可能性があるとしている。

IEAによると、洋上風力発電は現在、世界の発電量の0.3%を占めるに過ぎない。しかし、現在実施されている政策や提案段階の政策に基づくと、洋上風力の発電能力は今後20年で1.5倍となり1兆ドルビジネスになると予想されるという。

IEAのピロル事務局長は、「過去10年間、技術革新によるコストの大幅削減でエネルギーシステムの大変革をもたらした」分野として「シェール革命と太陽光発電」を挙げたうえで「コスト急減という点で、洋上風力もそれに加わる可能性を持つ」と指摘。世界的な洋上風力発電の平均コストは5年間で1メガワット時当たり60ドルに半減すると予想し、コスト削減はタービンの大型化や資金調達コストの低下によって促進されるとした。

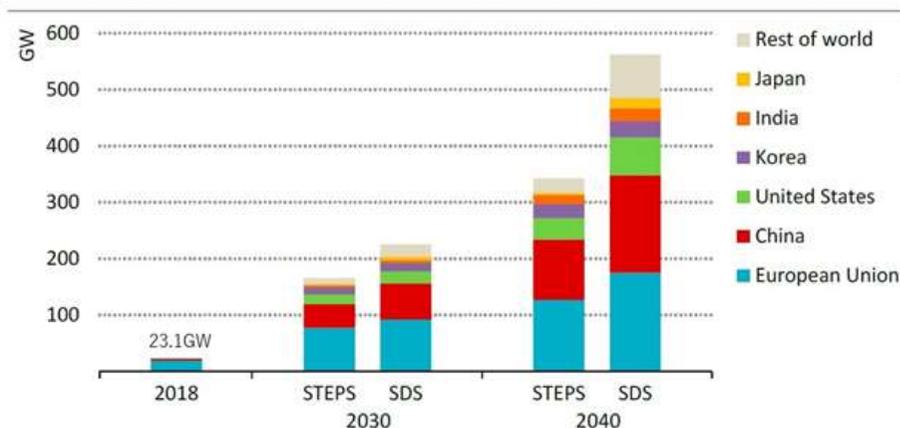
IEAによると、1ギガワット規模の洋上風力発電設備(送電設備も含む)の建設費は昨年40億ドル以上だったが、今後10年間で費用は40%以上減少する見込み。

欧州では、洋上風力発電が近いうちに採算の面で天然ガス火力発電を上回り、太陽光発電や陸上風力発電と同程度になる見通し。中国では、2030年ごろに洋上風力発電が新石炭火力発電と対等の地位になると予想されるという。



2019年10月25日発行
のIEAの報告書

Figure 11 ▶ Installed capacity of offshore wind by region and scenario



European Union and China account for 70% of the global offshore wind market to 2040, but a number of countries enter the market and increase their capacity

SGRE, Vestas, GEは洋上風車で台風クラスの認定を取得 (日本を含む東アジア向け)

日本経済新聞

nikkei.com/article/DGXLRSP613982_W1A700C2000000/

一般社団法人環境金融研究機構 | Research Institute for Environmental Finance: RIEF

rief-jp.org/ct4/113598?ctid=72

ゼネラル・エレクトリック (GE) 、出力12MWの超大型洋上風力発電機で、IECの「Class-T」認定取得。平均風速57mの台風にも耐えられる。日本の洋上風力に強み (各紙)

2021-04-24 15:02:49

各紙の報道によると、ゼネラル・エレクトリック (GE) は出力12MWという超大型の洋上風力発電機で初めて、台風にも耐えられる性能を示す国際電気標準会議 (IEC) の「Class T」の認定を得たという。同認定は、平均風速57mでも発電機が壊れない設計となっている。台風等が頻繁に発生する日本の海洋上での風力発電建設に有効とみられる。

日本経済新聞が報道した。GEは日本で入札が予定されている秋田県沖や千葉県沖の海域での洋上風力開発計画に投入を想定しているとしている。

GEが開発した風力発電機は、高さ248m、出力12MW (1万2000kW) クラスの超大型設備。風力発電機等の国際規格を定めているIECは2019年に耐久性の高い「Class T」と呼ばれる認定を設定した。それまでの最高の風力規格の「Class 1」は10分間の平均風速が50m以下だった。新設のClass Tは57mに引き上げられた。

MHI Vestasは9.5MWクラスで「Class-T」の認定を取得している (デモビデオ参照)。それよりも一回り大きな12MWクラスでのClass Tの認定取得は世界の主要な風力発電機メーカーでも初めて。風車の高さは東京の虎ノ門ヒルズビルとほぼ同じ。同ビルが海上で縦にグルグル回転するイメージだ。



IECの規格では、風速57mは今後50年以内に発生する可能性がある台風の中心の最大風速 (10分間の平均風速の最大値) を示す。例えば、日本に襲来した主な台風では、2019年の台風19号は、千葉県でゴルフ練習場の鉄柱を破壊したが、当時の最大風速は、千葉で35.1mだった。

GEは機器の開発に際して、突風に合わせて自動で風車の向きを調整し、風圧を下げる構造を取り入れている。また陸上用の風力発電機で使う技術を応用し、支柱や部品の強度も高めて強風に耐えられるようにしたと説明している。そのうえで、オランダ・ロッテルダムで1年間、実証運転を実施。実際の環境下での強風でもトラブルなく稼働したという。

シーメンスガメサ、洋上風車2機種で耐台風型式認証を取得

発表日:2021年07月06日

シーメンスガメサの洋上風車、2機種で耐台風型式認証を取得

- 11MWクラス洋上風車SG11.0-200DDが耐台風 (クラスT) 風速を含むロータナセル・アセンブリの型式認証を取得

- アジア太平洋地域において特に重要な耐台風IEC (国際電気標準会議) 認証を洋上風車2機種で取得しているのは、世界の先駆的洋上風力発電メーカーの中でもトップクラス

- Provenな技術である洋上風力発電のダイレクトドライブ技術は、日本を含むアジア太平洋市場における各国の規格・基準に対応

シーメンスガメサは、この度、同社の洋上風車では2機種目となる、台風クラスの過酷な風条件への耐性を示すロータナセル・アセンブリ (RNA) のIEC型式認証を取得しました。国際認証機関が発行するこの認証は、2020年12月に8MWクラスSG8.0-167DD洋上風車に、続いて2021年5月12日に11MWクラスSG11.0-200DD洋上風車にも付与されました。シーメンスガメサの両機種は、IECの定めるクラスT (Typhoon) 相当の風速 (10分平均の極値風速57メートル/秒、3秒平均の突風79.8メートル/秒) に耐えることができます。

「当社の風車は、アジア太平洋地域で見られる台風をはじめとした、過酷な気象現象にも耐えられることを目標としており、この度2機種目となるロータナセル・アセンブリの型式認証を取得できたことを、非常に誇りに思います。アジア地域はこれから世界にとって益々重要になることを踏まえ、今回の発表がお客様にさらなる価値を提供できると確信しています」と、シーメンスガメサの洋上風力発電事業部CEO、Marc Beckerは述べています。



目次

1. 洋上風力発電とは？(写真)
2. 世界の洋上風力発電(統計)
3. 洋上風力発電の開発フロー
4. 日本の洋上風力開発の歴史
5. 2018年以降の日本の動き
6. デンマークのエスビアウ港の成功例
7. 洋上風力と産業／鹿島港で成功するには？

世界の風力発電は2020年末で 743GW

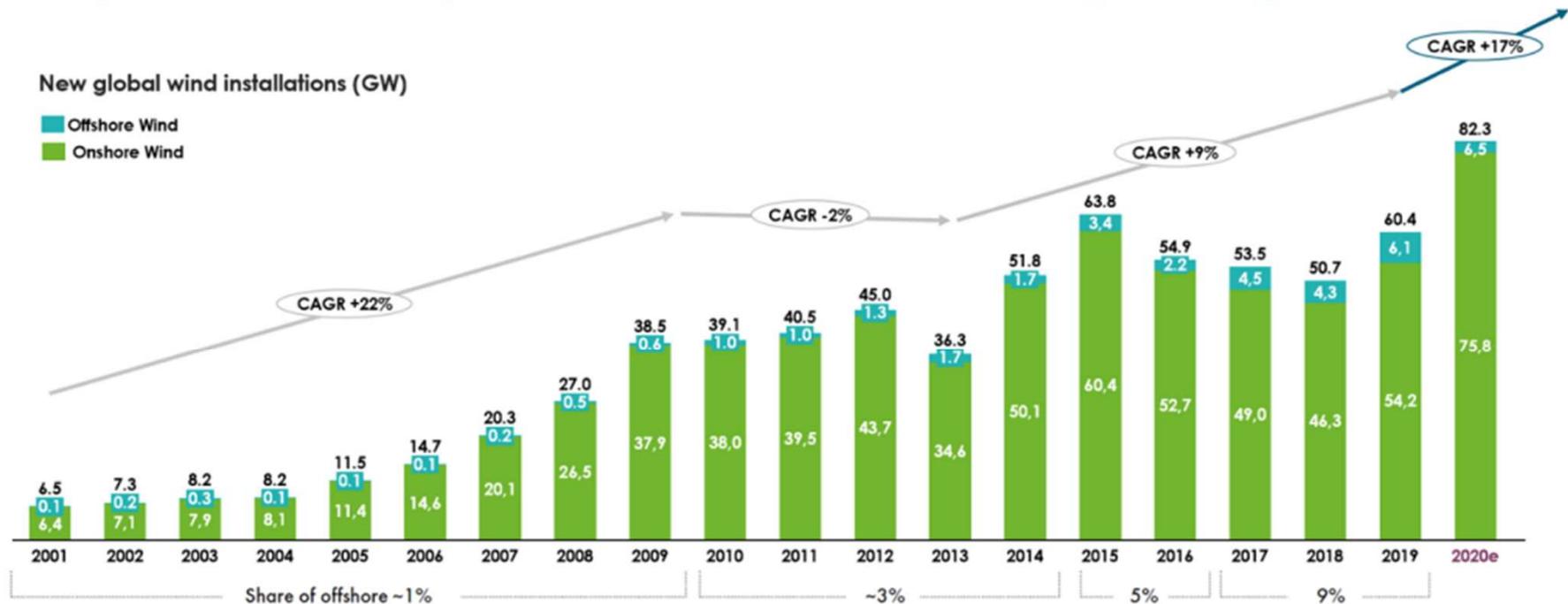
- ・世界で2020年末で 約34万台・7億4千万kW の風車が回っています。
これは日本の全部の発電設備の合計(3億kW)の約2.4倍。
- ・2020年に新しく建った風車は 約3万台・8230万kW。年商は約**10兆円**。
- ・世界の電力の約8%は風車が供給しています。

出典: GWEC

1GW=千MW=100万kW

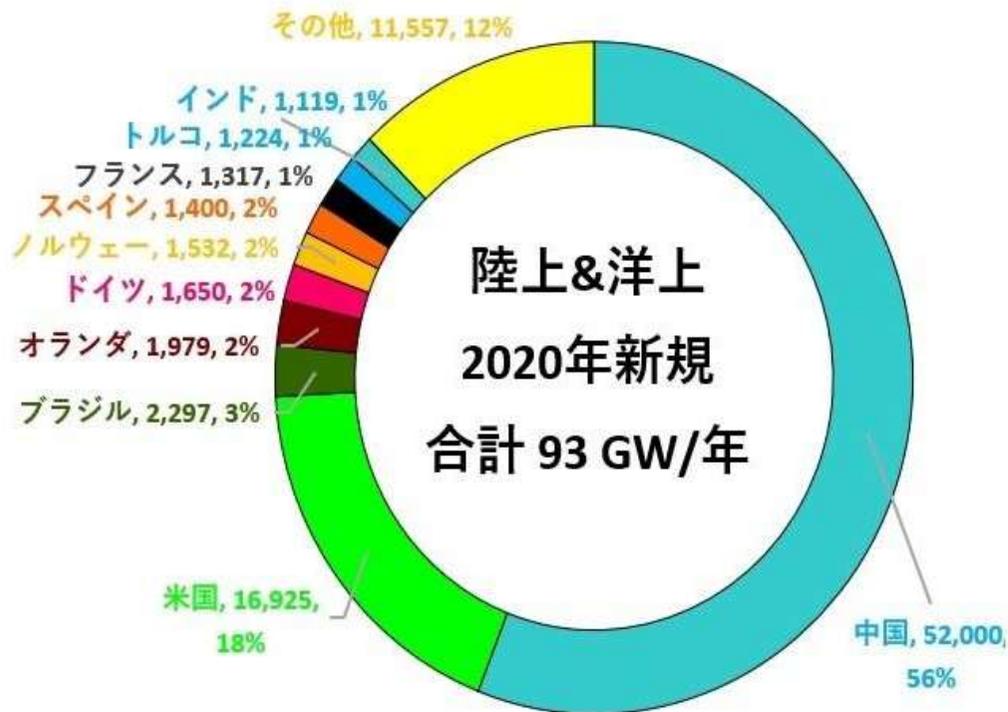


Despite COVID-19 Impacts, Wind Installations Are Rising Globally



国別の導入状況(陸上&洋上の合計)

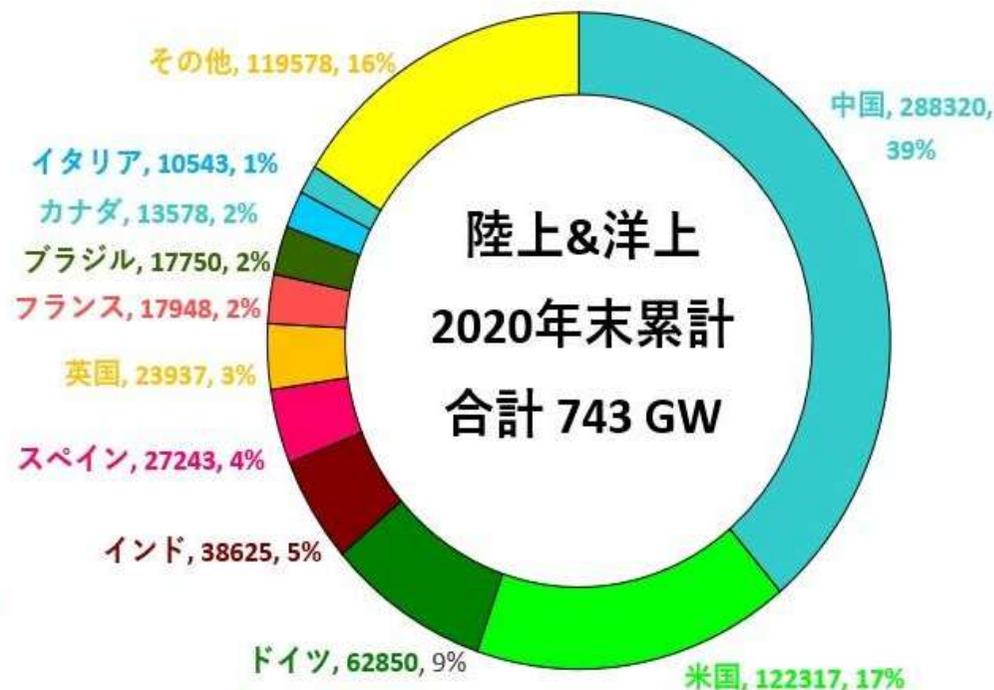
陸上&洋上合計新規 2020年



新規:

- 1位 中国 56% 52 GW/年
- 2位 米国 18.2% 16.9 GW/年
- 3位 ブラジル 2.5% 2.3 GW/年
- 4位 オランダ 2.1% 2.0 GW/年
- 5位 ドイツ 1.8% 1.65 GW/年
- 19位 日本 0.6% 0.55 GW/年

陸上&洋上合計累計 2020年末

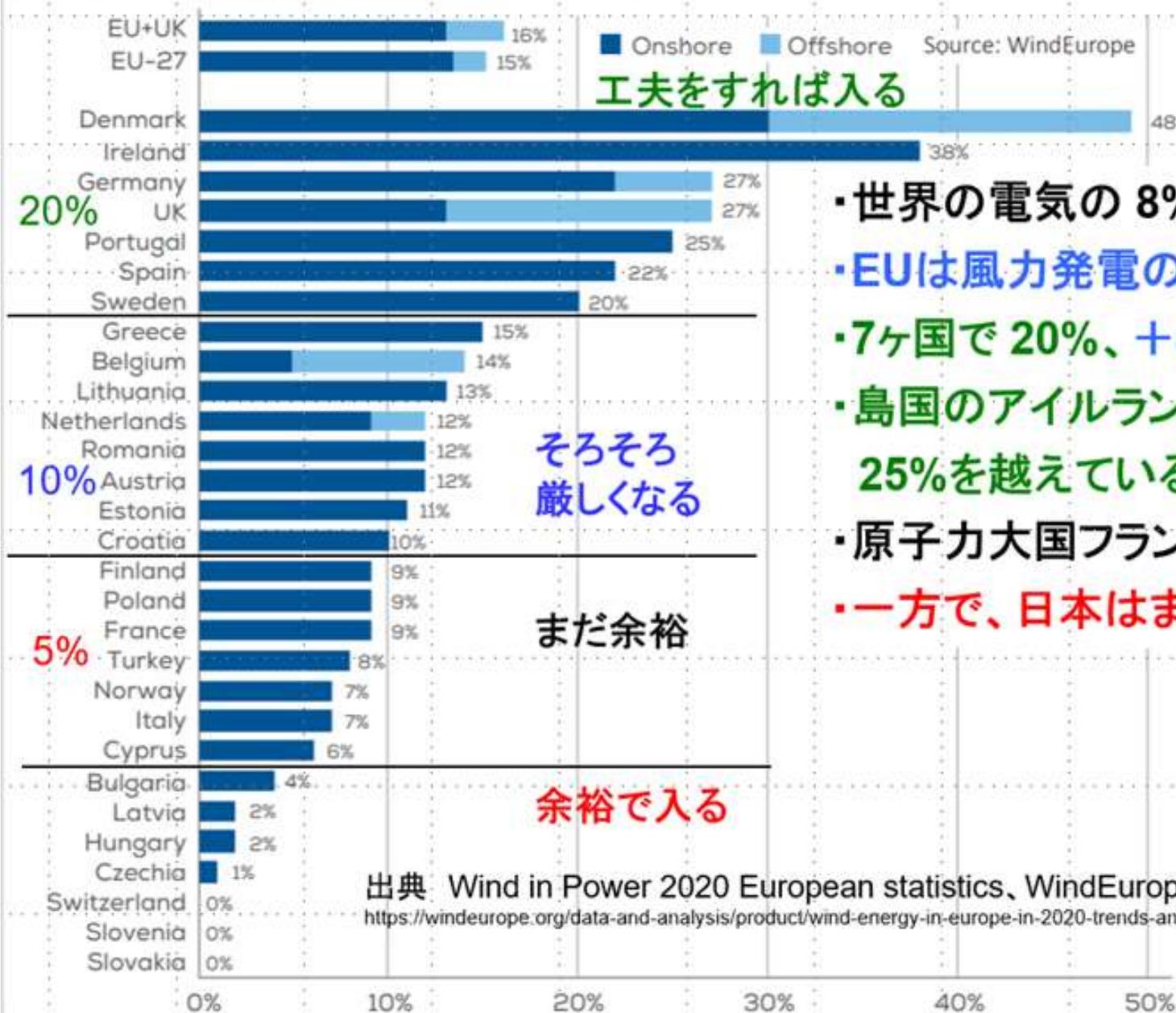


累積:

- 1位 中国 39% 288 GW
- 2位 米国 16.5% 122 GW
- 3位 ドイツ 8.5% 63 GW
- 4位 インド 5.2% 39 GW
- 5位 スペイン 3.7% 27 GW
- 20位 日本 0.6% 4.4 GW

欧州各国の年間発電量に占める風力発電の比率 (2020年実績)

Percentage of the average annual electricity demand covered by wind¹³



工夫をすれば入る

そろそろ
厳しくなる

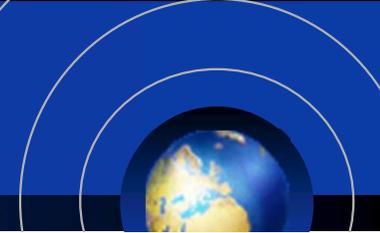
まだ余裕

余裕で入る

- ・世界の電気の8%を風車が供給
- ・EUは風力発電の比率が15%
- ・7ヶ国で20%、+8ヶ国で10%以上
- ・島国のアイルランドと英国でも25%を越えている
- ・原子力大国フランスでも9%が風力
- ・一方で、日本はまだ1%。

出典 Wind in Power 2020 European statistics、WindEurope,2021年2月
<https://windeurope.org/data-and-analysis/product/wind-energy-in-europe-in-2020-trends-and-statistics/>

なぜ欧州では大量の風力&太陽光を受け入れ可能なのか？「広域連系」が鍵



欧州では、ポルトガルからウクライナまで、東西3000kmが送電線で繋がっています。

これは高気圧/低気圧の大きさよりも広範囲です。従って、同時に同じ天気になって、太陽光・風力発電が全滅する可能性は極めて低い。



日本も2020年から電力自由化で「発送電分離」が実施されたので、今後は「広域連系」がより促進されて、風力発電が入り易くなると期待される。

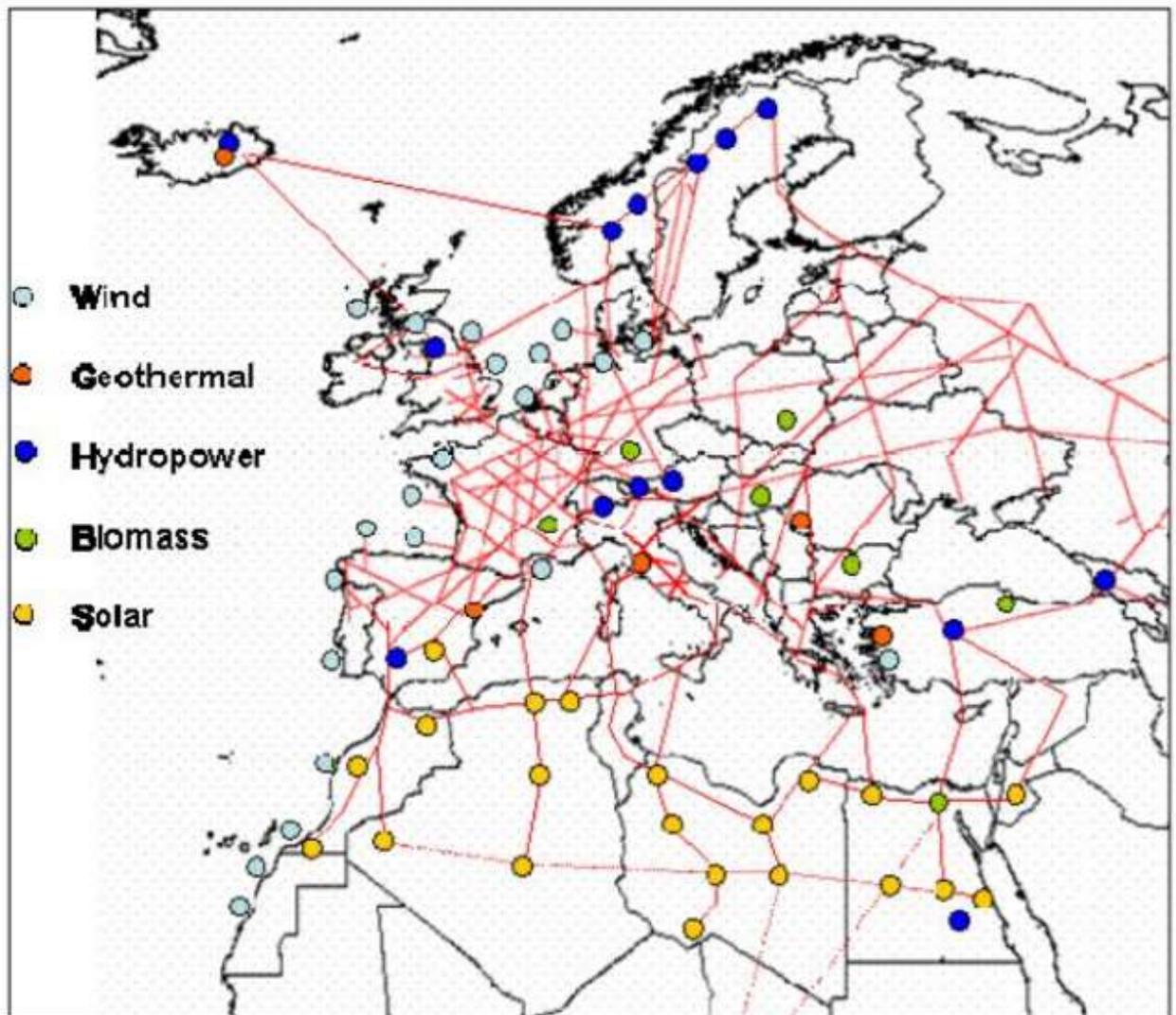


Figure 2: Vision of an EUMENA backbone grid using HVDC power transmission technology as “Electricity Highways” to complement the conventional AC electricity grid.

図1 EUMENAと呼ばれる将来ビジョン。

2000 km

出典：市民のための環境学ガイド／安井至

<http://www.yasuienv.net/TaiwanNoN.htm>

デンマークのエネルギー・アイランド構想

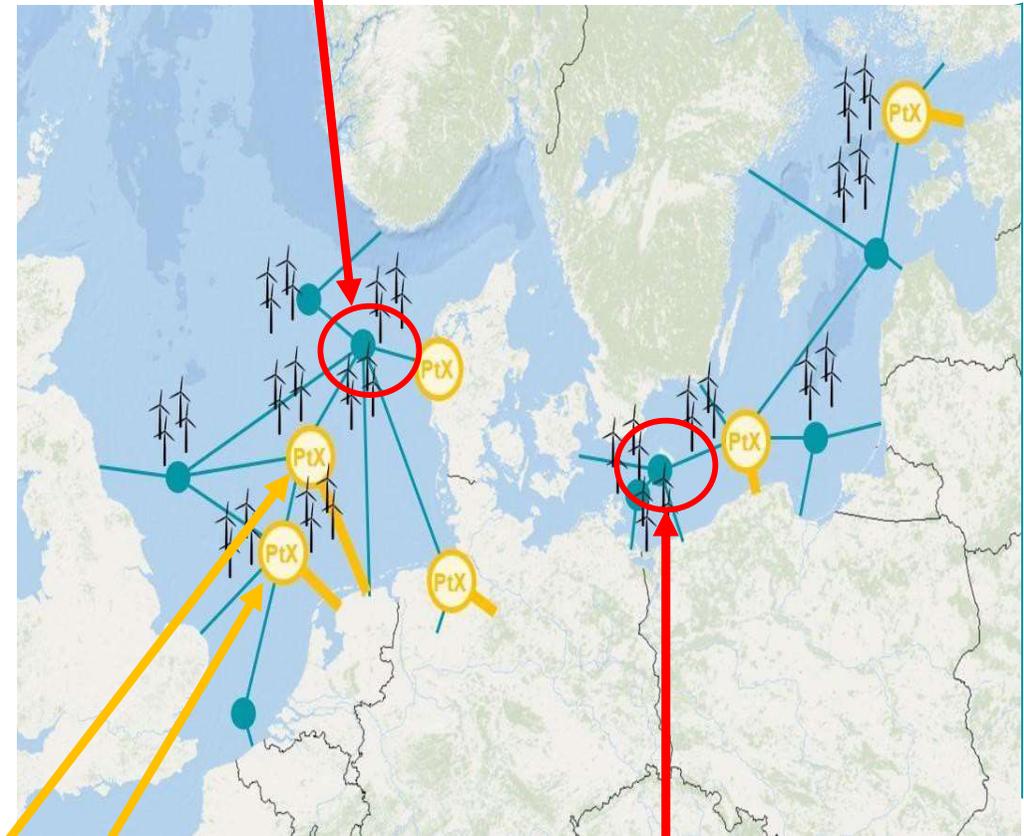
(北海とバルト海に送変電基地を作って数十GWの洋上風力を連系する。2021/11/26にCopenhagenで同国エネルギー庁長官から聴取。)

北海10GW分



Energy Islands and Sector Coupling *Long term vision and possibility for Power-to-X (PtX)*

- **Connect energy hubs** with interconnectors to bordering countries **and sector coupling** through power-to-hydrogen conversion.
- Coordinate international development of wind farm connections and interconnections to **minimize need for onshore grid reinforcements**.
- The renewable electricity from the energy hubs will contribute to the **large scale green transition** in Denmark and Europe

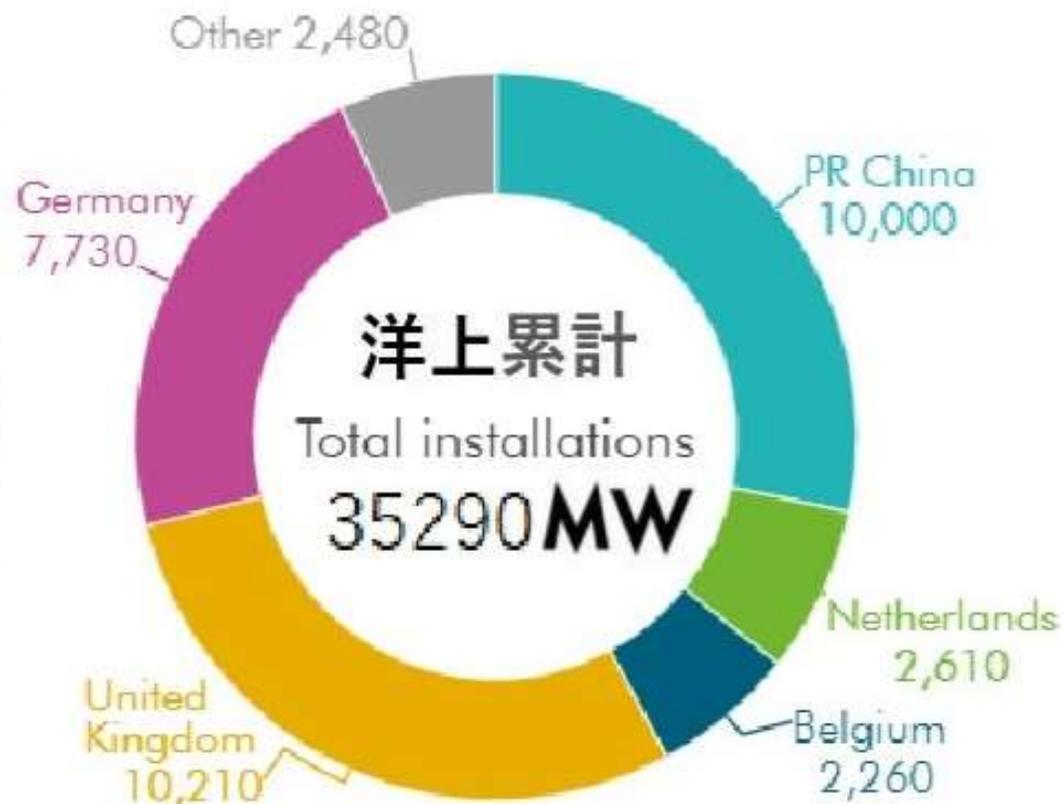
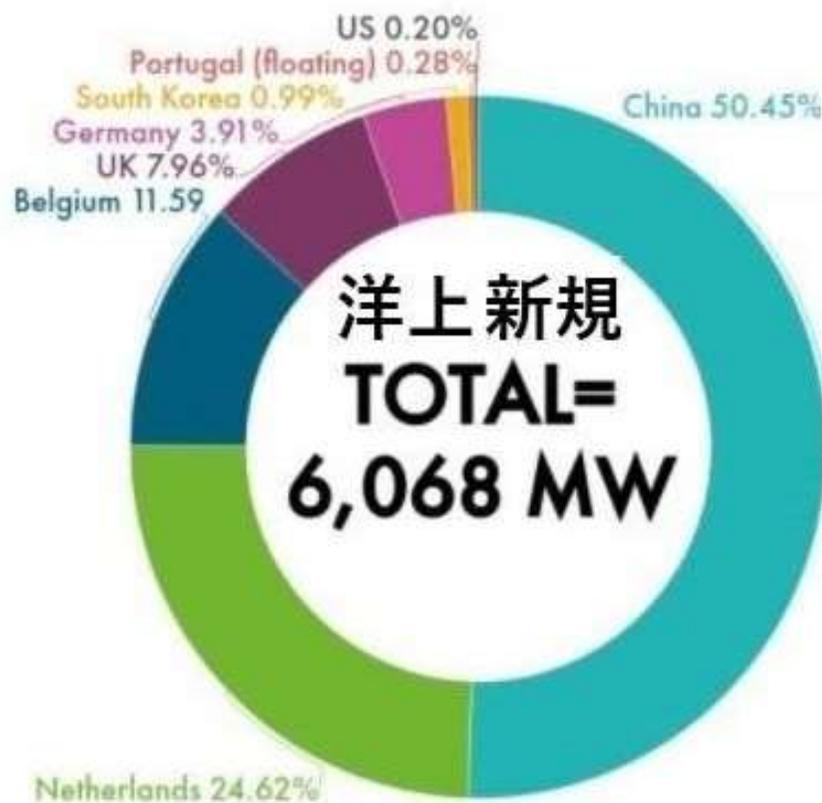


洋上風力水素の計画

バルト海 2~3GW分

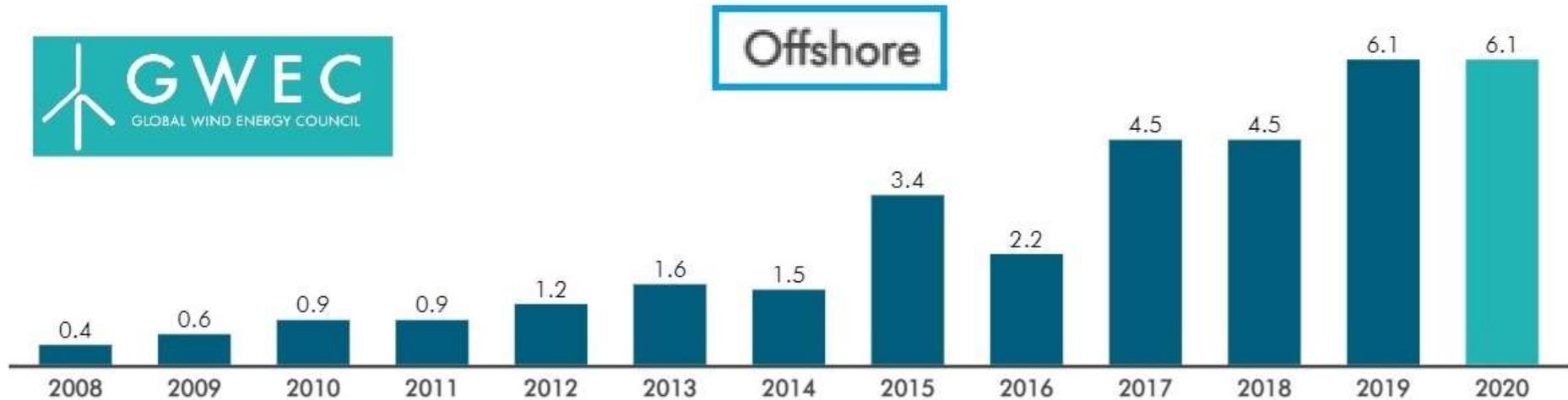
2020年末の世界の洋上風力は 累計35GW、新規6GW/年

- ・欧州(北海・バルト海)が中心だが、中国も急追中。
- ・米国、台湾、韓国、ベトナム、日本でも、洋上風力の建設が始まっている。
- ・建設単価は 約50万円/kW なので、新規6GW/年は 約3兆円/年に相当。



世界の洋上風力の導入実績と今後の予測

過去の導入実績(GW/年)



今後の導入予測(GW/年)

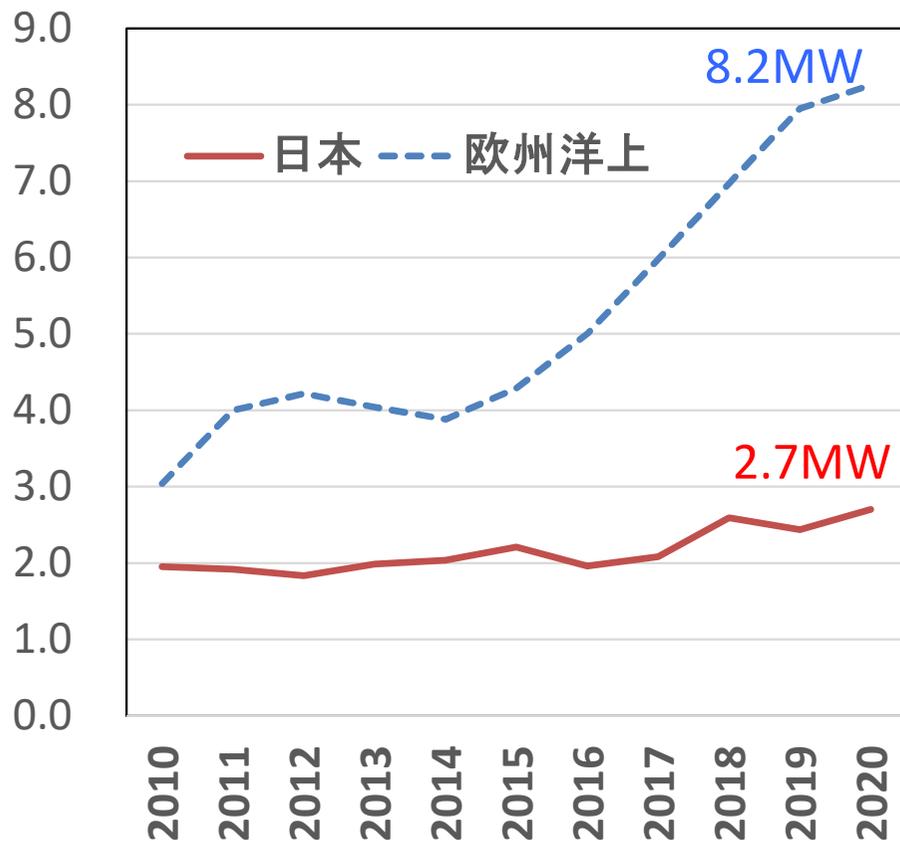
2025年から20GW/年以上へ。

Global Offshore Wind Market Outlook

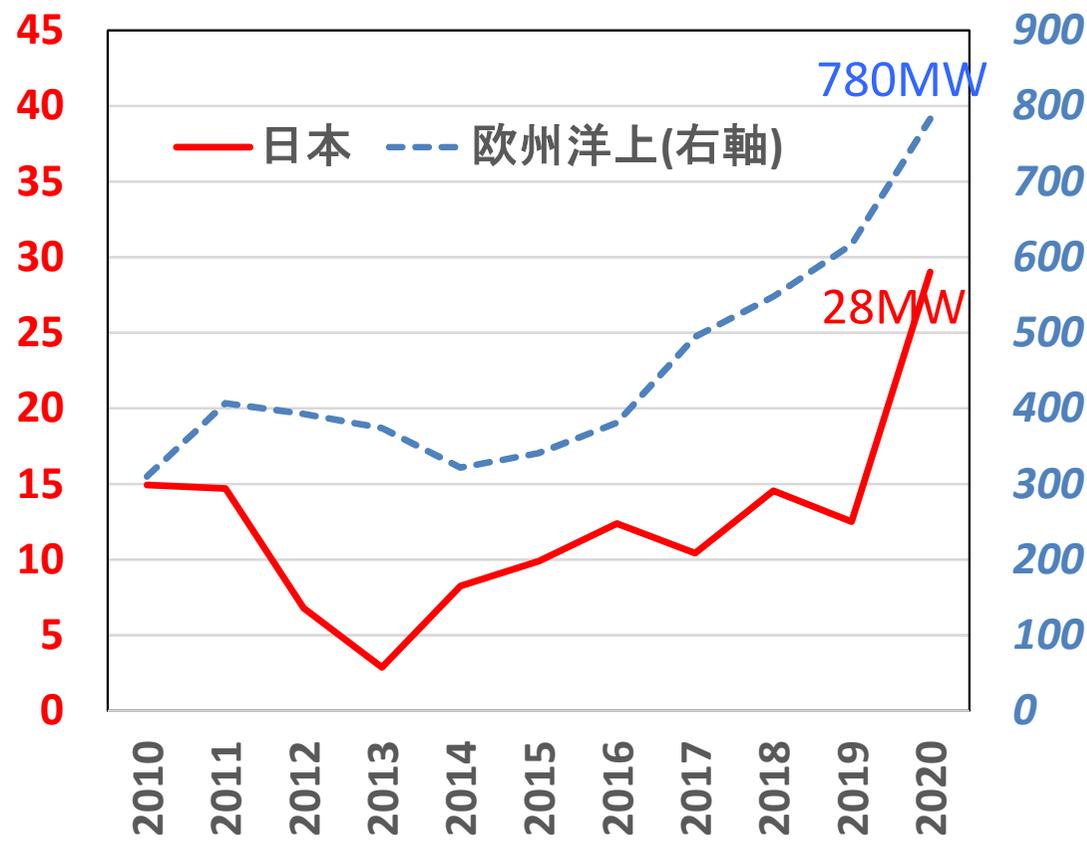


経済性向上を求めて大規模化が進む

新設風車の定格出力の平均値



新規運開したウインドファームの平均サイズ



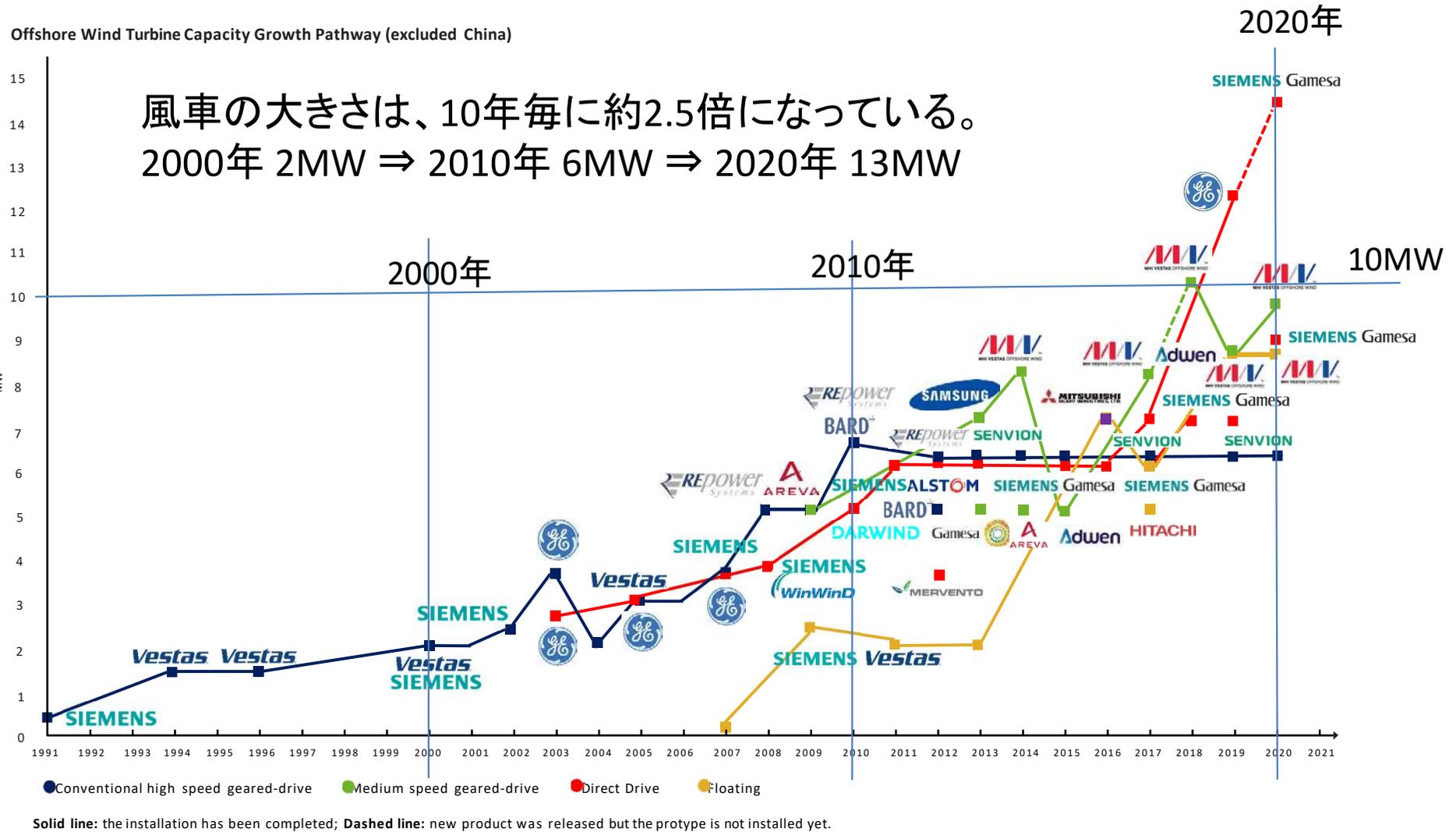
欧州洋上風力は、2015年の4.2MWから、2020年には8.2MWへ5年で倍増。

日本(陸上)は、2017年まで約2MWだったが、2020年には2.7MWと約1.3倍に大型化。

欧州洋上風力は、2015年の340MW/サイトから、2020年には780MW/サイトへ倍増。

日本(陸上)は、2019年まで5~15MW/サイト小さかったが、2020年に28MW/サイトへ倍増。

洋上風車の大型化(欧米風車メーカー)



Source: GWEC Market Intelligence, June 2020

世界最大の風車は、定格出力 13MW、ロータ直径 220m

世界最大(試験機)

GEの Haliade X 風車。

2019年 オランダ Rotterdamで試運転開始。

定格出力 12MW→13MW にUpgrade。

ロータ直径が220m。最高部は約270m。



・英国 Dogger Bank A,B,C 3.6GW
・日本 由利本荘・男鹿・銚子 計1.7GW
など、大型機の経済性を活かして、
続々と新規受注を獲得中。

世界最大(商用機)

デンマーク Vestas社のV164 風車。

定格出力8.4~10MW、

ロータ直径は164 m。

世界中で既に数百台が運転中。



参考：欧州の洋上風車のメーカーシェア（新規・累計）

洋上風力で実績のある風車メーカーは数社に限定される（寡占化）。

特に、**Siemens (SGRE)** と **Vestas (IBMVOW)** の2強状態。

今後はこれに **GE** が加わる。

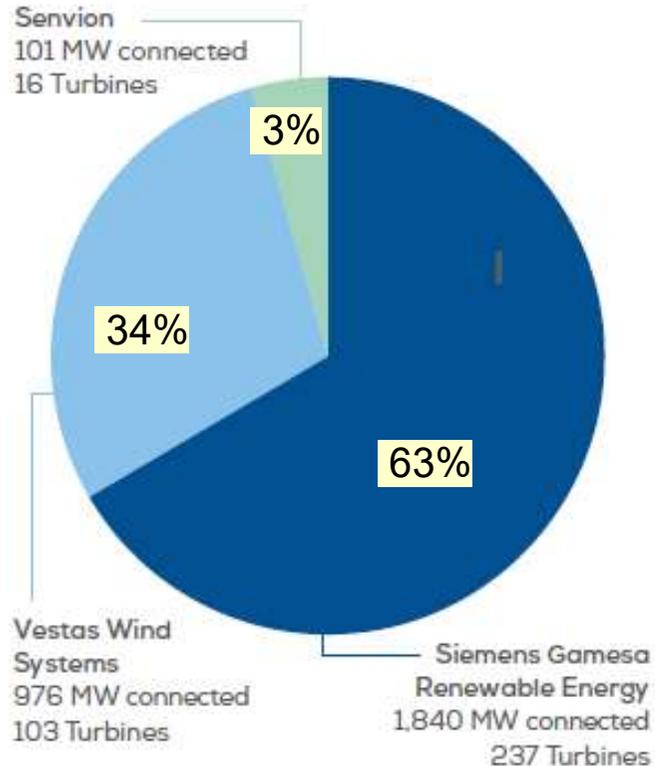
FIGURE 11
Wind turbine manufacturers' share at the end of 2020

Siemens Gamesa Renewable Energy	68%	16.9 MW / 3,674 Turbines
Vestas Wind Systems	23.9%	5.7 MW / 1,290 Turbines
Senvion	4.4%	1.4 MW / 238 Turbines
Bard Engineering	1.5%	0.4 MW / 80 Turbines
GE Renewable Energy	1.4%	0.4 MW / 74 Turbines
Others	0.8%	0.07 MW / 46 Turbines

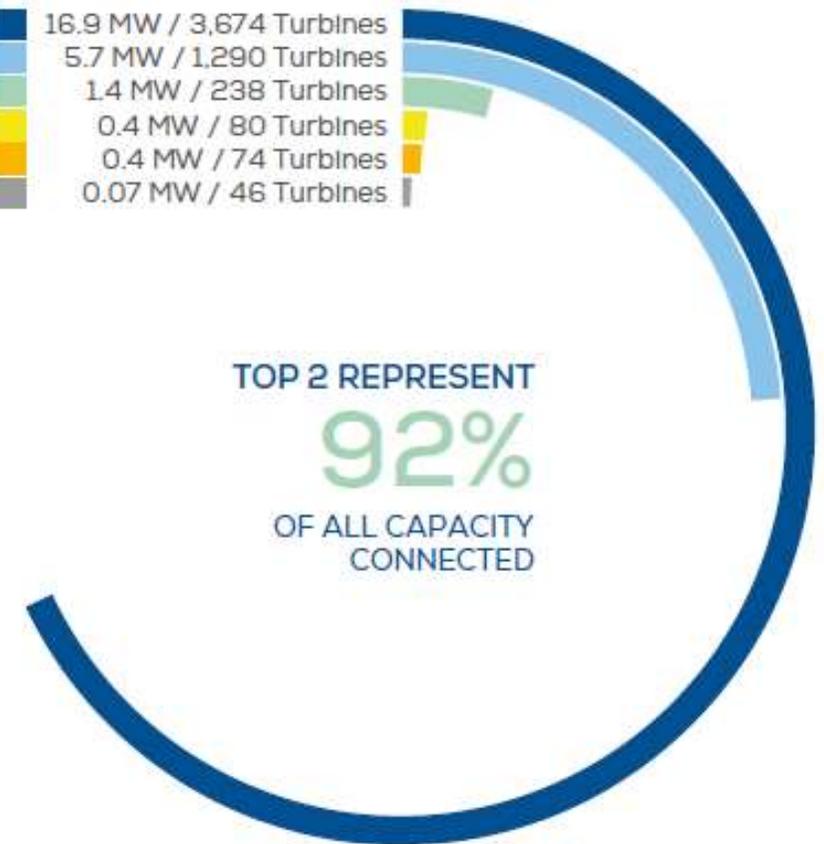
2020年末累積(25GW)

2020年新規(2,917MW/年)

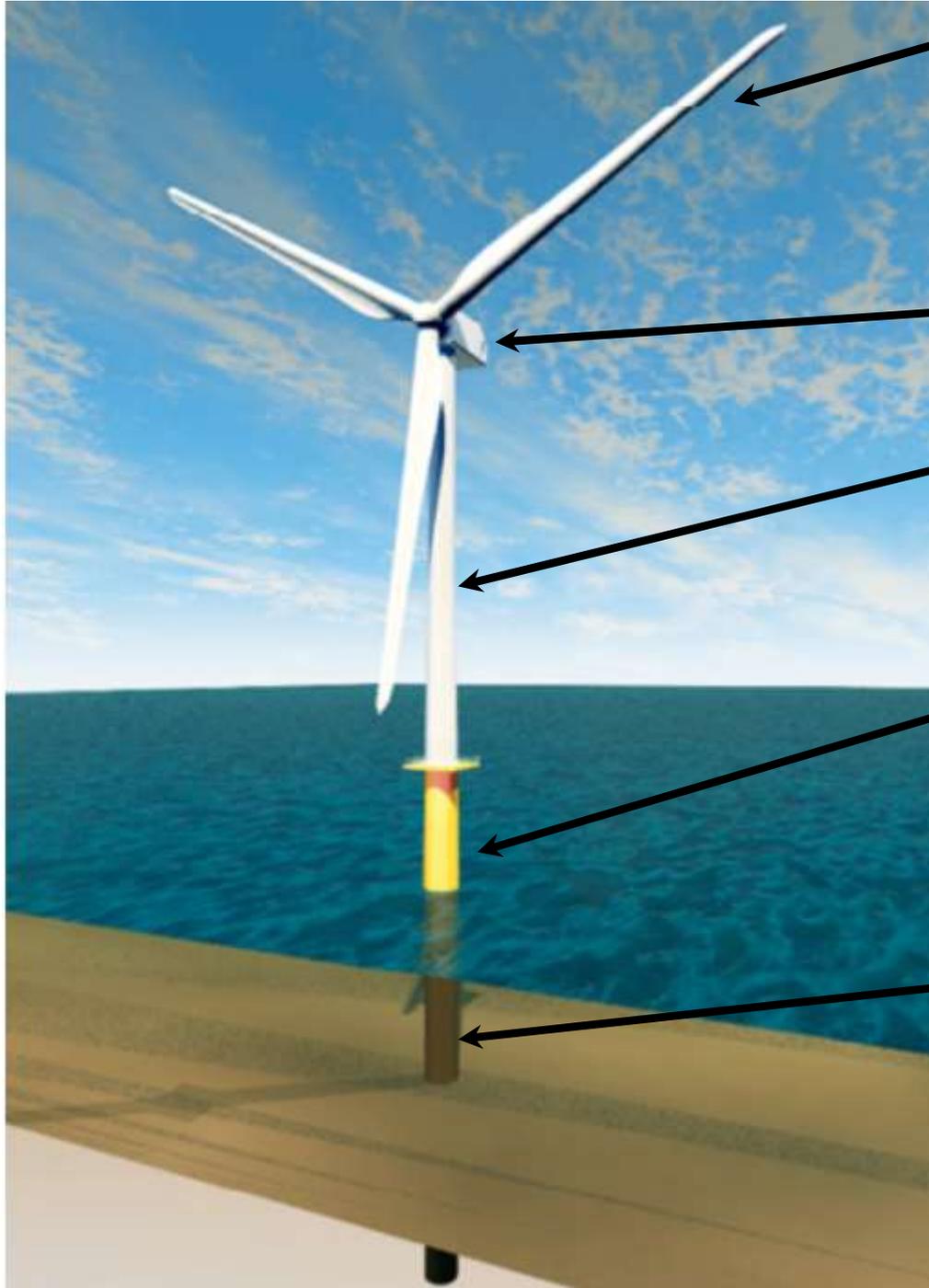
FIGURE 10
Wind turbine manufacturers' share of the 2020 new installations (MW) and number of turbines connected to the grid



Source: WindEurope



10MW級洋上風車の大きさと構造



ブレード：長さ80～100m、
数十トン

ナセル：約500トン

タワー（鋼製）：長さ約100m、
約400トン

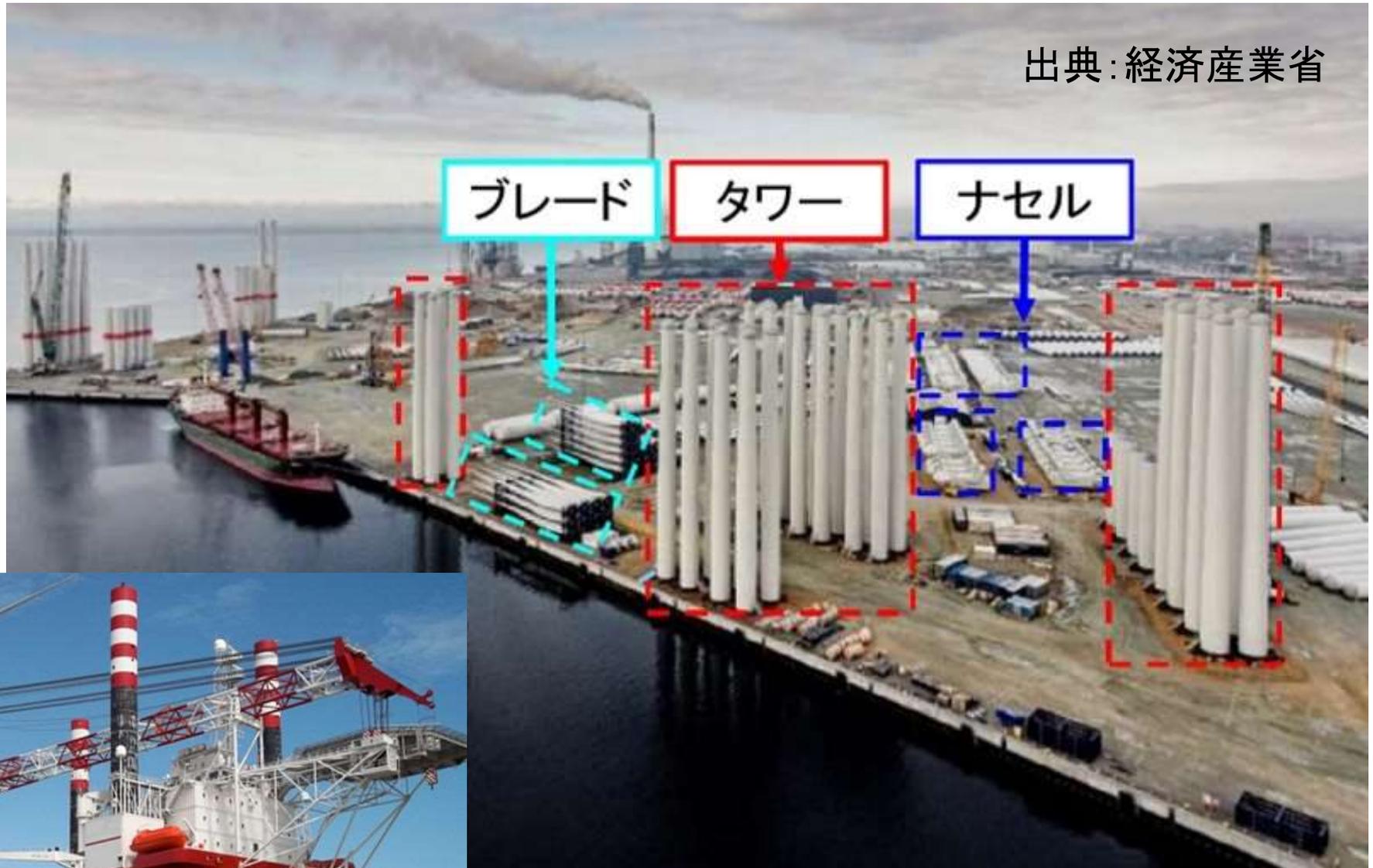
トランジションピース（TP：鋼製）：
直径9～12m、約500トン

モノパイル（MP：鋼製）：
直径8～14m、約500～3000トン
（水深と支持層までの深さによる）

約500トンの部材が4組/風車1台

数百個の約500トンの重量物を出荷拠点港でマテハンする。

出典：経済産業省



建設専用船(Jack Up Vessel)に風車部材を搭載して、建設サイトまで運んで、クレーンで組み立てる。

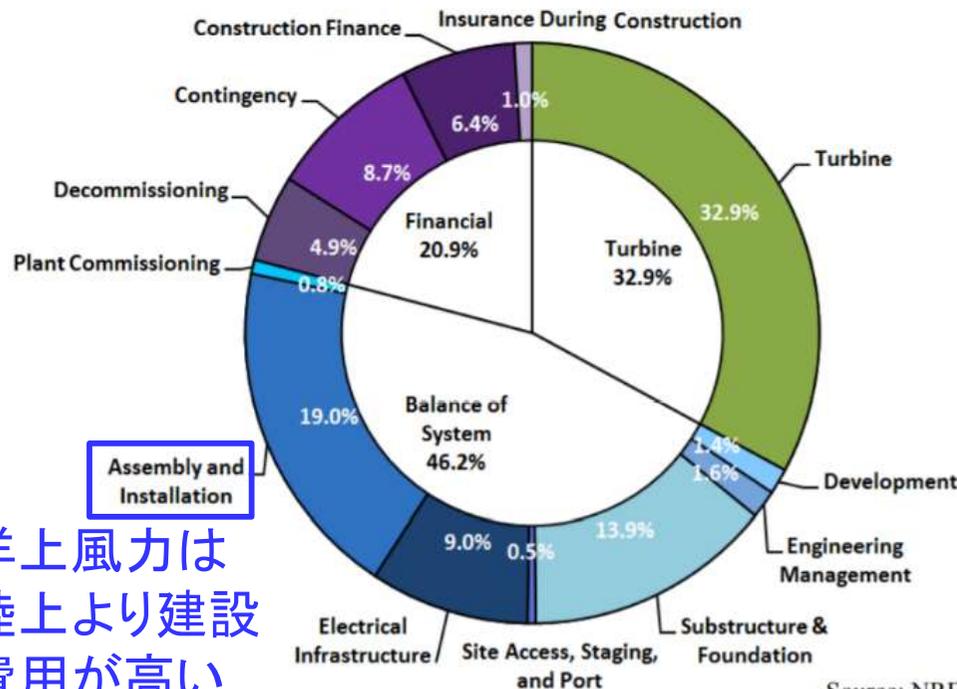
洋上風力発電の経済規模の基本情報

発電の単位系： 1GW=1,000 MW(千MW) =1,000,000 kW(百万kW)

経済規模・経済性の目安 (2020年時点) 洋上風力(着床式)は1GWで約 5千億円

分野	初期投資(建設費、Capex)	設備利用率(Cp)
陸上風力発電	15~30万円/kW	25%~35%
洋上風力(着床式)	約50万円/kW	約30%~50%
洋上風力(浮体式)	100万円/kW 以上	

Capex の内訳例 (2016年NREL調査)



洋上風力は
陸上より建設
費用が高い

設備利用率 (Cp: Capacity Factor)

$$Cp = \frac{\text{実際の年間発電量}}{\text{(定格出力} \times 24\text{時間} \times 365\text{日)}}$$

平均風速が大きい程よい。
ロータ直径が大きい程よい。
洋上は陸上よりも表面の起伏が無い
ので、平均風速が高くなる。

Source: NREL

Figure ES2. Capital expenditures for the fixed-bottom offshore reference wind power plant project

最近の欧州の洋上風力入札は10円/kWh未満で落札されている

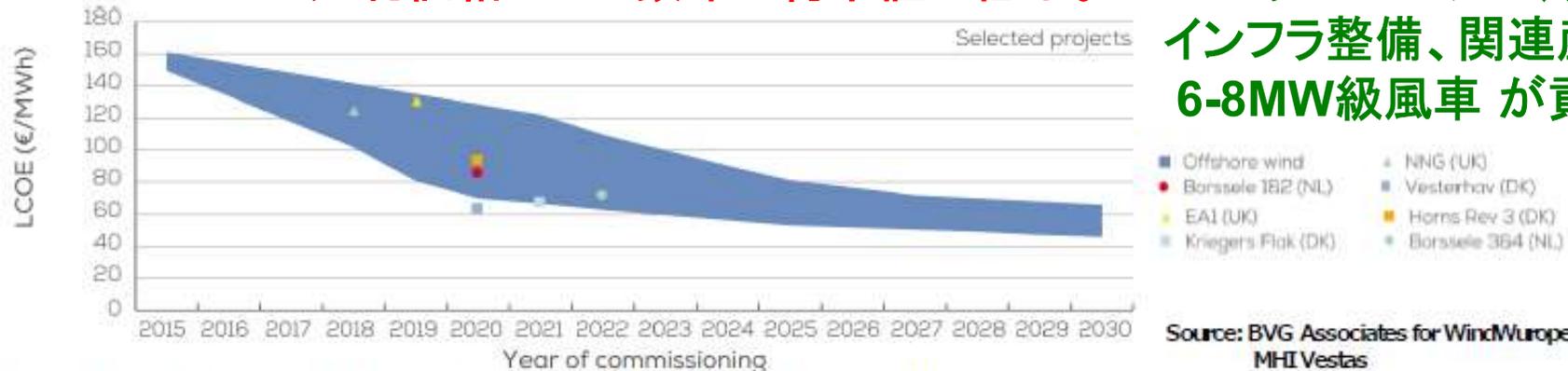
欧州洋上風力市場 事業入札動向

2015年からの2年間で落札価格が大幅に下落。セントラル方式のオークションの導入により事業者間の競争が激化したことが主因だが、25年以上の経験を通じて産業界全体が経験と実力を積み上げてきたことが背景にある。

2015.2	デンマーク	Horns Reef 3 (Vattenfall)	(406MW)	104 EUR/MWh
2016.6	オランダ	Borssele 1+2 (DONG)	(350MW x 2)	72.7 EUR/MWh
2016.9	デンマーク	Danish Nearshore (Vattenfall)	(350MW)	63.7 EUR/MWh
2016.11	デンマーク	Kriegers Flak (Vattenfall)	(600MW)	49.9 EUR/MWh
2016.12	オランダ	Borssele 3+4 (Shell, Van Oord, Eneco,三菱商事)	(350MW x 2)	54.5 EUR/MWh
2017.4	ドイツ	Gode Wind III (DONG)	(110MW)	60.0 EUR/MWh
	ドイツ	Borkum Riffgrund West II + OWP West (DONG)	(240MW + 240MW)	市場価格(補助金ゼロ)
	ドイツ	He Dreiht (EnBW)	(900MW)	市場価格(補助金ゼロ)

COEの推移と予想レンジ **入札価格はここ数年で約半値に低下。** セントラルシステム、大量導入、

インフラ整備、関連産業成熟、**6-8MW級風車**が貢献。



米国の洋上風力発電導入の経済効果評価例



1. 経済効果評価の概略(ベースシナリオ)

経済効果評価の概略		
	2025年	2030年
洋上風力発電導入量	9 – 14 GW	20 – 30 GW
洋上風力関連雇用数	19,000 – 45,000	45,000 – 83,000
年間経済算出量	\$5.5 – \$14.2billion (6 ~ 16兆円)	\$12.5 – \$25.4 billion (14 ~ 28兆円)

2. 評価のシナリオ(ベースシナリオ)

	2025	2030
Annual Installations 年間導入量	2,000 MW	2,000 MW
Domestic Content 国内生産率	21%	45%
Project Capital Costs 資本コスト	\$3,900/kW	\$3,250/kW
Annual O&M Costs 年間O&M費	\$94/kW	\$79/kW

目次

1. 洋上風力発電とは？(写真)
2. 世界の洋上風力発電(統計)
3. 洋上風力発電の開発フロー
4. 日本の洋上風力開発の歴史
5. 2018年以降の日本の動き
6. デンマークのエスビアウ港の成功例
7. 洋上風力と産業／鹿島港で成功するには？

➤ 洋上風力発電の開発手順

1. 事前調査

- ・洋上候補海域での風況計測
- ・環境アセスメント
- ・海底地盤調査
- ・許認可、漁業権、系統連系 等

2. インフラ整備

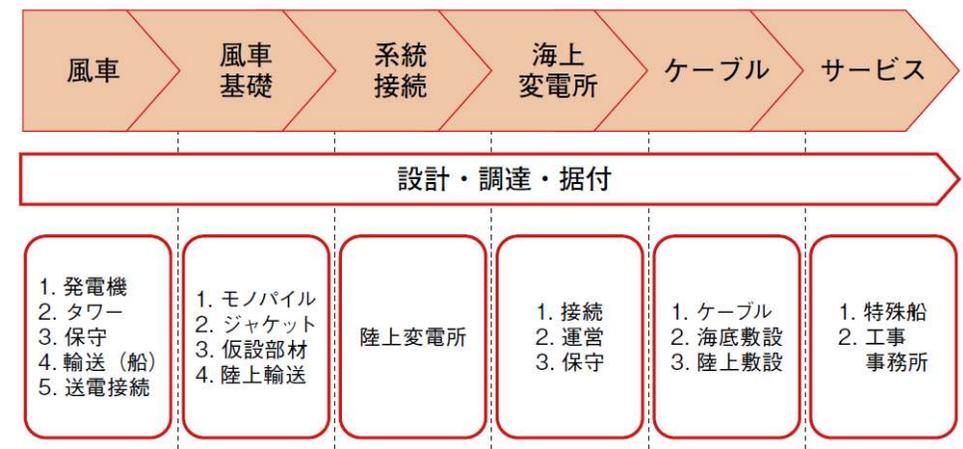
- ・超大型洋上風車
- ・建設専用船
- ・出荷拠点港(クレーン、岸壁補強)

3. 建設工事

- ・海底地盤の整備(均す)
- ・基礎据付
- ・風車(+洋上変電所)の設置
- ・海底送電ケーブルの敷設
- ・試運転調整

4. 運転保守

図1 洋上風力 EPC サプライ・チェーン



出典：欧州洋上風力発電事業を中心に
/丸紅 栗原聖之副部長インタビュー 日本貿易会
http://www.jftc.or.jp/shoshaeye/pdf/201205/201205_10.pdf

洋上に気象観測等を立てて風況計測 (最近はブイ式ドップラー計測が実用化)

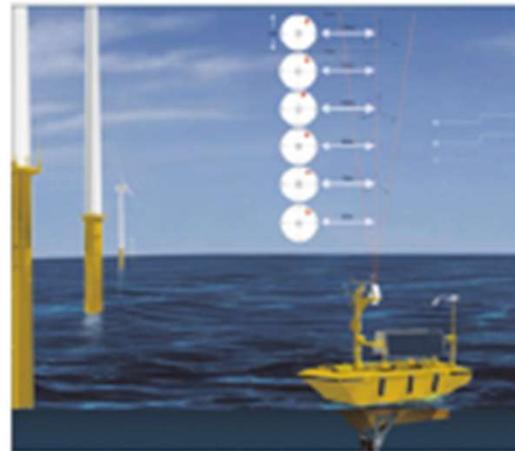
ゼニライトブイ



FLIDAR



三菱電機のドップラーライダ



WindSentinel Buoy Lidar



白浜観測タワー

洋上風況を把握ため様々な測定方法

重力式基礎の製造



水深10m以下に限定されるが、比較的安価。
大重量(数百~千トン)なので、サイトの最寄りで製造される事が多く、地元貢献度が高い。



洋上モノパイル基礎の量産(オランダ)



モノパイル基礎は形状が単純で、標準化・自動溶接・量産性に優れる。

モノパイルやトランジションピース(500~700トン/本)を200本/年 量産して出荷。(約10万トン/年の鋼材を使用)



もしモノパイル打設中に岩が出てきたらドリルで砕く

MIDOS Pile



Bauer's newest development for seabed drilling is the MIDOS-Pile - Mixed Drilled Offshore Steel Pile. This piling system combines the experience and know-how of Bauer for seabed drilling and soil mixing techniques. The MIDOS-Pile is the long awaited piling solution for offshore wind, offering reliable foundation piles for jacket structures with negligible noise emissions at competitive costs. Wherever you do not need rock drilling techniques you can use the MIDOS-Pile.

The structural element of the MIDOS-Pile is a steel casing; the dimensions are determined by design calculations, usually 2.00 m to 2.50 m in diameter and 30.00 m to 45.00 m long. The casing is positioned in the satellites of the Bauer modular template. At the top of the casing a starter piece is mounted with a diameter 0.30 m to 0.40 m larger than the casing diameter. At the top of the casing inside one or several rotary drives are clamped into the casing. This rotary drive turns a shaft, which has at the bottom end several mixing tools fitting into the starter pieces of the casing.

Specially designed cement slurry exits the mixing tool, so that the loosened soil is immediately mixed with this slurry to a soil-cement-mixture. When reaching the final depth, the rotary drives with the shaft and the mixing tool is extracted, the casing and the starter piece remain in place. The soil-cement-mixture hardens to a 28-days-strength of approximately 5 MPa. Depending on the properties of the surrounding soil the MIDOS-Pile can reach a bearing capacity in compression and tension beyond 20 MN.

The BAUER Dive Drill

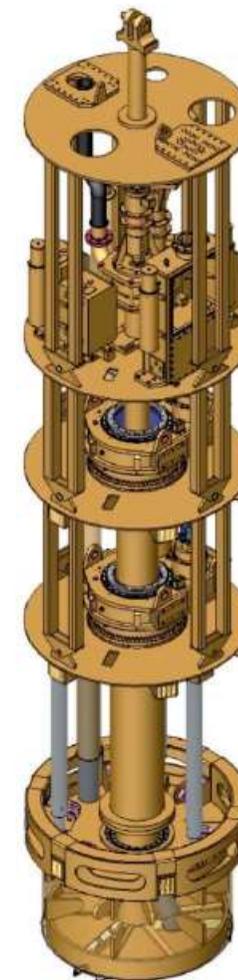
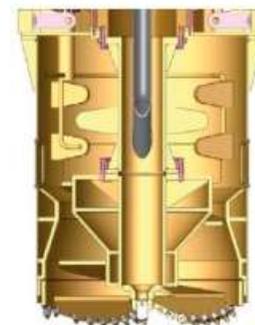
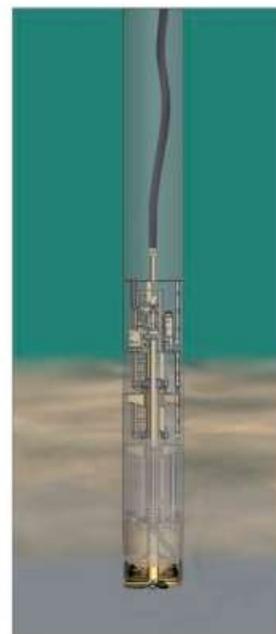
Relief Drilling for the Drive-Drill-Drive Method

In cases when pile driving does not cause too much noise or when a piling vibrator is used, Bauer has available a system for quick and economical relief drilling for the foundation of jacket structures – the Dive Drill. Often the soil conditions are such, that the foundation piles do not reach the necessary embedment depth because of excessive buildup of friction. In this case the piling hammer or vibrator can be withdrawn and the Dive Drill is inserted into the casing. It clamps itself into the casing and drills out all soil and rock material inside of the casing.

The Dive Drill is mounted on a special outfitted crawler crane which contains all controls, power and umbilical winches to operate the Dive Drill safely and efficiently. A specially designed drilling tool loosens the soil/rock and then mixes it with the seawater in order to be pumped up to the vessel. The drilling operation works in one continuous sequence where the Dive Drill moves down inside of the casing until it has reached the desired depth. Normal drilling diameter is between 2.00 m and 3.50 m.

The Dive Drill offers distinct advantages in relation to conventional top drills:

- It can be installed directly into the casing when hitting refusal, regardless whether the top of the casing is above or below the water table.
- The switch from pile driving or vibrating to relief drilling can be accomplished within a very short time period.
- The drilling tool can be equipped with teeth (or rollers) which fit ideally to the soil/rock to be excavated. Therefore drilling progress is much faster than with conventional full face roller bit reverse circulation drilling.



洋上ジャケッ基礎の製造(英国・ドイツ)

英国



ジャケッ基礎は大水深、もしくは大口径杭の打設が難しい岩盤地質で使用される。

(courtesy of Burntisland Fabrications Ltd)

ドイツ

トリパイル基礎(最近は大口径モノパイル基礎に駆逐された)

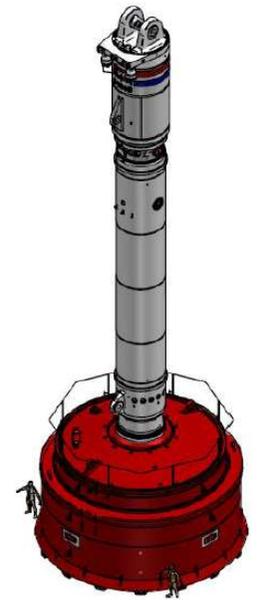
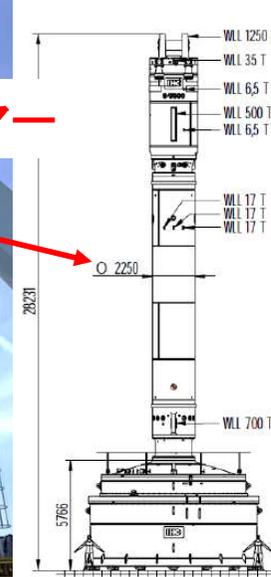


洋上風車基礎の据付工事

重力式基礎：海底を均してから基礎を置く



モノパイル基礎： 巨大な油圧ハンマーで打込む
(杭打ちは1回のみ)



ジャケット式基礎
(4隅を杭打ち)



トリポッド式基礎
(3本足を夫々杭打ち)



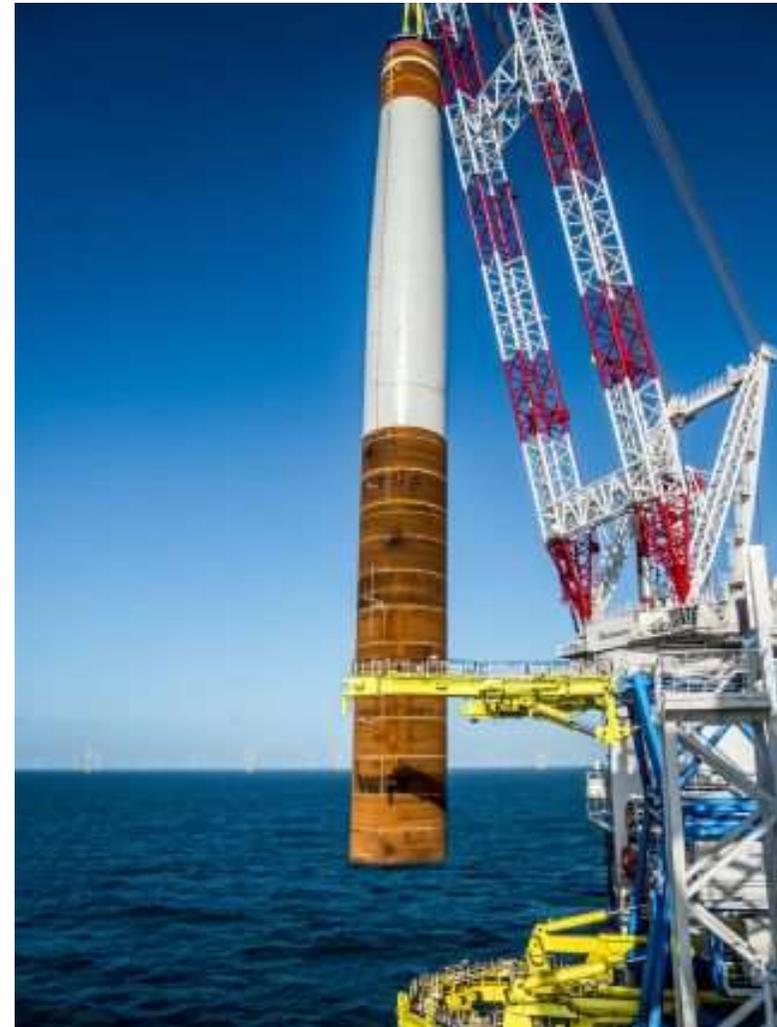
モノパイル打設のコストダウン&垂直精度向上

基礎打設は風や波浪の影響を余り受けないので、SEPより賃貸料の安いクレーン船で設置する。
(建設船の分業化)

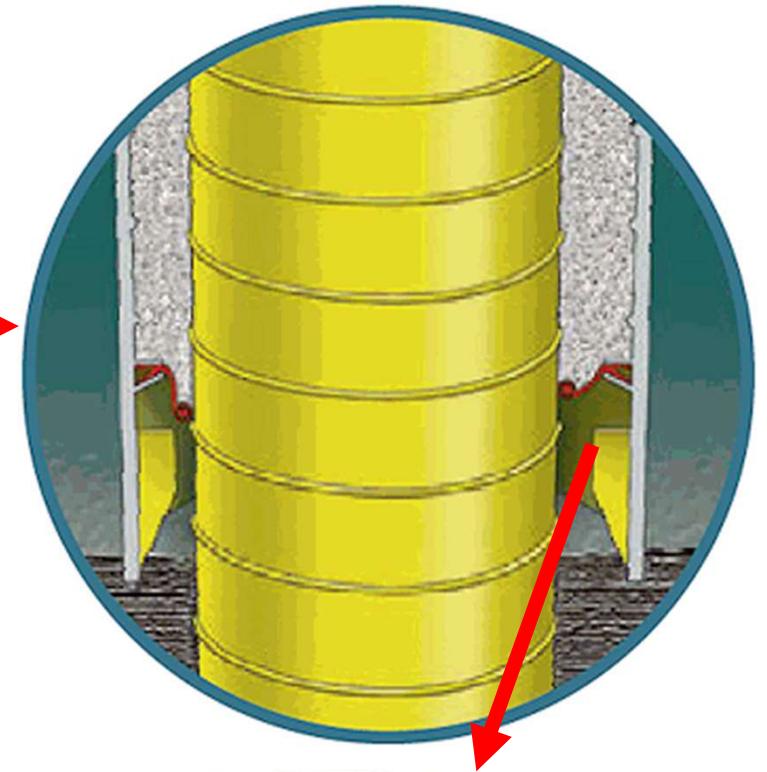
CRANES FOR FLOATING INSTALLATION VESSELS
FOUNDATION INSTALLATION



打設時にモノパイルを支える蟹ハサミ状の治具が開発され、垂直度の精度が向上してトランジションピースによる角度補正の必要が小さくなった。



モノパイル基礎 (MP) が打設時に傾いた場合は トランジションピース (TP) で垂直に補正する。



TP の内径はMP の外径より少し大きいので、その間隙分で傾きを補正する。
間隙にグラウト(セメント)を流込んで固定する。
下端はシール部材で漏れを防止する。

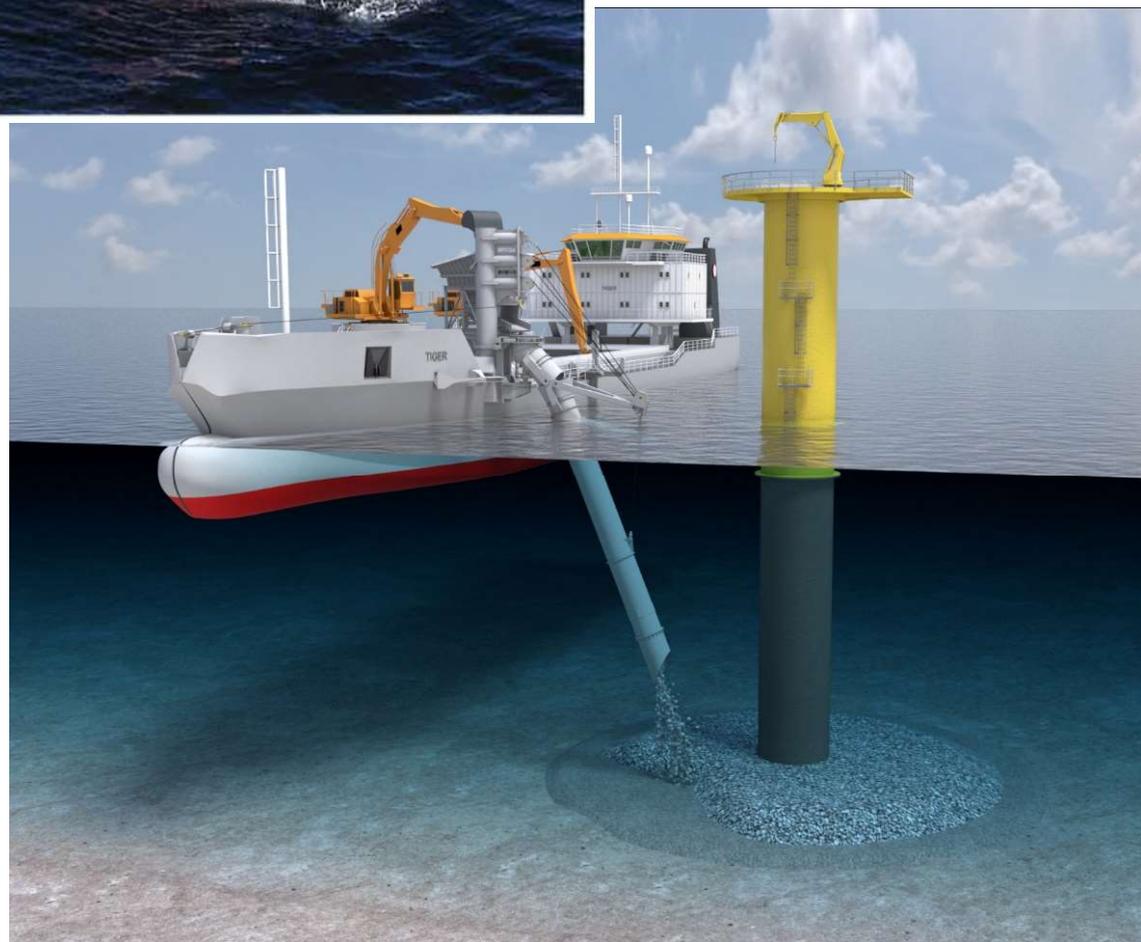
グラウトが支持力不足で脱落するトラブルがあり、今は MP/TP の接続部の一部をコーン状にしてグラウトの荷重分担を減らす改善が普及した。





出典: Jan De Null社

洗堀 (Scouring) の防止
のために基礎の周りに
碎石を敷き詰める





【タワー】

- 写真の巨大クレーンを用いて、この基地に運搬されてきたタワーを垂直に立て、積み出しに備えている。
- 写真の3MW機で、タワーの高さは約65m程度。現在実証中の8MW機では、これが110m程度となる予定。

タワーを全一体化。
一隻に搭載できる風車台数が増えて建設が効率化。

【運搬船への積み込み】

- 基地内で垂直に立てられたタワーは、垂直のまま運搬船に積み込まれる。



【運搬】

- 発電サイトまで、運搬。一度に8本程度のタワーを運搬することが可能。

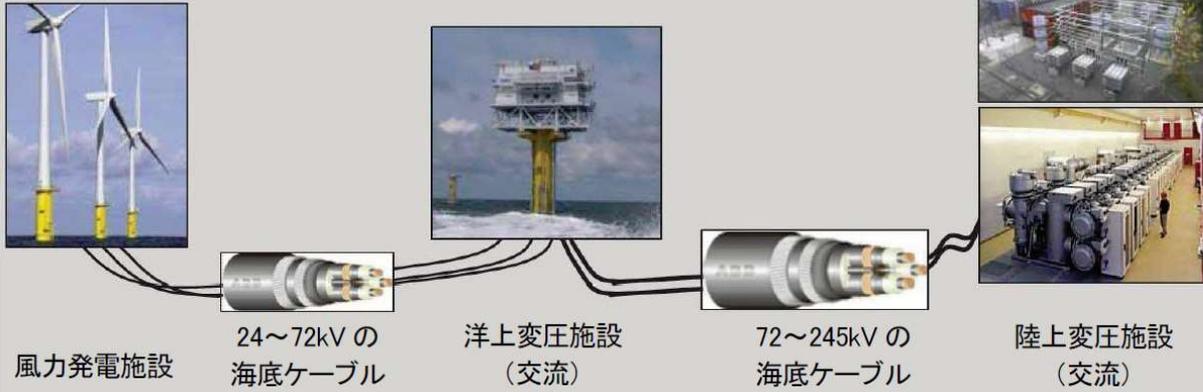
風車の設置

写真：SeaJacks社（丸紅の子会社）の
建設専用船 Zaratan号



海底まで脚を伸ばして安定できる建設専用船(JUV/Jack-up vessel)で
タワー、ナセル、ロータを組立てる。傭船料は約2千万円/日と高い。 55

洋上風力の送変電設備



Windenergieanlagen (WEA)
(風力発電施設)

Fundamente für die WEA
und das UW
(風力発電・変電施設用基礎)

Umspannwerk (UW)
(変圧施設)

Export Kabelverlegung
(ケーブル敷設船)

Kabelverlegung im Windpark
(風力発電施設へのケーブル敷設)

出典：Offshore-Windpark 講演資料、Udo Christiansen 氏、ABB AG 社

海底送電ケーブルの敷設

ケーブル敷設船(CLV)



沿岸部でのケーブルの敷設



鋤入れ



噴出孔

ケーブル敷設溝(海底)



洋上風車のメンテはアクセス性が問題 (特に波浪が荒い冬季)



冬季のアクセス性向上には
波浪補償式渡船橋(アンペル
マン)を備えた専用船(SOV:
Service Operation Vessel)
が必要

ULSTEIN社
Siem Moxieと舷門(Uptime社)

より安価な21mタイプ
標準型CTV (Crue
transfer Vessel)
Njord Offshore社



事業終了後の撤去工事：欧州での基礎の例

- モノパイル等の鋼材切断には主に以下の技術が用いられている。

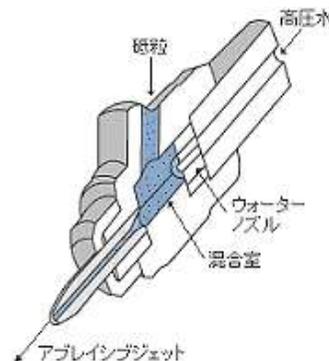
【ダイヤモンドワイヤカッター】



(出典：Mirage Machines)



【アブレシブウォータージェット】



(出典：東成エレクトロビーム)



(出典：Oceanering)

- いずれも既製品では直径 3 m までしか対応していないが、直径 3 m 以上 (Φ3.3～3.5m) 鋼材切断の実績があり、特注品の採用により対応可能と想定される。



日本は J Power の響灘沖の
着床式 2MW 風車の撤去工事
(2019年10月) が初事例。

2020年には福島県楢葉沖の
浮体式 7MW 風車も撤去された。



News
お知らせ
2019年10月1日
電源開発株式会社

北九州市沖洋上風力発電実証設備等の撤去について
～洋上風力建設の知見獲得に向けて～

当社は、2011年より福岡県北九州市沖において洋上風力発電の実証研究（2011年～2016年度：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)との共同、2017年度以降：当社単独）を行い、着床式洋上風力の建設と運転に係る研究成果を得て参りました。今般、北九州市沖で事業化調査を進めている響灘洋上風力計画及び一泊海域での洋上風力プロジェクトに対し、建設・撤去の知見を得るため、我が国で初めて洋上風力工事用船舶（五洋建設株式会社 SEP船（Self-Elevating Platform Vessel））を用いて、風力発電設備及び風況観測設備等の撤去工事を実施致します。

目次

1. 洋上風力発電とは？(写真)
2. 世界の洋上風力発電(統計)
3. 洋上風力発電の開発フロー
4. 日本の洋上風力開発の歴史
5. 2018年以降の日本の動き
6. デンマークのエスビアウ港の成功例
7. 洋上風力と産業／鹿島港で成功するには？

日本の洋上風力発電所の一覧表(2021年12月時点)

形式	設置	海域	離岸距離 (km)	水深 (m)	風車定格 (MW)	基数 (基)	合計出力 (MW)	運開 (年月)		
着床式	北海道	瀬棚港	0.7 *	13	0.6	2	1.2	2003.12		
	秋田県	秋田港	0.1 *	-	3.0	1	3.0	2015.2		
	山形県	酒田港	0.05 *	4	2.0	5	10.0	2004.1		
	茨城県	神栖市	0.04~	4	2.0	7	14.0	2010.2		
			0.05*	4	2.0	8	16.0	2013.2		
	千葉県	銚子沖**	3.1	12	2.4	1	2.4	2013.3		
	福岡県	響灘沖**	1.4	14	2.0	1	2.0	2013.6		
			-	-	-	-1	-2.0	2019.10		
			-	-	2.0	1	2.0	2016.4		
	浮体式	長崎県	福江沖**	5.0	-	0.1	1	0.1	2012.7	
-				-	-	-1	-0.1	2013.6		
-				-	2.0	1	2.0	2016.4		
福島県				檜葉沖**	20	120	2.0	1	14.0	2013.12
					-	-	-	-1	-2.0	2021
					-	120	7.0	1	-	2016.4
	-	120	5.0		1	-7.0	2020.6			
-	120	5.0	1	-	2017.5					
-	-	-	-1	-5.0	2021					
福岡県	響灘沖**	15	-	3.0	1	3.0	2019.5			
					26	51.6				

注1: *沿岸からアクセス可能なセミ洋上風力発電所。

注2: **国家プロジェクト。但し銚子沖は東京電力に払下げ。福江沖は五島市に払下げ後、2016年4月に檜葉沖から福江沖に移設された。響灘沖の着床式2MWは2019年10月に、檜葉沖の7MWは2020年6月に撤去。

・日本の洋上風力の世界シェアは0.2%。

・日本の洋上風力の今の実績の86%は沿岸部のセミ洋上。

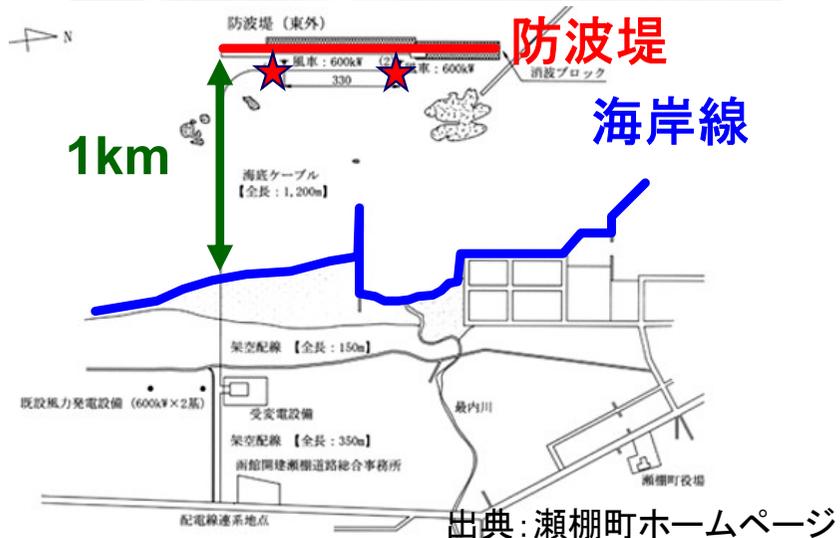
・欧州で主流の沖合着床式洋上風力は今は千葉県銚子沖の2.4MWのみ。

・沖合の本格的な洋上風力は全て国家プロジェクトによる実証試験(一部は民間へ払い下げ済み)

・過去の実績のかなりの部分が浮体式の国家プロジェクト。

2003～04年、瀬棚港と酒田港、ドルフィン基礎

2003年12月運開
北海道瀬棚町 離岸堤防脇
600kW風車×2台



2004年1月運開
山形県酒田市酒田港水路内
2MW風車×5台 = 1万 kW



全8台中で、
3台が陸上、
5台が防波
堤内の水路
に建つ。



出典: ウィンドパワー
酒田ホームページ
注: 2015年4月JREが
住友商事から買収

沿岸部の商用セミ洋上風力発電所：2010年～

茨城県のウィンドパワーかみす洋上風力発電所
2010年6月運転開始 日立製2000kW×15台
東日本大震災では沿岸部で地震・津波
により、大きな被害が出ましたが、
この風車は無事で発電を続け、
首都圏の停電軽減に貢献した。



NEDOの洋上風力の国家プロジェクト 着床式 2013年~

千葉県 銚子市 屏風が浦沖 3 km

三菱重工 2.4MW

重力式基礎

2012年10月設置完了

2013年3月運開

2019年に東京電力に
払下げ。



出典：NEDO

福岡県 北九州市 響灘沖 1.4 km

日本製鋼所 2MW、ジャケット+重力式基礎

2013年9月運開、2019年10月に撤去された。



出典：NEDO

長崎県五島市の浮体式洋上風車 (元は環境省の国家プロジェクト)

- ・今のオーナーは五島市。運営は戸田建設の子会社が担当。
- ・より人口と電力需要の多い福江島沖に南西に約10km移動させて再連系。
浮体式風車の移設&再連系は世界で初めて。
- ・洋上風力発電のFIT 36円/kWhの初めての適用事例になる。
- ・**2020年6月から日本初の洋上風力入札中。16.8~21MWが増設される見込み。**



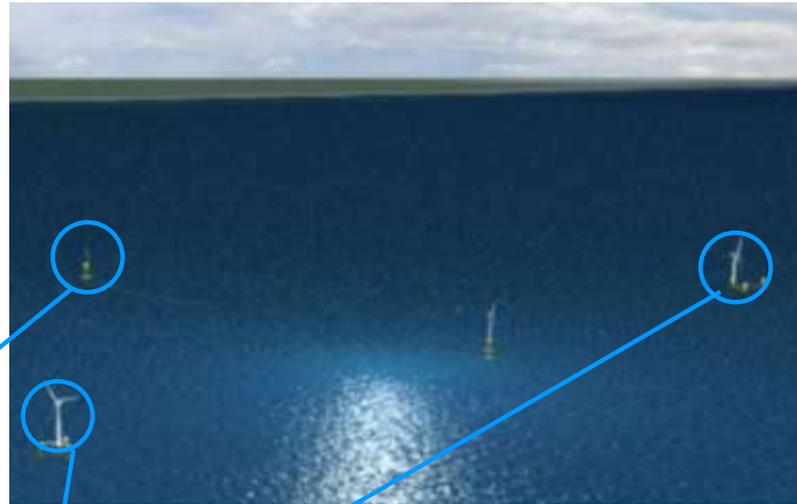
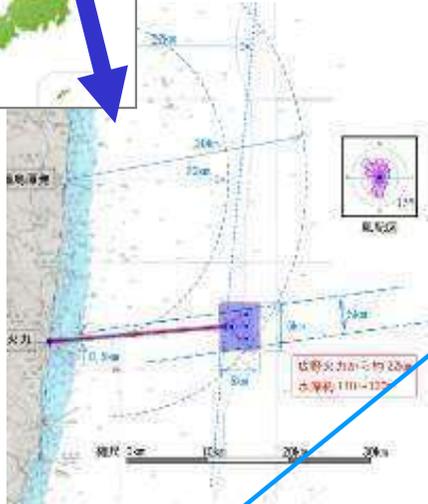
出典: 戸田建設のプレス発表 2016/4/15
<http://www.toda.co.jp/news/pdf/20160415.pdf>

Photo: Taken by Mr. Hoichi Nishiyama

経産省の浮体式洋上風力実証国家プロジェクト:

福島県楢葉沖 FukushimaFORWARD

福島洋上コンソーシアム(10社・1大学): 丸紅(取り纏め)、東京大学(技術助言)、三菱商事、三菱重工業(MHI)、ジャパンマリンユナイテッド(JMU)、三井造船、新日鐵住金、日立製作所、古河電気工業、清水建設、みずほ情報総研



NEDOの次世代浮体式
洋上風力実証研究
北九州市響灘沖



独Aerodyn 3MW

グローバル (IDEOL設計)



風車: 日立 変電所

浮体: JMU



日立 2MW

三井造船



MHI 7MW

MHI



日立 5MW

JMU(Hitz)

参考：福島の2MW・変電所・5MW用浮体の解体工事の様子 (2021年秋、千葉県市原の三井E&Sのドックにて)



出典：三井E&S

目次

1. 洋上風力発電とは？(写真)
2. 世界の洋上風力発電(統計)
3. 洋上風力発電の開発フロー
4. 日本の洋上風力開発の歴史
5. **2018年以降の日本の動き**
6. デンマークのエスビアウ港の成功例
7. 洋上風力と産業／鹿島港で成功するには？

日本の洋上風力開発の法整備が進む 2016~19年



- 日本の海域
 - 領海 (22.4km以内)
 - 港湾区域
 - 一般海域
 - 排他的経済水域 (EEZ): 大水深 (浮体式)

法制面の整備

従来: 都道府県毎に指定、占有許可は3~4年。FIT。

港湾区域: 2016年5月に港湾法改訂。20(30)年の占有許可。

2019年11月に基地港整備にむけて再改訂。

一般海域: 2019年4月に再生エネ海域利用法が施行。

30年の海域占有を許可。入札制を導入。

注: EEZに関しては法制度は無いが、大水深向けの浮体式はまだコストが高く、商用化は2025年以降なので、当面は支障なし。

洋上風力発電の官民協議会の開催(2020年7月17日)

(「産業界から政府への懇請」が認知された)

経済産業省と国土交通省は17日、「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」の初会合を東京都港区の三田共用会議所で開催しました。洋上風力発電の導入拡大、関連産業の競争力強化を官民一体で進めることが目的です。

梶山弘志経産相は協議会で洋上風力発電について「導入拡大、競争力強化、コスト低減を同時に実現する好循環を形成するために官民が対話をします。投資拡大にチャレンジする事業者に対し全力で応援したいと思います」、赤羽一嘉国交相は「知恵を出すのが得意な経産省と、汗をかくのが得意な国交省が力を合わせれば最強のパートナーになります」と述べ、ともに導入促進を図る考えを表明しました。

これに対し、民間側の日本風力発電協会の加藤仁代表理事は「洋上風力は、国の根幹の安全保障です。気候変動対策、風力発電の新産業、中長期の導入目標のコミットを示し、内外に向けて本気で洋上風力を導入するというメッセージの発信が重要です。協議会の下に作業部会を置いて各分野の代表が実行プランを作成し達成評価サイクルを回していくという活動を継続的に続けていくことが重要です」と主張しました。

協議会では今後、中長期的な洋上風力発電の導入課題、風車製造・海洋土木工事・メンテナンスの分野別課題、系統、港湾・コンビナートなど計画的導入に向けたインフラ環境整備課題、事業者の投資やコスト削減の課題を協議します。

JWPAは2030年の国内洋上風力発電導入量を10GW(投資判断に最低限必要な市場規模)、40年は30~45GW(世界各国と肩を並べる競争環境を醸成できる規模)などを求めています。政府は今後、協議会の議論を受け、導入拡大に向けた具体的な方向性を示す「洋上風力産業ビジョン」を作成します。

【資料】

第1回 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会 2020年7月17日 経産省&国交省
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/001.html
https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk6_000059.html

洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会 資源エネルギー庁
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/yojo_furyoku/kassei_s



官民協議会に臨む梶山弘志経産相（前列右）と赤羽一嘉国交相（前列左）

官民協議会の参加者名簿

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/vojo_furyoku/pdf/001_02_00.pdf

一部上場の大企業の社長・副社長が並ぶ
⇒ 「産業界からの懇請」が成立

洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会
委員名簿

民間	清水 琢三	一般社団法人日本理立浸漑協会 会長	吉田 悟	株式会社北拓 取締役副社長
	小谷野 喜二	公益社団法人日本港湾協会 専務理事	大嶋 幸一郎	株式会社三菱UFJ銀行 常務執行役員 ソリューション本部長
	加藤 仁	一般社団法人日本風力発電協会 代表理事	有識者	牛山 泉 足利大学理事長、洋上風力導入促進ワーキンググループ・洋上風力促進小委員会 委員長
	水町 豊	九電みらいエナジー株式会社 代表取締役社長		來生 新 放送大学学長、洋上風力導入促進ワーキンググループ・洋上風力促進小委員会 座長
	野地 雅禎	コスモエコパワー株式会社 代表取締役社長		清宮 理 早稲田大学名誉教授、洋上風力導入促進ワーキンググループ・洋上風力促進小委員会 委員
	竹内 一弘	ジャパン・リニューアブル・エナジー株式会社 代表取締役社長		原田 文代 株式会社日本政策投資銀行ストラクチャードファイナンス部 部長、洋上風力導入促進ワーキンググループ・洋上風力促進小委員会 委員
	文挾 誠一	東京電力リニューアブルパワー株式会社 代表取締役社長		山地 憲治 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 副理事長・研究所長、調達価格等算定委員会 委員
	塚脇 正幸	日本風力開発株式会社 代表取締役社長	政府	高橋 泰三 経済産業省資源エネルギー庁長官
	真鍋 寿史	丸紅洋上風力開発株式会社 代表取締役社長		松山 泰浩 経済産業省資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部長
	中西 勝也	三菱商事株式会社 電力ソリューショングループ CEO		清水 淳太郎 経済産業省資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部新エネルギー課長
	稲角 秀幸	株式会社ユーラスエナジーホールディングス 代表取締役社長		高田 修三 経済産業省製造産業局長
	山田 正人	MHI ヴェスタスオフショアウインドジャパン株式会社 副社長 アジア太平洋統括		玉井 優子 経済産業省製造産業局 産業機械課長
	畠澤 守	東芝エネルギーシステムズ株式会社 代表取締役社長		高田 昌行 国土交通省港湾局長
	浦瀬 賢治	株式会社日立製作所 エネルギービジネスユニット CEO		中村 晃之 国土交通省港湾局 計画課長
	茅野 正恭	鹿島建設株式会社 代表取締役副社長		石橋 洋信 国土交通省港湾局 産業港湾課長
	植田 和哉	五洋建設株式会社 代表取締役副社長		松良 精三 国土交通省港湾局 海洋・環境課長
	山地 徹	清水建設株式会社 代表取締役副社長		
	田中 茂義	大成建設株式会社 代表取締役副社長		

日本は2020年10月の菅首相のゼロカーボン宣言で 洋上風力開発推進に大きく舵を切った

- 石炭火力発電から脱却、再生可能エネルギーを最大限導入。
- 発電量に占める再生エネのシェアを、2020年の18%から2050年に50-60%へ。
- 洋上風力産業ビジョンを発表（第2回官民協議会 12/15）。
2030年までに1000万kW（建設費は約5兆円）
2040年までに3000万~4500万kWを導入。
- 洋上風力で国内到達率60%を目指す。雇用に貢献。
- 2兆円の再生エネ開発基金。洋上風力はその筆頭。



出典: 首相官邸Webサイト

洋上風力産業ビジョン(第1次)(案)の構成

→ 主な課題が抽出され、WG・作業会が編成された

1. 本ビジョンの背景
2. 洋上風力の産業競争力強化に向けた基本的な考え方
3. 具体的な取組の方向性
 - 3-1. 魅力的な国内市場の創出
 - (1) 政府による導入目標・エリアの明示
 - (2) 導入目標の実現に向けた取組
 - ①政府主導のプッシュ型案件スキーム（日本版セントラル方式）の導入
 - ②インフラ整備（系統・港湾）
 - 3-2. 投資促進・サプライチェーン形成
 - (1) 産業界による目標設定（国内調達比率目標、コスト低減目標）
 - (2) サプライヤーの競争力強化
 - (3) 事業環境整備
 - ①洋上風力関連規制の総点検
 - ②洋上風力発電設備の建設のため必要な規格の総点検
 - (4) 洋上風力人材育成プログラム
 - 3-3. アジア展開も見据えた次世代技術開発、国際連携
 - (1) アジア展開も見据えた次世代技術開発
 - (2) 国際連携や国際標準化の推進

洋上風力産業ビジョン(2020年12月15日政府発表): 15

意欲的で明確な中長期導入目標の設定 赤字部以外は外部には未発表

- 2020年: 洋上風力0GW + 陸上風力4.4GW 参考: 日本の年間電力需要の1%相当
- 2030年: 洋上風力10GW (+ 陸上風力18~26GW) 同 8~10%相当
 - 中間点として目標を設定
 - 投資判断に最低限必要な市場規模(1GW程度 × 10年間)
- 2040年: 洋上風力30~45GW (+ 陸上風力35GW)
 - 産業界が投資回収見通し可能な市場規模(年間当り2~4GW程度)
 - 世界各国と肩を並べる競争環境を醸成できる市場規模
- 2050年: 洋上風力90GW (+ 陸上40GW = 130GW) ←見直し中
 - 政府目標: GHG排出量80%削減に相応しい目標値
 - 2050年推定需要電力量に対して風力より30%以上を供給

JWPA提案	2030年	2040年
新規導入	1~2GW/年 (4~8千億円/年)	3~4GW/年 (約1兆円/年)
累計	10GW (4~5兆円)	30~45GW (10~20兆円)



第6次エネルギー基本計画での発表数字 (2021年10月)

2030年度の再生可能エネルギー導入見込量

- 2030年度の再生可能エネルギー導入量は、足下の導入状況や認定状況を踏まえつつ、各省の施策強化による最大限の新規案件形成を見込むことにより、3,130億kWhの実現を目指す（政策対応強化ケース）。
- その上で、2030年度の温室効果ガス46%削減に向けては、もう一段の施策強化等に取り組むこととし、その施策強化等の効果が実現した場合の野心的なものとして、合計3,360～3,530億kWh程度（電源構成では36～38%）の再エネ導入を目指す。
- なお、この水準は、上限やキャップではなく、今後、現時点で想定できないような取組が進み、早期にこれらの水準に到達し、再生可能エネルギーの導入量が増える場合には、更なる高みを目指す。

GW(億kWh)	2030年度の野心的水準	H27策定時
太陽光	103.5~117.6GW (1,290~1,460)	64GW (749)
陸上風力	17.9GW (340)	9.2GW (161)
洋上風力	5.7GW (170)	0.8GW (22)
地熱	1.5GW (110)	1.4~1.6GW (102~113)
水力	50.7GW (980)	48.5~49.3GW (939~981)
バイオマス	8.0GW (470)	6~7GW (394~490)
発電電力量	3,360~3,530億kWh	2,366~2,515億kWh

洋上風力産業ビジョンの10GW(認定基準)より小さいのは「運開基準」のため。

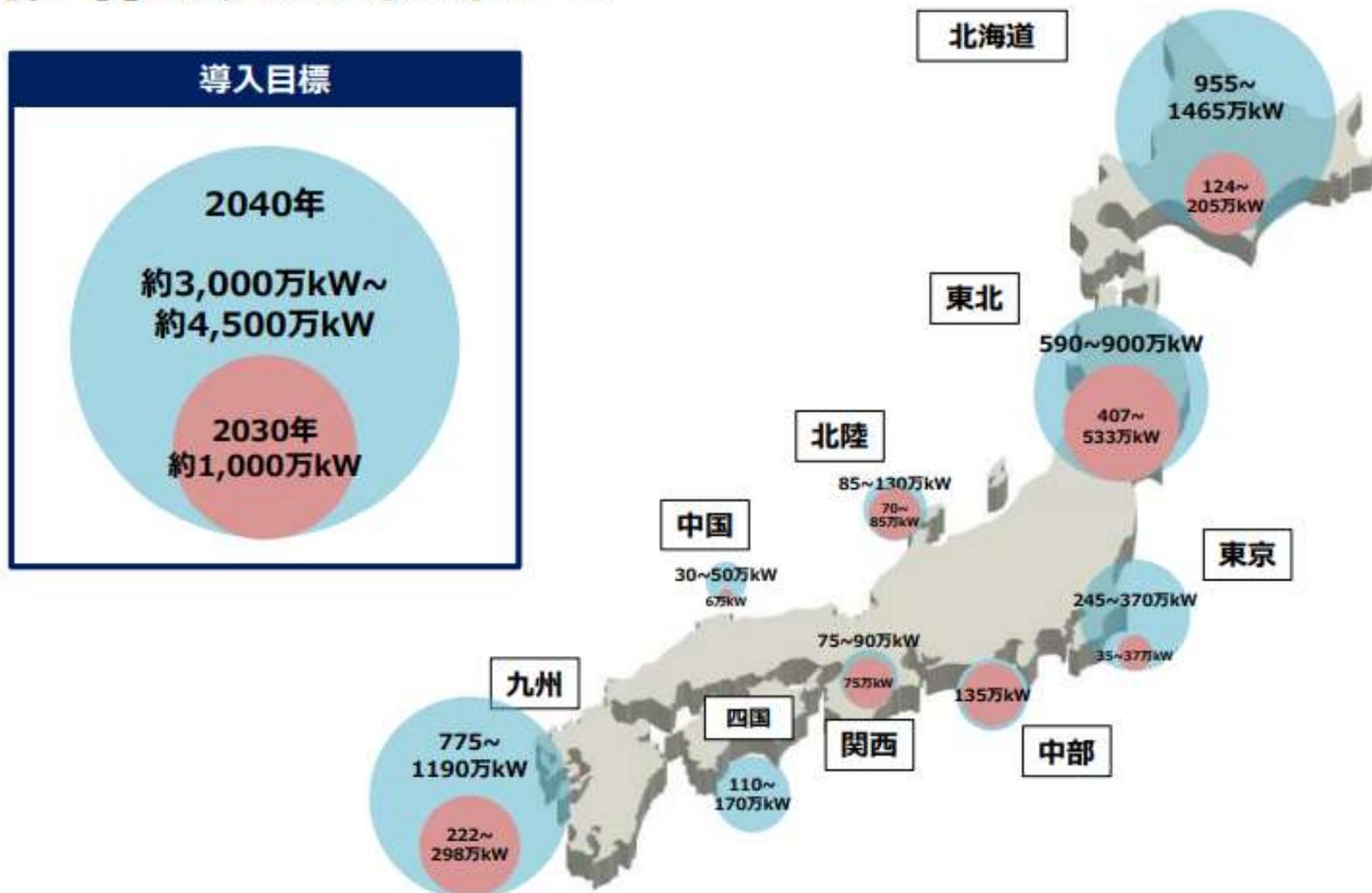
日本では開発に8年以上かかる。

政策努力でさらに1, 2GWの上乗せが可能とされている。

※2030年度の野心的水準は概数であり、合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある

政府による導入目標・エリアの明示

【参考】エリア別の導入イメージ



※2030年については、環境アセス手続中（2020年10月末時点・一部環境アセス手続が完了した計画を含む）の案件を元に作成。

※2040年については、NEDO「着床式洋上windファーム開発支援事業（洋上風力発電の発電コストに関する検討）報告書」における、LCOE（均等化発電原価）や、専門家によるレビュー、事業者の環境アセス状況等を考慮し、協議会として作成。なお、本マップの作成にあたっては、浮体式のポテンシャルは考慮していない。

出典：洋上風力産業ビジョン（第1次）（案）

洋上風力発電の拠点港の整備も進む

国土交通省は、秋田県の能代港と秋田港、茨城県の鹿島港、福岡県の北九州港の4港を洋上風力拠点港として選出。埠頭の強化等への補助を開始。



2017年8月、洋上風力最大手のOrsted (旧名Dong Energy)が英国北東部のAble港の拠点港化契約を破棄

競合先に負けた失敗例。

Business & Finance Technology Policy & Markets **Project Development** Operations & Maintenance Transmission

UNITED KINGDOM

Dong scraps Humber plans

9 August 2016 by David Weston, [Be the first to comment](#)

UK: Dong Energy has cancelled its plans to build a base port at the Able Marine Energy Park (Amp) on the River Humber, northeast UK, as it could not "justify the investment".

投資の経済性が正当化できない



Dong will not set up a central base port in the UK, relying on existing infrastructure

ウインブルドン現象: 地元は会場を貸すだけで活躍するのは海外選手ばかりになること。

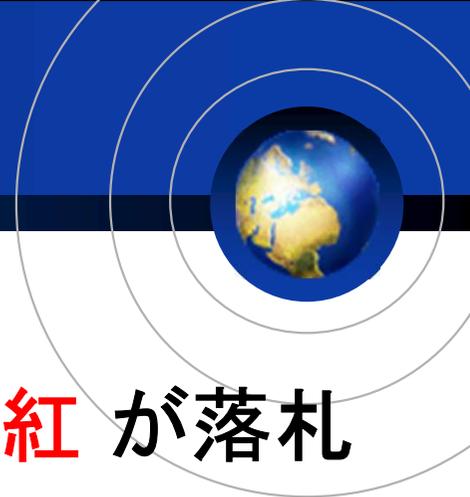
In June 2015, Dong and port operator Able UK signed a [memorandum of understanding](#) (MoU) to potentially use the port as a base hub for its North Sea projects.

"Following a detailed review we have concluded that the timescales for development of such a hub would preclude it providing support for any of our planned projects. We will now fully support and engage with the industry approach," Dong said in a statement.

"Dong Energy remains fully committed to the Humber region and we expect to have invested £6 billion (€7 million) in the area by 2019. We currently operate or are a partner in six offshore wind farms along the UK east coast, which are operational or under construction. Together they have a capacity in excess of 3GW," the Danish wind developer added.

Dong's announcement followed a report by the UK government and the Offshore Wind Industry Council (OWIC) on the [potential of the UK's east coast ports](#). It found the UK's current port infrastructure was sufficient to support the development of the UK's offshore pipeline.

日本の洋上風力入札(3タイプ)



港湾海域(2016年度～)

- ・秋田港・能代港(Vestas 4.2MW×33基) → **丸紅** が落札
- ・北九州 響き灘沖(Vestas 9.5MW×25基) → **九電みらい**

一般海域(2019年度～:2021年10月時点で23海が候補選定済み)

- ・長崎五島(日立2.1MW×8基、浮体式) → **戸田建設Group**
- ・能代・由利本荘・銚子(合計GE 12.6MW×135基=1.7GW)
→ **三菱商事 & シーテックのGroup** が落札
- ・次は秋田県八峰町(2022年末に事業者決定見込み)

セントラル方式への移行(2021年度調査開始～)

北海道岩宇・山形県酒田・岩手県洋野(浮体式)

港湾海域1:

今は秋田県の港湾海域で洋上風力発電の建設が始まっています。



【工事概要】

秋田港・能代港洋上風力発電施設建設工事

場所： 秋田県秋田市、能代市（港湾区域内含む）

発注者： 秋田洋上風力発電

発電容量： 138.6MW（4.2MW風車×33基：秋田港13基、能代港20基）
※一般家庭の年間消費電力量約13万世帯分

発電形態： 着床式洋上風力（モノパイル形式）

施工： 鹿島・住友電気工業特定建設共同企業体（基礎および海底ケーブル）

工期： 2020年2月～2022年12月

出典：丸紅と鹿島
建設のWebサイト



能代港風車位置図(20基)



現場位置図

秋田港風車位置図(13基)

秋田港・能代港の施工体制(主に日本企業が実施)

<http://log.jwpa.jp/content/0000289728.html>

秋田港・能代港の洋上風力発電の概要が発表されました 2020/03/27 23:12

秋田港・能代港の洋上風力発電の概要が事業者・サプライヤ各社から発表されました。沖合での本格的な洋上風力発電(着床式)では初の大規模商用プロジェクトになります。

◆プロジェクトの概要

- 秋田港・能代港の洋上風力発電/鹿島・住友電工JVで本格着工/22年12月の竣工を目指す
2020年3月27日 建設通信新聞
<https://www.kensetsunews.com/archives/434813>
 - 事業者は秋田洋上風力発電(下記+秋田銀行、大森建設、沢木組、協和石油、加藤建設、寒風、三共の13社)
 - 総出力は約140MW
 - 風車はMVOWのV117-4.2 MW。秋田港の港湾区域に13基、能代港に20基の計33基を設置
 - 基礎はモノパイル形式
 - 建設工事は鹿島・住友電気工業JVが担当
 - 工期は2月から2022年12月まで。

◆開発事業者：秋田洋上風力発電(AOW)

- 秋田県秋田港及び能代港における洋上風力発電プロジェクトの実施及び融資契約の締結について
2月3日 丸紅、大林組、東北自然エネルギー・東北電力、コスモエコパワー、関西電力、中部電力
<https://www.marubeni.com/jp/news/2020/release/202002031.pdf>
https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20200203_1.html
https://www.tohoku-epco.co.jp/news/normal/1205527_1049.html
<https://www.tousec.co.jp/cms/images/uploaded/1580696924.pdf>
<https://cosmo.eco-power.co.jp/news/detail.html?nid=445>
https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0203_2j.html
https://www.chuden.co.jp/corporate/publicity/pub_release/press/3272387_21432.html

◆出資

- 「秋田港・能代港洋上風力発電事業」に関するプロジェクトファイナンスへの参加について
～国内洋上風力発電事業の先行導入案件への参加～
2月3日 明治安田生命保険
https://www.meijiyasuda.co.jp/profile/news/release/2019/pdf/20200203_01.pdf

◆テクニカルアドバイザー

- First commercial scale offshore wind farm in Japan achieves financial close
2月12日 Mott MacDonald
<https://www.mottmac.com/releases/first-commercial-scale-offshore-wind-farm-in-japan-achieves-financial-close>

(港湾海域でのFIT36円/kWhの案件)

◆風車：V117-4.2 MW

- MHIヴェスタス、国内初となる秋田市・能代市沖合の洋上風力発電設備V117-4.2MWを33基受注
3月19日 三菱重工
<https://www.mhi.com/jp/news/story/20031903.html>
- MHI Vestas Secures First Firm Order in Japan for Akita Noshiro Offshore Wind Farm Project
3月3日 MVOW
<https://www.mhivestasoffshore.com/mhi-vestas-secures-first-firm-order-japan-akita-noshiro-offshore-wind-farm-project/>

◆モノパイル基礎とトランジションピース

- Sif supplier for Monopiles and Transition Pieces for Akita-Noshiro Project in Japan
3月2日 SIF
<https://sif-group.com/en/news/project-updates/781-sif-supplier-for-monopiles-and-transition-pieces-for-akita-noshiro-project-in-japan>

◆建設工事

- 国内初の商用洋上風力発電事業「秋田港・能代港洋上風力発電施設建設工事」本格着工
3月27日 鹿島建設
<https://www.kajima.co.jp/news/press/202003/26c1-j.htm>

◆建設作業船

- 英国シージャックス社 秋田県秋田港及び能代港における洋上風力発電所向け基礎据付契約締結及び洋上風力据付船の導入について
3月27日 丸紅、INCL
<https://www.marubeni.com/jp/news/2020/release/20200327011.pdf>
<https://www.incj.co.jp/newsroom/2020/incjseajacks-international-limited.html>

◆海底送電線

- 日本初、大型商用洋上風力発電事業「秋田港・能代港洋上風力発電施設建設工事」本格着工
3月30日 住友電工
<https://sei.co.jp/company/press/2020/03/prs029.html>

◆遠隔監視装置

- 当社の制御システムを採用した、国内最大の風力発電設備が運転開始
4月2日 横川電機
<https://www.yokogawa.co.jp/news/press-releases/2020/2020-04-02-ja/>

港湾海域2:

もうすぐ北九州響灘沖にも、V174風車が立ちます。

 西日本新聞 福岡 経済

響灘の洋上発電、三菱系風車選定 地場から部品調達重視 周辺に企業集積、追い風

2019/10/30 6:00

西日本新聞 一面 井崎 圭 竹次 稔



北九州市若松区の洋上風力発電計画



北九州市若松区の響灘沖で進む国内最大級の洋上風力発電所計画を巡り、設置・運営する企業グループ「ひびきウインドエナジー」（北九州市）が、風車メーカーに三菱重工業グループの「MHIヴェスタス」（デンマーク）を選ぶ方針を固めたことが29日、分かった。地場企業からの部品調達を視野に入れていることを評価した。市は洋上風力発電の総合拠点化を目指しており、関連企業の集積などに追い風になりそうだ。

MHIヴェスタスは、洋上風力で先行する欧州の大手ヴェスタスと三菱重工の合併企業。関係者によると、風車の選定は売電を想定した発電性能や、台風などの災害に耐える信頼性、地場からの調達などの

観点から数年かけて実施。別の欧州メーカーも残ったが、発電機やコンバーター、増速機など主要部品の地場からの導入に関心を示すMHIヴェスタスを選んだ。

洋上風力の出荷拠点港の整備

- 洋上風力発電の導入を長期・安定的に着実に進め、また工事を効率的に実施しコストを低減するために、中期的には、いわゆるプレアッセンブル機能を併せ持つ**大規模な拠点港の計画的な整備が必要不可欠**
- 拠点港の整備にあたっては、規模、場所等の効率的なあり方を検討し、**促進区域の指定及び中長期導入目標に整合した整備が必要**

欧州の港湾(例)



拠点港のイメージ



出典：発電関連産業の「総合拠点」を目指して(北九州市港湾空港局 作成資料)

北九州響灘沖の洋上風力発電事業の概要

- ・ 現在、環境影響評価、風況・海域調査に着手し、2022年度の着工を目指す。
- ・ 構成企業：**九電みらいエナジー、電源開発、北拓、西部ガス、九電工**
以下のA～Dエリアに最大22万kW*の風車を設置し発電するものです。
* 一般家庭17.6万世帯相当の電力を発電予定



洋上風力の発注形式の例

発注者:
(tier0)

風力発電事業者
(例: 九電みらい)

元受け:
(tier1)

風車メーカー
(例: Vestas)

Jack-Up船
(例: 五洋建設)

基礎据付
(例: 鹿島建設)

2次受け:
(Tier2~)

部品製造
機器の輸送

港での積込み
洋上風車据付

基礎の製造
基礎の据付

▪

▪

▪

一般海域での促進区域導入プロセス (選定に2年:1年目に海域選定、2年目に事業者入札)

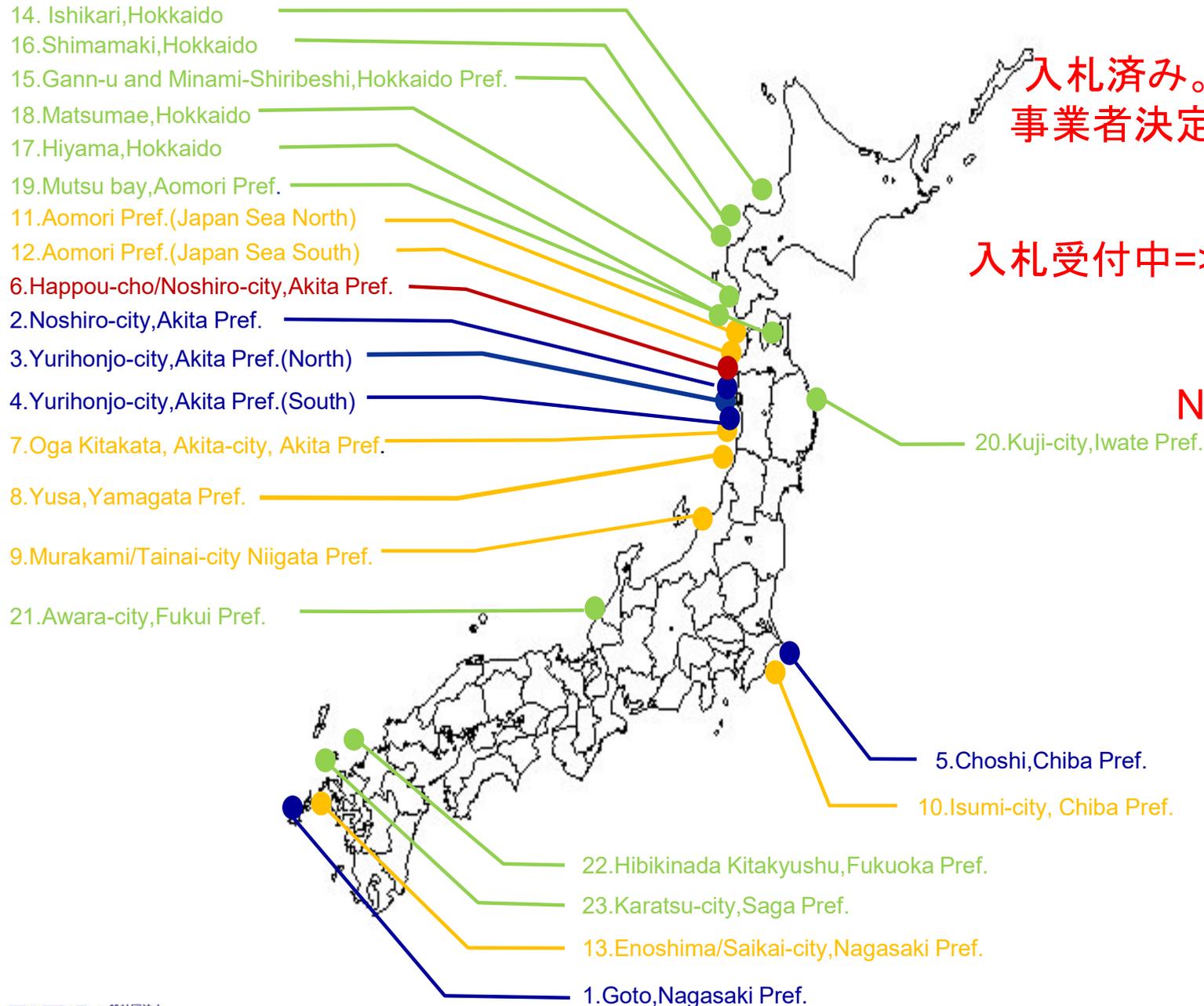


- 2019年7月、促進区域の指定に向け、一定の準備が進んでいる区域(11か所)、有望な区域(うち4か所)について、初めて公表。
- この4区域のうち、長崎県五島市沖は、昨年12月に促進区域に指定し、2020年6月より、事業者の公募を開始。残りの3か所(秋田2か所、千葉1か所)についても、本年7月21日に促進区域として指定。
- 本年7月3日、一定の準備が進んでいる区域(10か所)、有望な区域(うち4か所)につき2回目の公表。

(出典:第33回基本政策分科会)

一般海域では23海域を候補に選定中。 内、4海域・1.7GW 分は事業者が決定。

2021年12月末時点



Auction already launched

1. Goto, Nagasaki Pref.
2. Noshiro-city, Akita Pref.
3. Yurihonjo-city, Akita Pref. (North)
4. Yurihonjo-city, Akita Pref. (South)
5. Choshi-city, Chiba Pref.

Promoting Area

6. Happou-cho/Noshiro-city, Akita Pref.

Promising Area

7. Oga Kitakata, Akita-city, Akita Pref.
8. Yusa, Yamagata Pref.
9. Murakami&Tainai-city Niigata Pref.
10. Isumi-city, Chiba Pref.
11. Aomori Pref. (Japan Sea North)
12. Aomori Pref. (Japan Sea South)
13. Enoshima/Saikai-city, Nagasaki Pref.

Upcoming Area (In preparation)

14. Ishikari, Hokkaido
15. Gann-u and Minami-Shiribeshi, Hokkaido
16. Shimamaki, Hokkaido
17. Hiyama, Hokkaido
18. Matsumae, Hokkaido
19. Mutsu bay, Aomori Pref.
20. Kuji-city, Iwate Pref.
21. Awara-city, Fukui Pref.
22. Hibikinada Kitakyushu, Fukuoka Pref.
23. Karatsu-city, Saga Pref.

目次

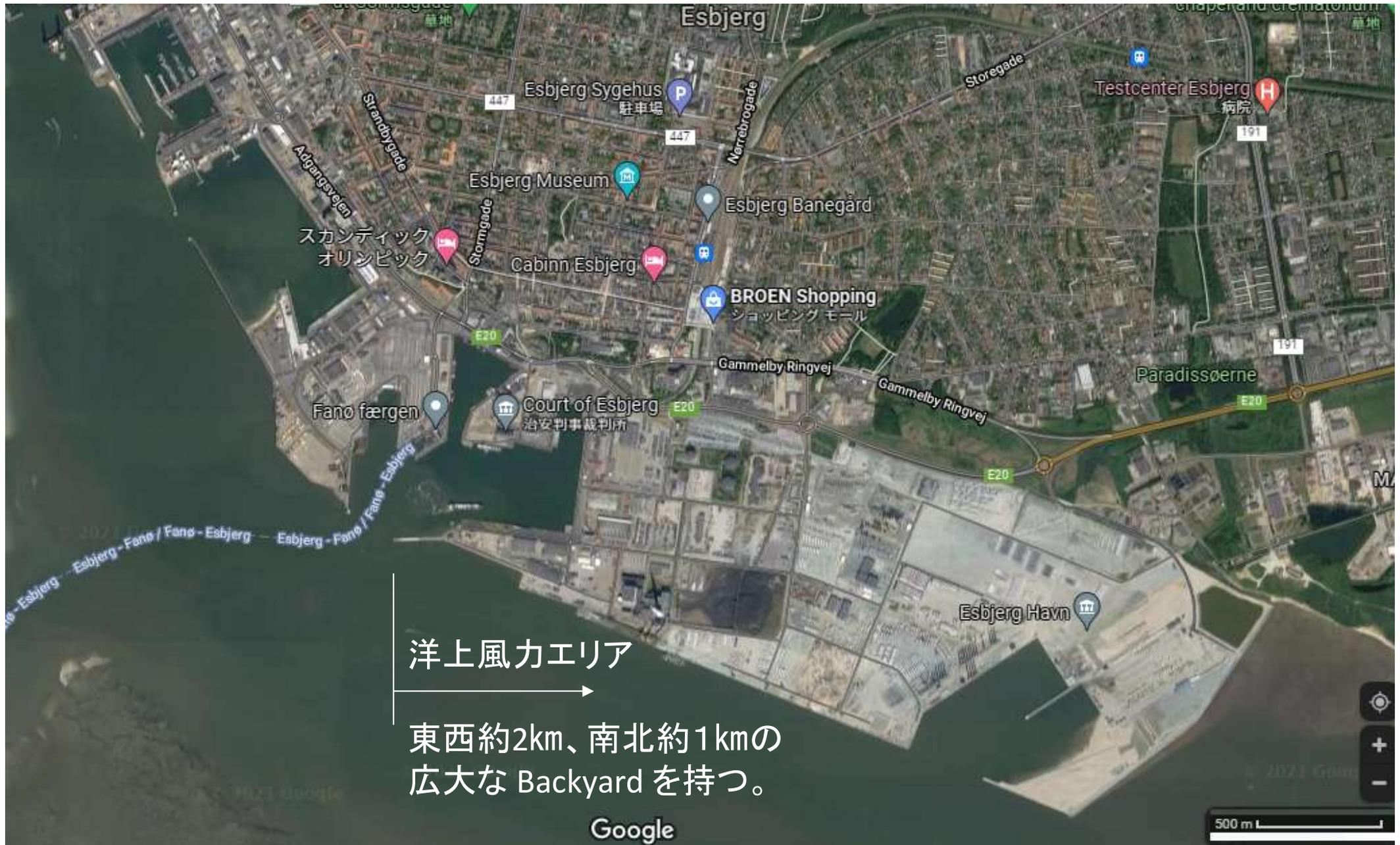
1. 洋上風力発電とは？(写真)
2. 世界の洋上風力発電(統計)
3. 洋上風力発電の開発フロー
4. 日本の洋上風力開発の歴史
5. 2018年以降の日本の動き
6. デンマークのエスビアウ港の成功例
7. 洋上風力と産業／鹿島港で成功するには？

デンマークのエスビアウEsbjerg港は 洋上風力発電の拠点港として成功した典型例

PREASSEMBLY / PROJECT INSTALLATION



Esbjerg港のGoogle航空写真 (東半分の白色の部分が洋上風力出荷拠点)



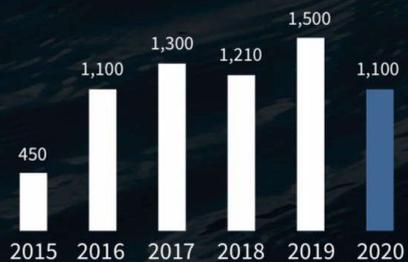
Esbjerg 港の仕様



	4,500,000 m ²
Quay length	14 km
Water depth	10.5 m MLWS
Tidal range	1.3 - 1.5 m
Project Sites	10 simultaneously
Calls per year	>100 Installation Vessels > 2,000 Crew Transfer Vessels

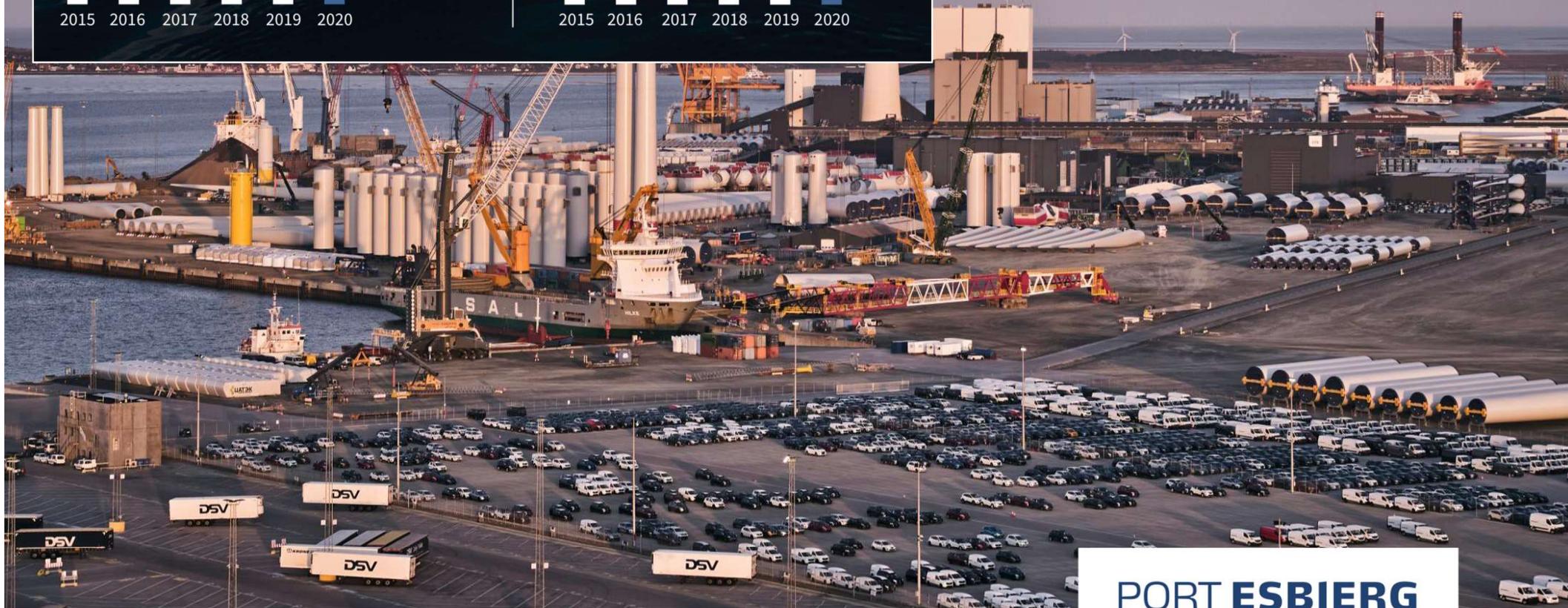
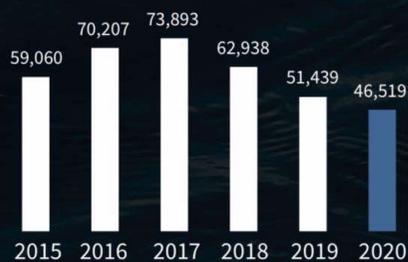
OFFSHORE WIND SHIPPED

 **1,100** MW



CARS

 **46,519**



PORT ESBJERG


拠点港の商圈の例：デンマークのEsbjerg港の例。
約600kmまでカバーしている。

MARKET REACH OF PORT ESBJERG



Logos of companies associated with the Port of Esbjerg market reach:

- Vestas
- Ørsted
- SIEMENS Gamesa RENEWABLE ENERGY
- VATTENFALL
- CADELER
- ESVAGT
- GeoSea Maintenance
- FairWind
- SEMCO maritime
- NT Offshore Marine & Offshore services
- MAINPRIZE OFFSHORE Offshore Maritime Support
- Fred. Olsen
- DJN Jan De Nul GROUP

● Projects with Port of Esbjerg involvement

漁業 → 北海油田 → 洋上風力 と時代毎に港の主役が変遷

PORT HISTORY

1873 - 2007

Fishing port



Uniquely positioned in the North Sea for fishing industry and transport to the UK

1972 →

Service hub for Danish oil & gas production



Uniquely positioned for oil/gas exploration and production in the Danish North Sea sector

2000 →

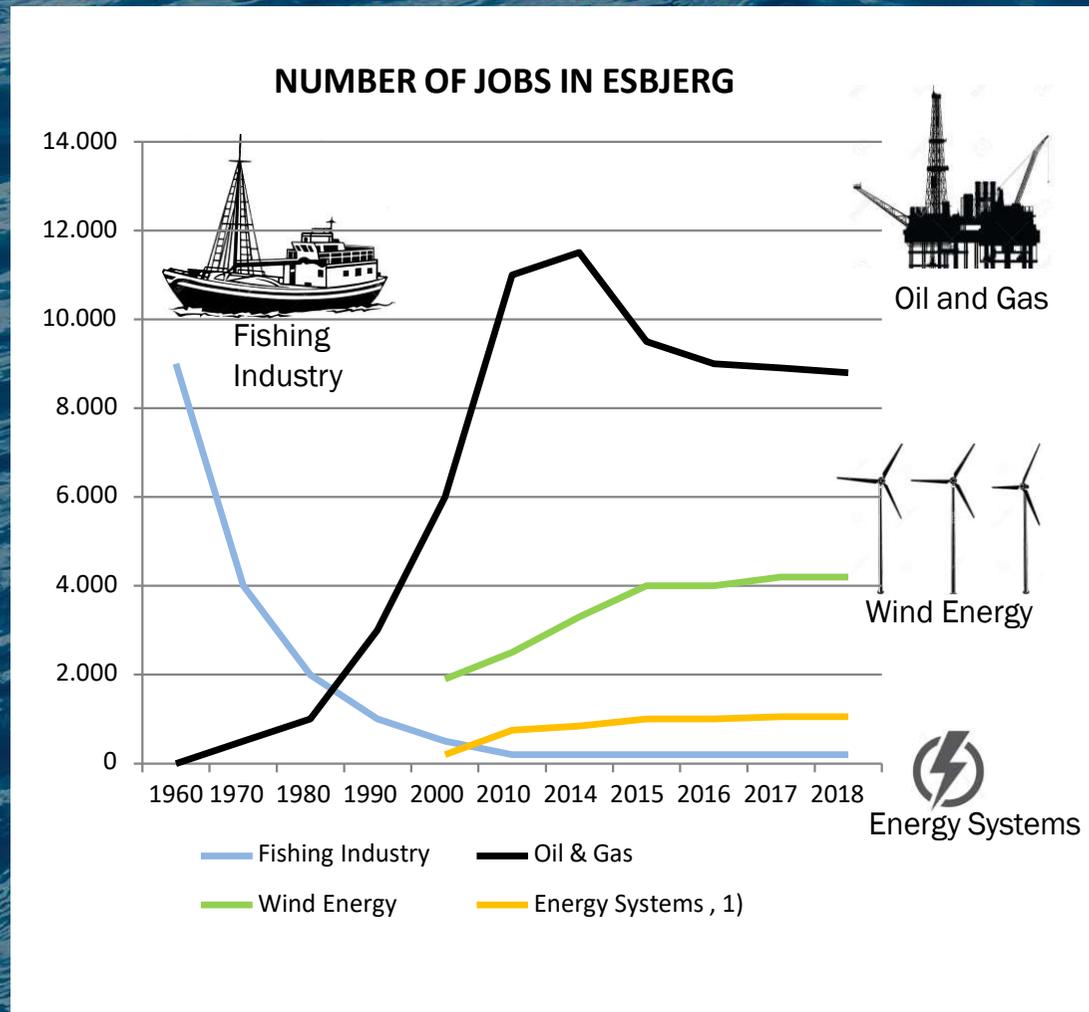
Installation/service hub for North Sea offshore wind farms



Uniquely positioned for North Sea wind farms and for wind turbine production

1868 → : Import/export - Intermodal Logistics

THE TRANSFORMATION – from fish to energy



Jobs in the Esbjerg area 2020:

Oil and gas	8,800 jobs
Wind energy	4,250 jobs
Energy systems	1,100 jobs

There are approx. 60,000 jobs within the municipality. 25 % of all jobs in the municipality are energy-related.

There are approx. 10,000 jobs within the Port area.

ROLE OF PORTS

大規模だが持続期間は約2年/projectなので次々に開発が続かないと投資回収が難しい。

陸送できる範囲内に主要機器の工場があると、継続的に機器の出荷が続く。



規模は小さいが、発電所の寿命(20~30年)の間は、継続的に経済と雇用が持続する。

Project Duration



タワーの第一節



タワーの中間段



タワー仮置き時の固定用治具



タワーの吊り上げ



ブレードの吊上用の治具が
地上固定用治具を兼ねた設計





Vestasの4MW級陸用風車のナセル
(数日前までは秋田港・能代港向けも置かれていたが
訪問時には出荷済だった。)







SGRE風車 のナセル





Assembly Site
RESTRICTED AREA
KEEP OUT
NO ENTRY FOR PASSENGERS

B C

B C

C A

Vestas の PCM (Power Converter Module : タワー基部に入る) の出荷風景



参考：2018年11月訪問時のEsbjerg港の写真



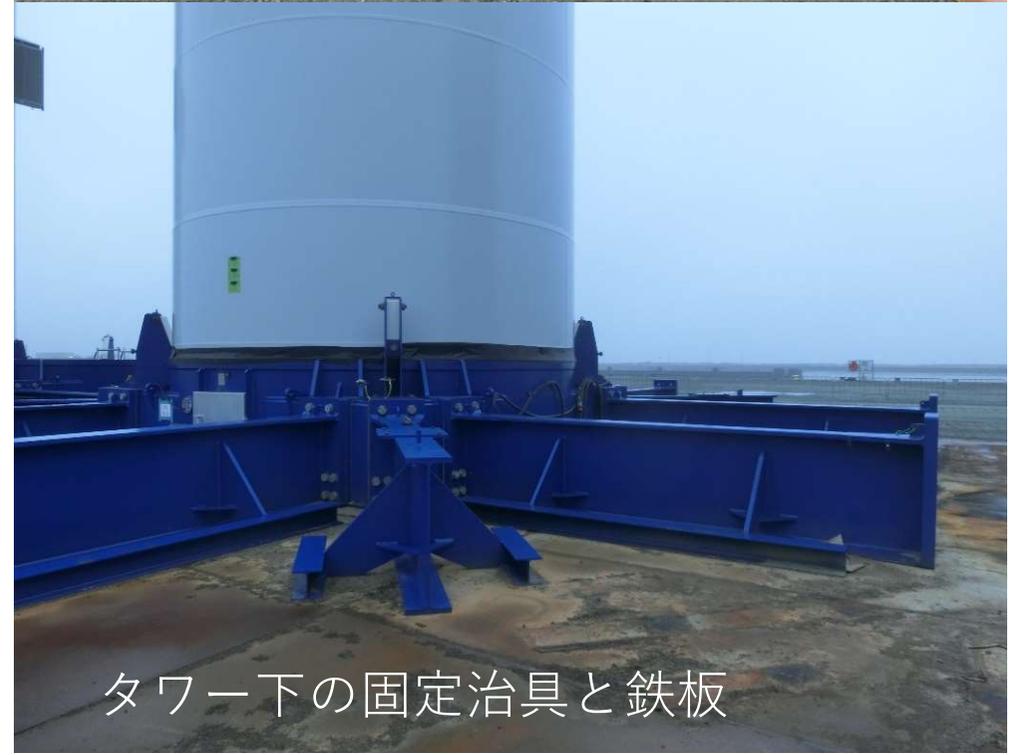
港湾内のナセル置き場には、機器の作動試験ができるように数十m置きに配電されている。
(コンセントがある)



ナセル下の固定治具と鉄板



V164風車タワー下部の羽はPCMの冷却装置



タワー下の固定治具と鉄板

エスビアウ港はなぜ成功できたのか？

- 北海という洋上風力の大市場に隣接
- 北海油田産業用で港湾インフラあり
- 陸送圏内に風車工場が存在
- デンマーク政府の継続的な政策支援

目次

1. 洋上風力発電とは？(写真)
2. 世界の洋上風力発電(統計)
3. 洋上風力発電の開発フロー
4. 日本の洋上風力開発の歴史
5. 2018年以降の日本の動き
6. デンマークのエスビアウ港の成功例
7. 洋上風力と産業／鹿島港で成功するには？

これから日本で起こること

- 1) 自治体が、洋上風力関連の Tier1, Tier2 の工場や、出荷拠点港、メンテ拠点を誘致する。
- 2) 国は補助金等でそれを支援する。
- 3) 海外企業と組織的にビジネスマッチングを行い、Tier2以下の産業も地元(国内)に誘致する。

国内調達率 60% について

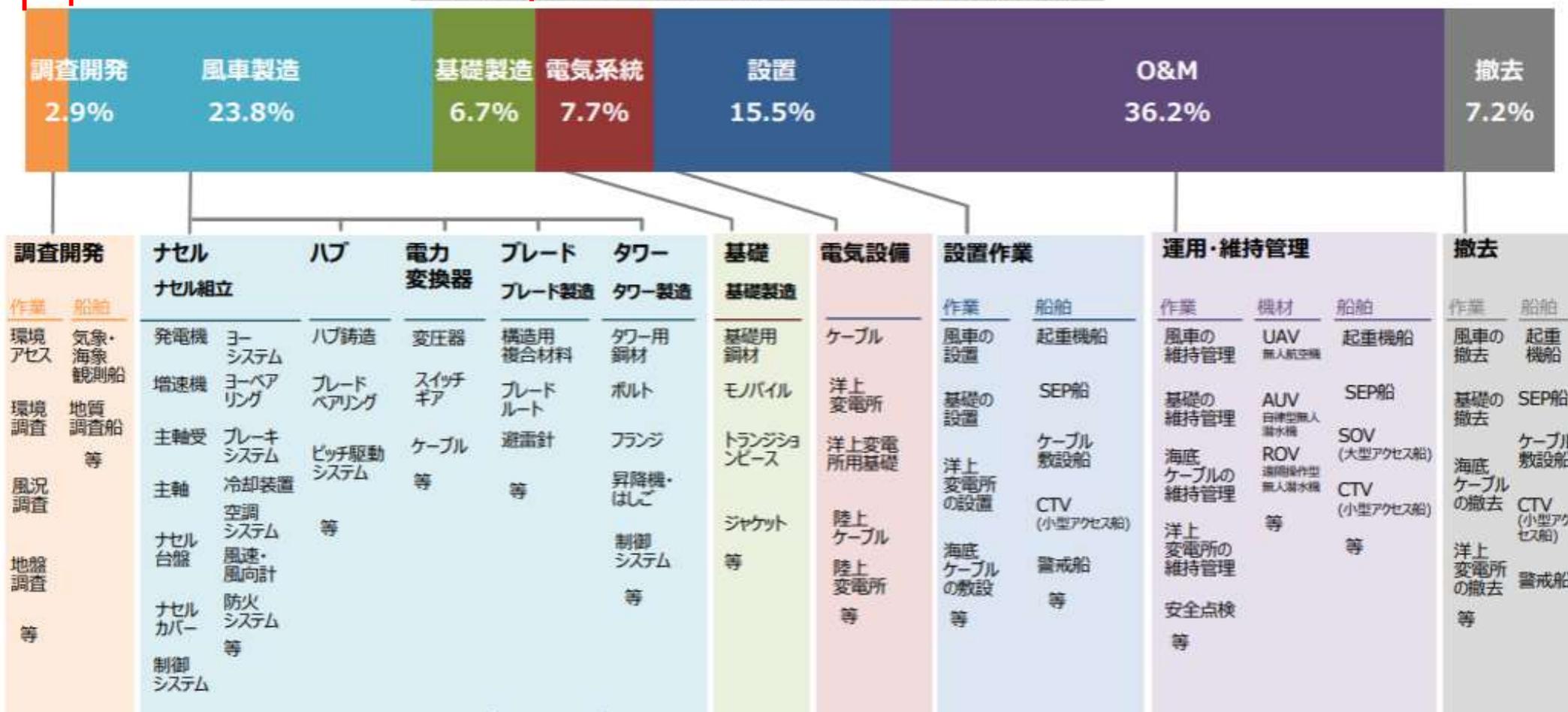
- ・カバー範囲は、機器製造だけでなく、建設とO&Mも含むLife Cycleの費用の付加価値分の60%を日本国内に誘致する。
建設・O&Mだけでは達成が難しく（使う船舶や修理部品が海外製ならその分割引く見込み）、機器製造でも国内誘致が必要。
- ・産業界からの自主的に申し出た目標値。
（英国と同様の方式）
- ・再生可能エネルギーの導入拡大する際に、国内の産業と雇用への貢献を並行して進めるのは、世界各国ではよくあること。
- ・コスト低減と両立させるために、港湾や輸送・建設のインフラ整備を整えると共に、規制緩和・標準化・量産を進めることが重要。

2 (2) サプライチェーン形成に向けた設備投資支援

- 洋上風力発電設備は、構成機器・部品点数が多く(数万点)、サプライチェーンの裾野が広い。
- サプライチェーン形成への投資を促進するため、政府としても補助金・税制等による設備投資支援を調整中。

機器製造以外が費用の70%を占める

洋上風力サプライチェーンの全体像（着床式の例）

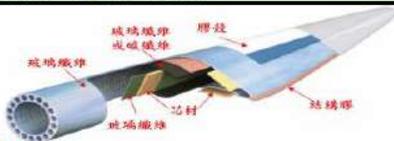


※数字 (%) は「Guide to an offshore wind farm」(BVG associates, 2019) より三菱総研が算出したLCOEに占める割合。

台湾の参考例：機器毎に担当企業を割当てて現地化を推進

Nacelle Components Supply Chain

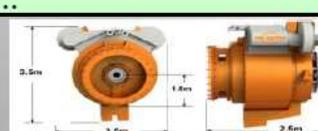
①	Blade(2024)	2020
Tien Li		
SWancor、TGI、Formosa Plastics、Boltun、Wah Lee...		



⑥	Gear Box (2024)	Evaluation
Formosa Heavy Industries		
Nan Lung、Taiwan Cheng Sheng Metal、世坤、振霖...		



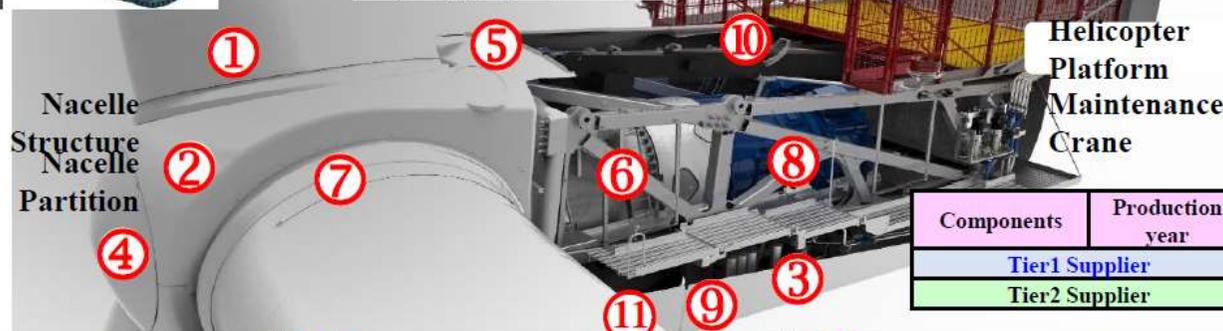
⑧	Generator (2024)	2022
TECO、Tatung		
CSC、Walsin Lihwa、Yu-Lin、Nan Lung、Kaoten Scientific、New Jeida、Prosperity、日上...		



⑩	Bolts (2023)	2020
Boltun、Chun Yu		
CSC、AzureWave、SPRING PROFIT PLATING WORK、A-OKAY.		



②	Hub(2023)	2021
③	Bed Frame(2024)	
Yeong Guan		
Sydkenn、Faith Metal、Kao Koan Enterprise、CHIN FUNG SILICA SAND、海威...		



Components	Production year
Tier1 Supplier	
Tier2 Supplier	

④	Spinner(2023)	Evaluation
⑤	Nacelle Cover(2024)	
Atech Composites		
SWancor、Eternal Materials、Ahlstrom、ICYMAX...		



⑦	Pitch System	Evaluation
Jufan Industrial		
Tongyou、Golden Asia Industrial、Parjet、億益、允宏、建興...		



⑨	Yaw Motor	Evaluation
TECO、Cheng Chang、Delta Electronics		
CSC、Walsin Lihwa、Yu-Lin、Nan Lung、Kaoten Scientific、New Jeida、Prosperity、日上...		

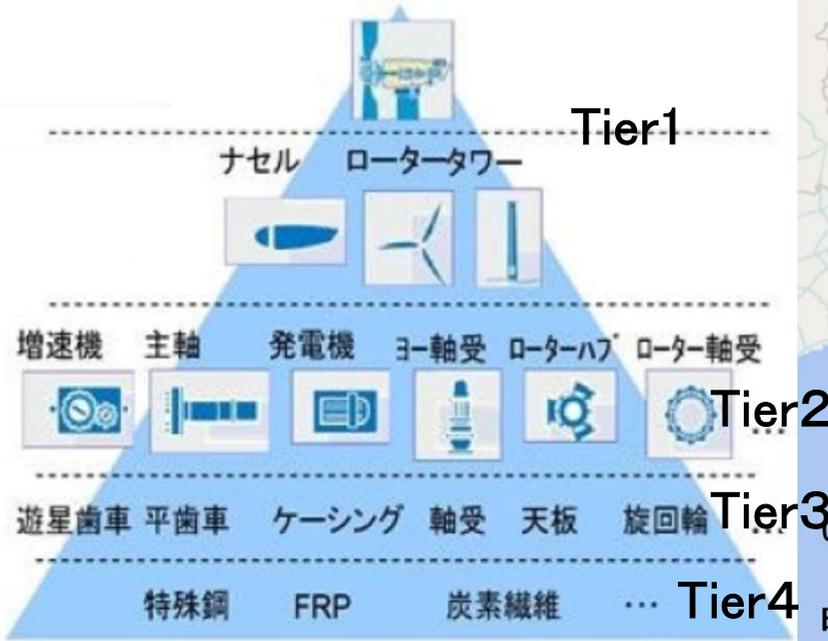


⑪	Tower (2021)	2020
ChinFong/CS Wind		
CSC		



日本の風力発電関連産業の育成 (過去の国産風車メーカーのサプライヤの復帰を促す)

- 発電機・増速機・軸受等の製造拠点が存在するも、洋上風力向けには相応の投資が必要
 - 日本は、潜在的な技術力とものづくりの基盤がある等、産業形成のポテンシャルを有している
- ⇒ 中長期導入目標があれば、市場形成の期待感から関連産業の設備投資が進展



風力発電サプライチェーンのイメージ

出典：「産業振興の側面から見た風力発電への期待～東北復興とエネルギー政策の見直しに向けた考察」(Mizuho Industry Focus Vol.99, 2011年7月20日)5ページ【図表Ⅱ-1】



国内の風力発電関連産業の分布

出典：「国内風力産業に関するJWEAの見解と方向(産業側面)」
(2019年12月4日 第41回風力エネルギー利用シンポジウム 日本風力エネルギー学会 松信隆)より引用

【参考】サプライチェーン対策のための国内投資促進事業費補助金

地域経済産業グループ 地域産業基盤整備課
03-3501-1677

令和2年度第3次補正予算額 **2,108億円**

事業の内容	事業イメージ
<p>事業目的・概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 新型コロナウイルス感染拡大に伴い、我が国サプライチェーンの脆弱性が顕在化したことから、国内の生産拠点等の確保を進めます。 ● 具体的には、生産拠点の集中度が高く、サプライチェーンの途絶によるリスクが大きい重要な製品・部素材、または国民が健康な生活を営む上で重要な製品・部素材について、国内で生産拠点等を整備しようとする場合に、その設備導入等を支援します。 <p>成果目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国内における生産拠点等の整備を進め、製品等の円滑な確保を図ることでサプライチェーンの分断リスクを低減し、我が国製造業等の滞りない稼働、強靱な経済構造の構築を目指します。 <p>条件（対象者、対象行為、補助率等）</p> <div data-bbox="156 1085 985 1372"> <p>大企業：1/2以内～1/4以内 中小企業等：2/3以内～1/4以内 ※補助対象経費の額に応じて段階的に補助率は低減する</p> </div> <p>※補助対象経費：建物・設備の導入</p>	<p>(1) 生産拠点の集中度が高い製品・部素材の供給途絶リスク解消のための生産拠点整備</p> <p>(例) 半導体関連、電動車関連等、サプライチェーンの途絶によるリスクが大きい重要な製品の生産拠点を日本国内に確保</p> <div data-bbox="1120 606 2038 989"> </div>
	<p>(2) 国民が健康な生活を営む上で重要な製品・部素材の生産拠点等整備</p> <p>(例) 感染症への対応等のために必要不可欠な物資・原材料等に係る国内における生産拠点整備</p> <div data-bbox="1187 1244 1904 1468"> </div>

東芝が洋上風車組立、JFEが洋上基礎の製造、日立造船が浮体式洋上風力用セミサブ浮体を量産へ。

GEと東芝が洋上風力発電システム分野において戦略的提携契約を締結

プレスリリース

再生可能エネルギー

戦略・施策

2021年5月11日

GEリニューアブルエナジー
東芝エネルギーシステムズ株式会社

- ・GEと東芝は、GEの洋上風力技術を活用して、日本の洋上風力市場の成長に貢献すべく両社で協力します
- ・両社は、日本の洋上風力の発展に向けてそれぞれの強みを持ち寄ります
- ・日本の洋上風力の発電容量は、2040年までに30GWから45GWまで成長すると予測されています

東京（2021年5月11日）—GEリニューアブルエナジーと東芝エネルギーシステムズは本日、GEのHaliade-X洋上風力タービンの製造プロセスの主要な工程を日本国内で行い、同国でのビジネスを促進するための戦略的提携契約に署名したと発表しました。この戦略的合意は、GEと東芝の国内外での長期的な関係に基づくものであり、今後、日本においてGEの洋上風力技術が競争力を高めることとなります。提携の一環として、両社は、技術、製造設備と生産技術、建設、運用、メンテナンスといった専門知識を提供します。



GE Haliade-X

JFE、洋上風力に参入へ 土台工場など400億円投資

SankeiBiz 2021.5.26 06:00

JFEホールディングスは25日、洋上風力発電事業に参入すると発表した。海底に固定する風車の土台の製造工場を国内で初めて建てるなど、総額約400億円を投じる。土台の生産は2024年4月に始める計画。脱炭素社会の実現に向け、政府が洋上風力の導入拡大を掲げたことに対応する。

工場の建設場所は明らかにしていないが、傘下のJFEエンジニアリングが22年度に着工する。鋼材を手掛けるJFEスチールの洋上風力向け厚板の製造設備は、西日本製鉄所倉敷地区（岡山県倉敷市）にあり、21年6月に稼働予定だ。出力が12メガワット級の洋上風力1基では「モノパイル」と呼ばれる土台が直径10メートル前後、長さ約80メートル、重さ約1400トンになり、加工・溶接や防食塗装に高度な技術が必要だ。グループの技術力を生かし、国内シェア50%の獲得を目指す。

JFEグループは、陸上風力発電事業で培ったノウハウにより、洋上風力の運営管理や保守点検にも参画し、再生可能エネルギー事業の拡大を図る。

日本経済新聞

日立造船、洋上風力の基礎部増産 30年に年50基

2021/6/26付 | 日本経済新聞 朝刊

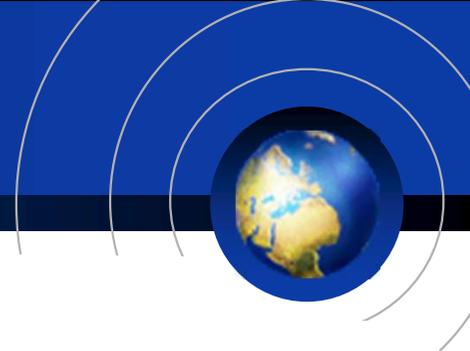
保存 共有 印刷 ツイット フェイスブック その他

日立造船は2030年までに洋上風力発電の設備を海に浮かべる鋼鉄製の基礎部分の生産能力を現在の年4基から同50基に増やす方針だ。2カ所の工場にクレーンなどを新たに導入して生産能力を増強するほか、生産委託先も増やす。脱炭素の流れで国内で洋上風力発電の拡大が見込まれるため、増産体制を整えて需要増に備える。

増産するのは風車などの発電設備を海に浮かべる「浮体式」の洋上風力発電の基礎部分。まず25年をめど…

Vestas社が日本のサプライヤーチェーン強化を表明 (2021年8月2日発表)

<https://kyodonewsprwire.jp/release/20210802844>



TOP > Vestas Asia Pacific > ベスタス、経済産業省の…

ベスタス、経済産業省の「サプライチェーン対策のための国内投資促進事業費補助金」採択事業者に決定

Vestas Asia Pacific
© 2021/8/2 18:43

AsiaNet 90965

持続可能なエネルギーソリューションの世界的リーダー
ベスタス、経済産業省の「サプライチェーン対策のための
国内投資促進事業費補助金」採択事業者に決定

【シンガポール2021年8月2日PR Newswire】

持続可能なエネルギーソリューションの世界的プロバイダーであるVestas（以下、ベスタス /デンマーク オーフス、CEO：ヘンリック・アンダーセン）の日本法人、ベスタス・ジャパン株式会社は、この度日本の経済産業省の「サプライチェーン対策のための国内投資促進事業費補助金」（2次公募）の採択事業者に選定されました。

この補助事業は、重要な製品および部材への支援を通じて国内のサプライチェーンの強靭化を図ると同時に、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の拡大による供給途絶リスクを最小化することを目的に、予算総額2,095億円を得て行われるものです。対象となる製品には、洋上風力タービンの部品をはじめとするグリーンエネルギー製品も含まれています。

日本国内にある既存の風力発電サプライチェーン強化のために、ベスタスは洋上風力入札で納入業者に選定された場合、この補助事業を活用して国内の製造組立施設の整備を進め、毎年、十分な量が供給できるようにしていく計画です。この施設は洋上風力タービンナセルのモジュールの提供や組立を行うだけでなく、日本の先進的製造技術を活用して継続的にベスタスの生産機能を改善していく役割も果たします。

ベスタスのアジアパシフィックにおけるプレジデント兼CEO、パーヴィン・パテル（Purvin Patel）は、「ベスタスは採択事業者となったことを誇りに思い、今後、日本政府やお客様、国内産業界と協力して持続可能な洋上風力発電の発展に取り組んでまいります。今回の制度を活用して、当社は国内サプライチェーンの強化、グリーンエネルギー分野における雇用促進を図り、2050年までにネットゼロを実現する日本の野心的な目標達成に貢献していく所存です」と述べています。

ベスタスは、「サプライチェーン対策のための国内投資促進事業費補助金」の2次公募の対象と認められた272の事業者のうち、厳正な審査を経て採択された151社のうちの1社であり、洋上風力発電ソリューションを提供するメーカーとして、他の7社とともに選ばれています。

ベスタスは今年4月、グローバルなサプライチェーンを強化し、継続的に日本の風力発電業界のサプライチェーンの発展を図っていくために、日本で初の「サプライヤーズデー」を開催しています。また、三菱重工業株式会社との合併会社であるMHIベスタスジャパンと密接に連携し、日本の風力発電市場の需要とコスト競争力に応じて今後、さらに国内サプライチェーンの整備を検討してまいります。

■ベスタスについて

ベスタスは、持続可能なエネルギーソリューションに関するエネルギー業界のグローバルパートナーです。世界中で陸上および洋上風力発電設備の設計、製造、設置を含めたさまざまなサービスを提供しています。これまで世界84カ国、136GW以上の風力発電設備を設置し、最も多くの実績を上げています。業界をリードするスマートデータ機能と、117GWを超える圧倒的な数の風力タービンを稼働させ、データを利用した風力資源の解釈、予測、活用により、ベストインクラスの風力発電ソリューションを提供しています。ベスタスの29,000人を超える従業員は、明るい未来を実現するために、お客様と共に持続可能なエネルギーソリューションを世界中にもたらしています。

今の日本の洋上風力開発は明治維新と同じ 今までになかった産業を育てる

- 経験のある欧米企業とビジネスマッチング
- ノウハウを日本企業に導入する。
- 習熟に伴い、日本化を進める。
- 関連工場の日本誘致は大歓迎。
- 将来は、アジア圏への輸出・海外進出へ。

関連する工場を誘致するには？

あると良い条件

- 広い場所(港湾部が良い)の確保
- 主体となる地元企業の存在
- 協力先企業(風車メーカーやメンテ企業)とのコンタクト
- 従業員・作業員の確保(大学や高専の協力)
- 資金援助(補助金、税金や公共料金の優遇)
- 中央官庁とのコンタクト(政策や補助金)

定石

- 地元企業による期成会(工業会)の設立
- 洋上風力関係のイベントの開催
- ビジネスマッチング会(含む海外企業)の開催
- 先進地域・先行事例(海外&国内)の視察
- 大型部品だけでなく、小部品(Tier2以下)にも商機がある

2021年の日本の状況

- 各国の大使館が、競って洋上風力発電のセミナーを開催中。目的は自国企業の日本企業への売り込み。
- 春開催：英国(2/24)、ドイツ(2/25,26)、オランダ(3/2)、デンマーク(3/9,23)、スペイン(5/26)、ノルウェー(5/25)、ポーランド(6/9)
- 秋開催：オンラインやリアルなビジネスマッチング会
 - Global Offshore Wind Summit Japan 2021(北九州10/7・8)
 - スペイン企業ビジネスマッチング会(オンライン、10/26・27)
 - WindEurope大会へ視察団派遣(コペンハーゲン、11/23・24)

スペイン(バスク地方)の洋上風力産業Map



出典: スペイン大使館

バスクの企業は、風力発電所の開発～O&Mに至るまで、バリューチェーンの全範囲に及んでいます。
 □□で囲んだ企業をクリックすると、ファイルに直接移動します。

IPP 企業 IBERDROLA ENERGIEN EUSKAL ERAMUNDIA	機器およびコンポーネントの設計・製造		風力発電所建設	操作とメンテナンス	
	風力タービン 設計・組立 	エンジニアリ 		KIMUA eldu Liftra EUROCONTROL SAAVEDRA Incomimex slingsintt DOMINION	SIEMENS Gamesa IBERDROLA aerblade Ingeteam INALIA bet ALERION MAXWIND mebeo eldu Liftra texascontrols nabra wind power slingsintt PcVue Solutions S.O.L. OILER, S.L. SAAVEDRA TAMOIN DOMINION Nervión
	ローター 	タワー 	ナセル 	エネルギー転換 	
	オフショア・フローティング・プラットフォーム 	システム接続、洋上変電所 		補助装置およびサービス オフショアサービスおよび機器 	
監視・データ分析 	吊り上げおよび安全装置およびエンジニアリング 		吊り上げおよび安全装置およびエンジニアリング 		

実証・検証 (大学、テクノロジーセンター、インフラ機関)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

スペインの例：
地域内の約40社を
定型書式で紹介。

Supply Chain内の
位置づけ、連絡先を
簡潔に把握可能。

会社概要	社名	EUSKAL FORGING, S. A	
	ウェブサイト	https://euskalforging.com	
	連絡先	名前	(Mr.) José Luis Azurmendi
		役職	Commercial Director
		Email	joseluis.azurmendi@euskalforging.com
	本社	イルラ(ギブスコア)	
	設立	1969年	
従業員数	170人		
海外での経験(国)	日本/アルゼンチン/オーストラリア/EU/ベラルーシ/カナダ/チリ/中国/USA/UAE/インド/インドネシア/イスラエル/モロッコ/メキシコ/ペルー/ノルウェー/南アフリカ/トルゴ。		



活動	プロジェクト開発・立地	組立・設置	基礎	風車設計・開発	系統連携	O&M	サポートサービスと補助機器	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	活動詳細	洋上風力設備用鋼製フランジ製作の世界的リーダー。						
	技術/製品	洋上風車の基礎用シームレス熱間圧延リング。						



日本も同様に
整備していくべき。

主な風力プロジェクト	プロジェクト	国	建設中 (MW)	稼動中 (MW)	技術 (陸上/洋上)	注記
	ドッガーバンク A	U.K.			洋上	モノパイル用外径>8m のフランジ 95 枚。
	ハイウィンド タムベン	ノルウェー			洋上	世界最大浮体式ウィンドウパーク用フランジ。
	フォルモサ	台湾			洋上	モノパイル用フランジ。
	雲林	台湾			洋上	モノパイル用フランジ。
	Hollandse Kust Zuid 1/2/3/4	オランダ			洋上	TP 無し基礎用世界最大のフランジ。

総容量 (MW) (建設中および稼動中)	陸上風力	建設中	-
		稼動中	外径 6m 以下のリングは年間 2,000 以上の生産能力。
	洋上風力	建設中	-
		稼動中	外径 6m 以上のリングは年間 1,000 以上の生産能力。

日本企業と海外企業の協力例

緑: 機器製造・輸送

黒: 海外事業

赤: 国内事業

年月	日本企業	海外企業	協力内容
2012年11月	日立造船	現 Equinor(ノルウェー)	浮体式洋上風力開発の技術協力
2014年1月	三菱重工業	Vestas(デンマーク)	洋上風車製造販売の MVOW を設立
2015年3月	日立造船	IDEOL(フランス)	浮体式洋上風力開発の技術協力
2015年11月	三菱商事 千代田化工	Principle Power(米国)	WindFloat Atlantic 浮体式洋上風力開発(ポルトガリ沖)に出資
2016年	佐藤鉄工	Sif(オランダ)	着床式のモノパイル基礎の調達
2018年8月	出光興産	Equinor(ノルウェー)	Hywind Tampen 浮体式洋上風力開発(ノルウェー沖)に出資
2018年9月	J Power	ENGIE(フランス)	浮体式洋上風力の事業化
2018年12月	JERA(東電・中電)	Macquarie(豪州) Swancore(台湾)	台湾のフォルモサ1 洋上風力開発(128MW)への出資
2019年1月	東京電力	Orsted(デンマーク)	銚子沖の洋上風力開発
2019年4月	双日、四電、中国電、中電工、ENEOS	Wpd(デンマーク)	台湾の雲林(Yunlin)洋上風力開発(640MW)への出資
2019年4月	九州みらい	E.ON(ドイツ)	着床式洋上風力の事業化
2020年5月	東京ガス	Principle Power(米国)	浮体式洋上風力開発に出資
2020年6月	JERA	IDEOL(フランス) ADEME(フランス)	英仏での浮体式洋上風力の事業化
2020年7月	三菱重工業	CIP(デンマーク)	北海道沖の洋上風力開発
2020年9月	アカシアリニューアブルズ	Iberdrola(スペイン)が買収	日本の洋上風力開発
2021年6月	清水建設	Fred.Orsen Ocean(ノルウェー)	洋上風車の建設工事
2021年6月	ENEOS	IDEOL(フランス)	浮体式洋上風力の事業化
2021年7月	日本海事協会	Carbon Trust(英国)	洋上風力普及のための課題解決で提携
2021年9月	清水建設	Heerema Marine Contractors(蘭)	浮体式洋上風力の事業化

一般社団法人 日本風力発電協会 (JWPA)



■ 沿革:

- 2001年12月17日：任意団体設立
- 2005年 7月 4日：有限責任中間法人設立
- 2009年 5月27日：一般社団法人へ移行
- 2010年 4月 1日：風力発電事業者懇話会と合併



■ 基本理念

- 我が国のエネルギーセキュリティ向上ならびに地球環境問題の解決に貢献する。
- 全ての関連産業、企業が結集して、風力発電産業の健全な発展を図る。
- 我が国を代表する風力発電産業団体として、その責務を強く自覚し、行動する。
- 内外に影響力を行使できる機能・能力を持つ。説明責任を果たし法令を順守する。

■ 会員構成

- 日本の風力発電を産業面で代表する組織
- 風力発電に係る全ての業種 **507社・団体** (2021年12月15日現在)
 - 風力発電事業者、風車メーカー、風車代理店、部品メーカー
 - 土木建築、電気工事、輸送建設、メンテナンス、コンサルタント
 - ファイナンス、保険、風力発電立地自治体(市町村、公営企業)など
- 国内風力発電設備容量の**約85%**を会員がカバー

今回の説明の概要

- 洋上風力発電は、世界では今年年商 3兆円の規模、2025年には年商10兆円規模の成長産業。今後の中心は東アジアになる。
- 日本は2020年10月に菅首相がゼロカーボンを宣言。同12月の第2回官民協議会で「洋上風力産業ビジョン」を発表。2030年までに10GW(累計約5兆円)、2040年までに30~45GW 2040年までに 8~9円/kWh と 国内調達率60% を目指す。
- 2030年までは 4千~8千億円/年、2031~40年は 約1兆円/年の直接投資が日本国内に行われる。関連投資(港湾・送電系統・機器製造 等)はその数倍の金額になる。
- 洋上風力開発では、事前調査~開発~機器製造~輸送(水陸)~貯蔵~建設~O&M で多種多様な仕事がある。経験のある海外・国内の企業と提携・協力するのが、受注の早道になる。
- 上手に産業誘致できれば、地域経済と雇用に大きく貢献できる。拠点港には投資と雇用が生まれる。特に鹿島港は太平洋側に競合港がないので、先手を取る好機がある。