

2050CN実現のための
基地港湾のあり方検討会
2022年2月17日

国内外の洋上風力発電の将来展望 ～脱炭素の最有力手段～

足利大学 理事長

牛山 泉

講演項目

1. 再生可能エネルギー導入の動き
2. 進展する海外の洋上風力発電
3. 日本の洋上風力発電
 3. 1 急伸する日本の洋上風力発電
 3. 2 モデル基盤港湾としての北九州港

温暖化により頻発し劇甚化する 世界各地の自然災害

2020-2021 気候危機

2020年1月 ジャカルタの洪水 1-2月 オーストラリア山火事

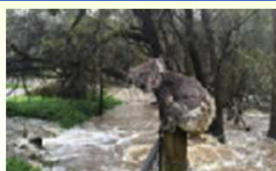


7月 西日本豪雨



7月 シベリア熱波山火事

1-3月 オーストラリア洪水



8月 韓国・台風洪水

4月 中国雲南省干ばつ



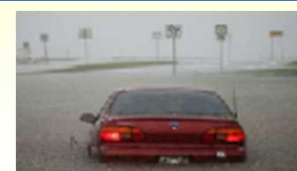
7-9月 アマゾン大火災

5月 サイクロンアンファン インドとバングラデシュ



8-9月 カリフォルニア大火災

6月 エルサルバドル・アマンダ



8-9月 カリブ海マルコ・ローラ



11月 フィリピン台風ゴニ



11月 ソマリア サイクロンガチ



2021年1-3月 東アジア欧州北米大寒波



3-4月 中国黄砂



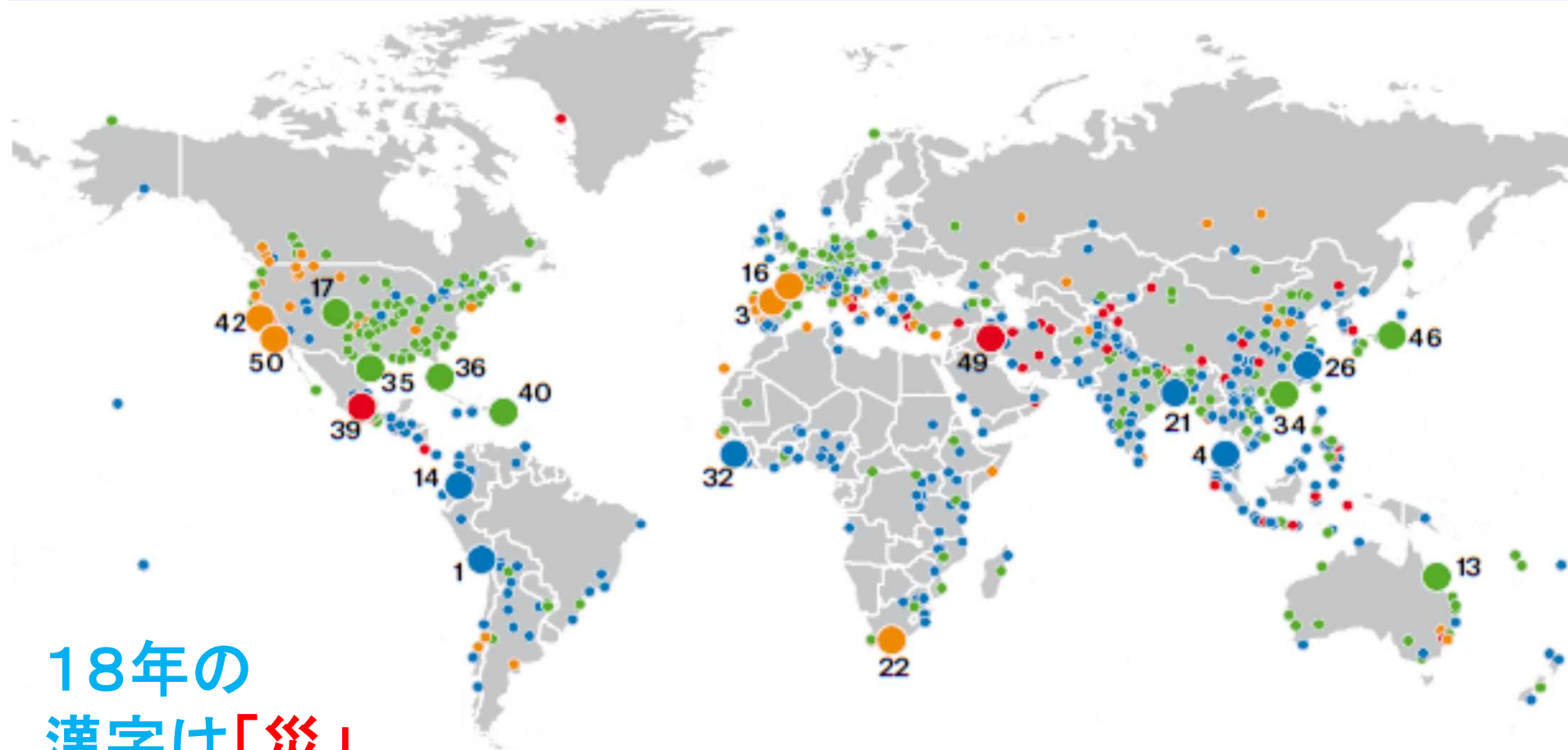
7月 令和3年集中豪雨



6-7月 北米熱波



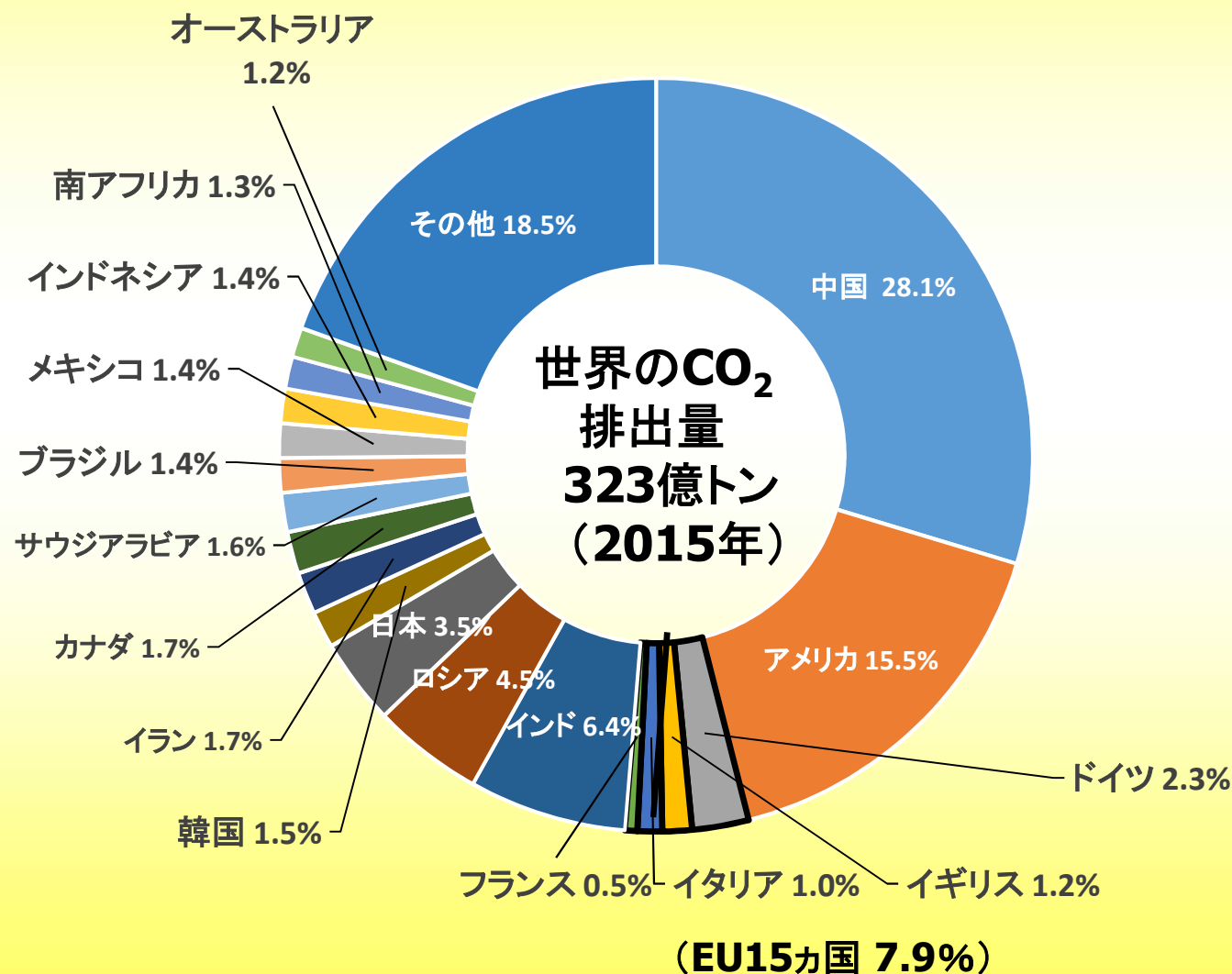
世界の自然災害地図 2017 730件の災害発生



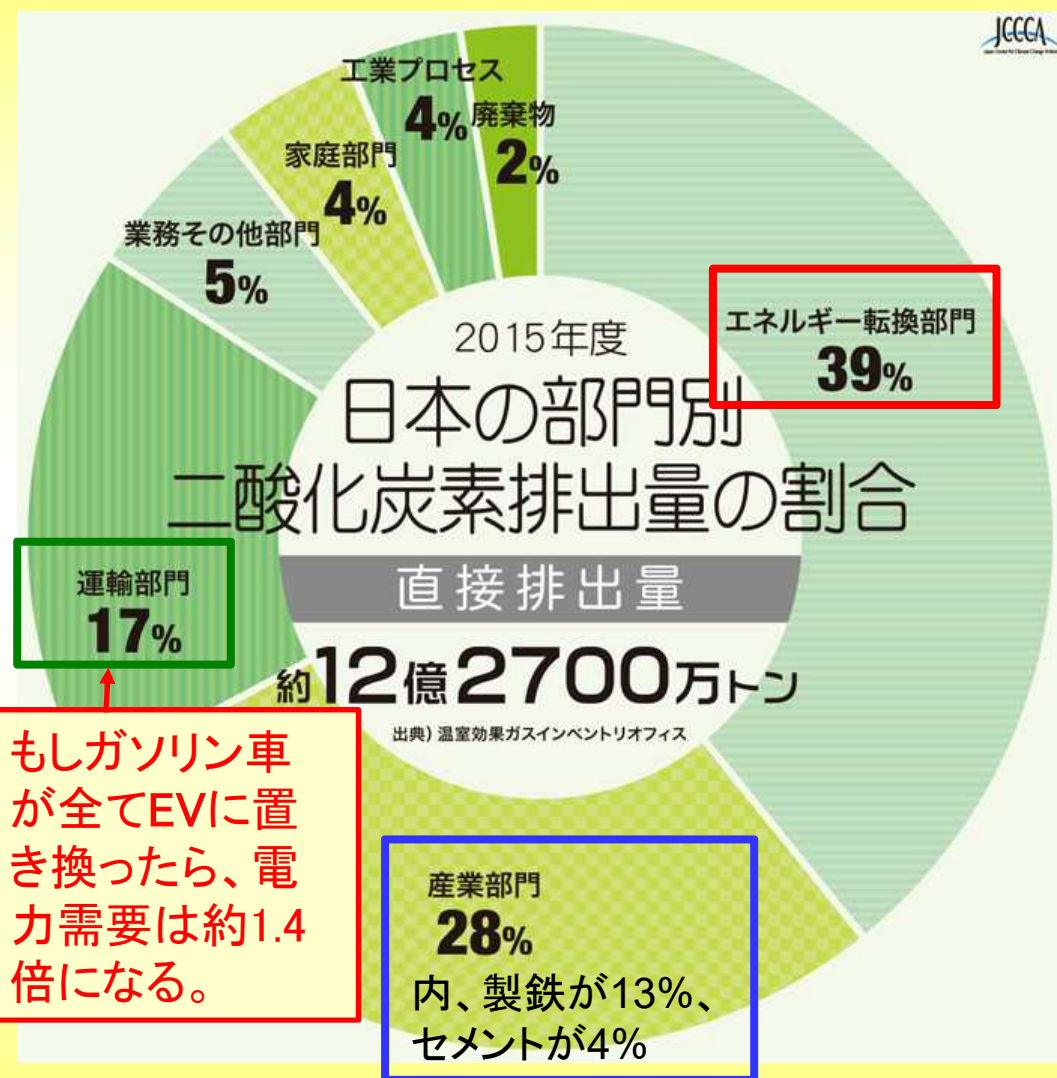
● 重大な20件の事象 全体の損害額と死者数が基準

- 地球変動事象: 地震、津波、火山活動
- 気象事象: 熱帯暴風雨、亜熱帯嵐、台風、嵐
- 水文事象: 洪水、集中豪雨
- 気候事象: 極度気温上昇、干ばつ、山火事

世界のエネルギー起源CO₂排出量



温暖化防止には再生エネ導入拡大が必須



温暖化を2度以下に収めるには、**CO2排出の70~40%削減が必要**。これには発電(エネルギー転換部門)だけでは足りない。

次は運輸部門の脱炭素化(EV化、鉄道への転換)も必要になる。

その次は産業部門の大口(製鉄とセメント)での対策になるが製法(化学)的に難しい。

製鉄やセメント製造の脱炭素化のコストは、再生可能エネルギーや電気自動車への転換コストよりも、はるかに大きい。

↓
安価に対策可能な発電でCO2を排出するのは **費用対効果を考えると馬鹿げている**。

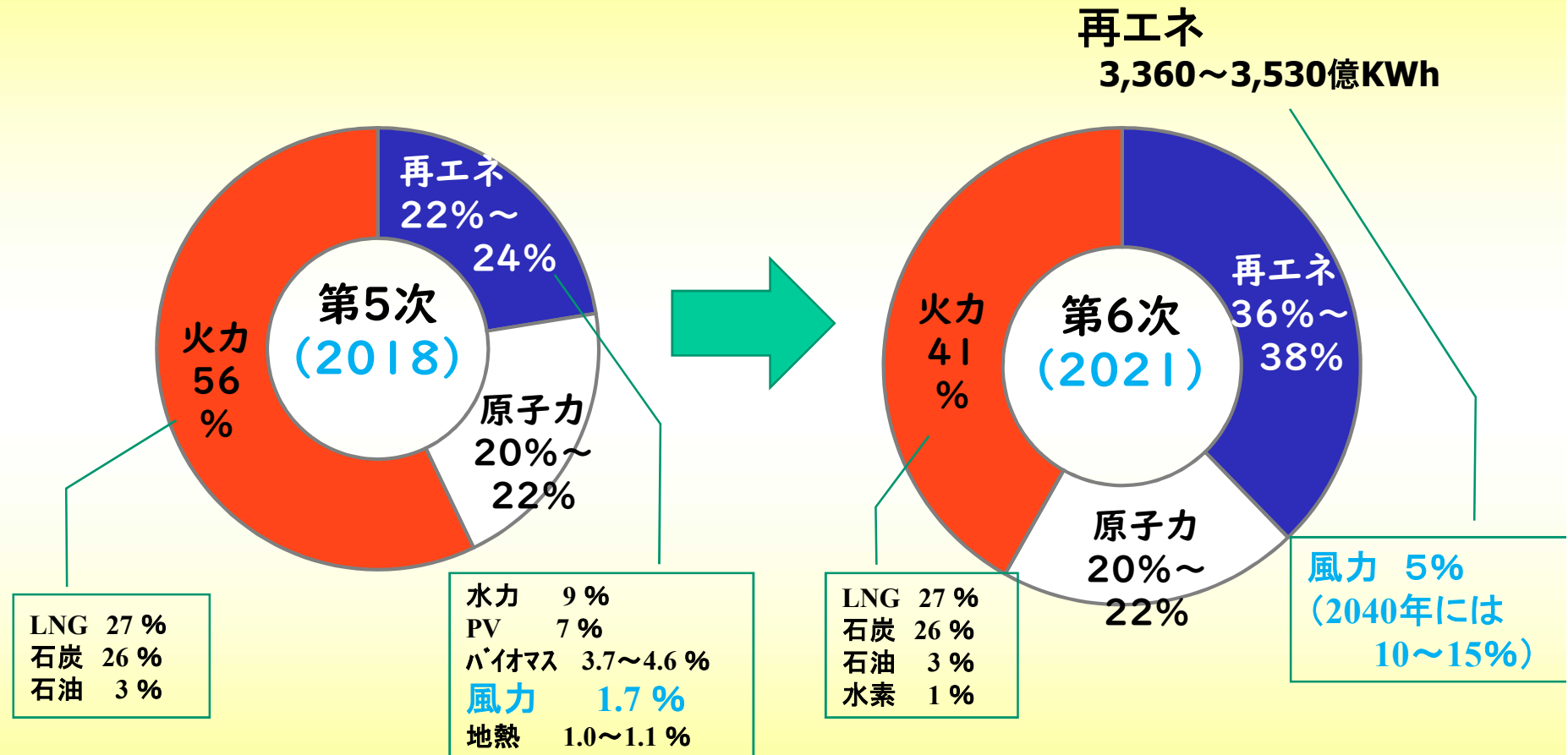
製鉄

- ・コークスの乾溜、高炉での製鉄、
鋳鉄の精錬(脱炭)、の各段階で大量のエネルギー消費(炭酸ガス排出)する。

セメント製造

- ・石灰石(CaCO_3)を焼成して中間材料のクリンカー(CaCO 他)を製造する際に、
化学反応で大量にCO2が出る。

第6次エネルギー基本計画



講演項目

1. 再生可能エネルギー導入の動き
2. 進展する海外の洋上風力発電
3. 日本の洋上風力発電
 3. 1 急伸する日本の洋上風力発電
 3. 2 モデル基盤港湾としての北九州港

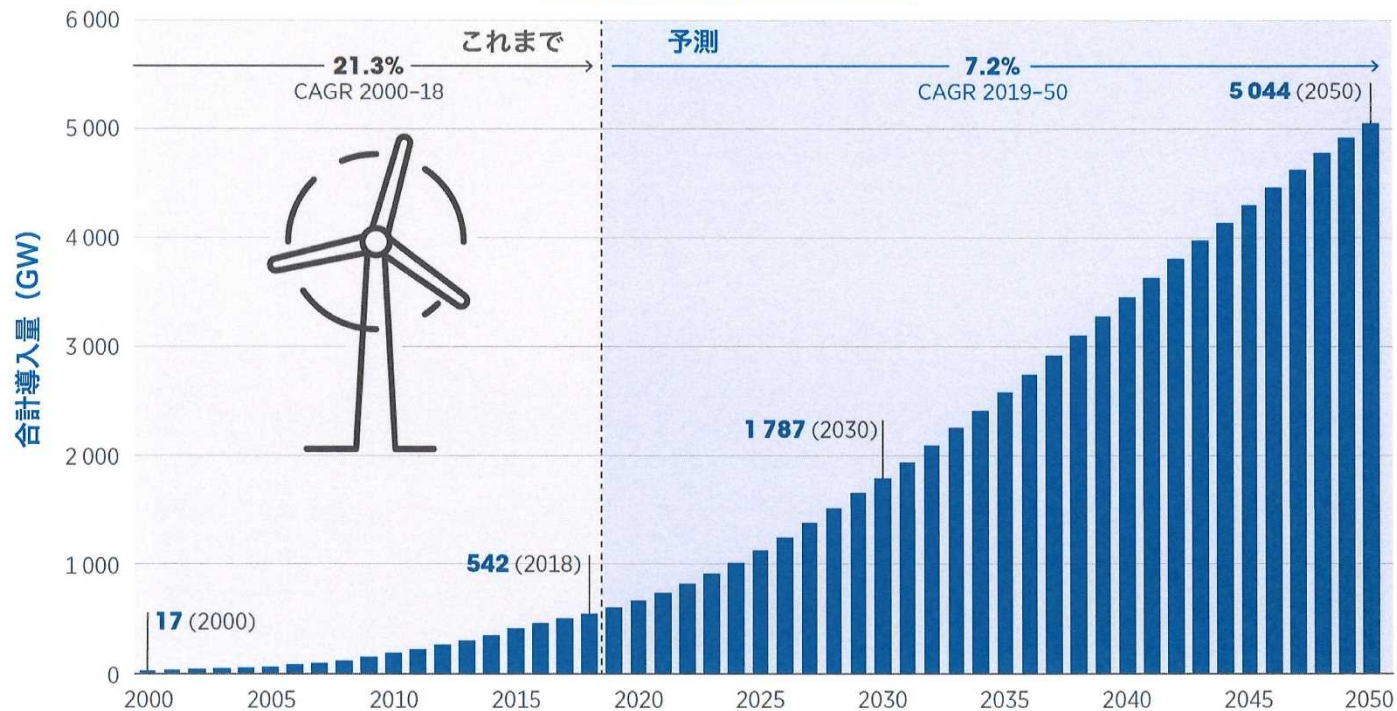
世界の風力発電導入実績

世界で **40万台・743GW** の風車が稼働し、世界の電力の約**5 %**を供給

エネルギー転換：陸上風力

陸上風力の世界合計導入容量は2030年までに現在の3倍となり2050年までには約10倍となる

世界全体陸上風力導入量



Source: Historical values based on IRENA's renewable capacity statistics (IRENA, 2019d) and future projections based on IRENA analysis (IRENA, 2019a).

source: IRENA 2019a, Future of Wind

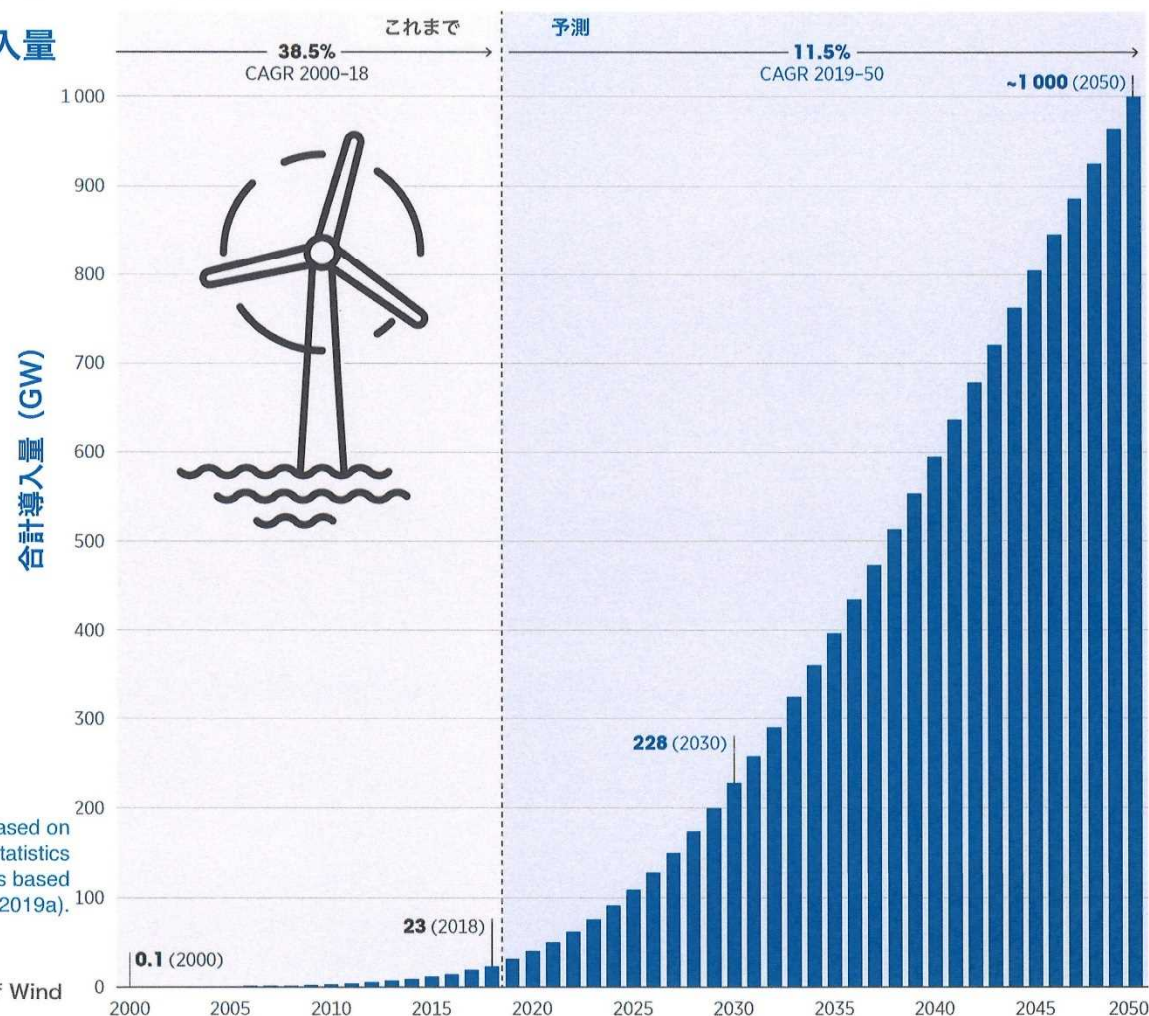
急伸長する世界の洋上風力発電

2020年現在**35GW**が稼働、2050年までに**1,000GW**の導入が見込まれる

エネルギー転換：洋上風力

世界全体洋上風力導入量

洋上風力の世界合計導入容量は2050年までには1,000GWとなる



欧州の北海には多数の洋上風力発電所がある



欧州における国別洋上風力導入量

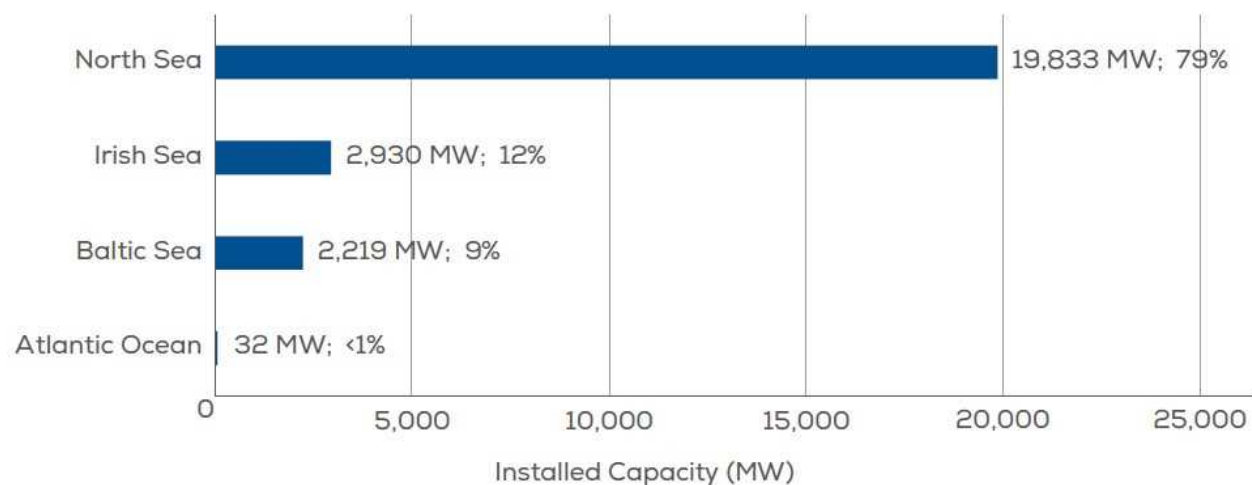
(出典)「Offshore Wind in Europe – key trends and statistics 2020」

□導入量

UK	42%	10,428 MW / 2,294 Turbines
Germany	31%	7,689 MW / 1,501 Turbines
Netherlands	10%	2,611 MW / 537 Turbines
Belgium	9%	2,261 MW / 399 Turbines
Denmark	7%	1,703 MW / 559 Turbines
Others	1%	322 MW / 112 Turbines

上位5カ国 99%

TOP 5 REPRESENT
99%
OF ALL CAPACITY
CONNECTED



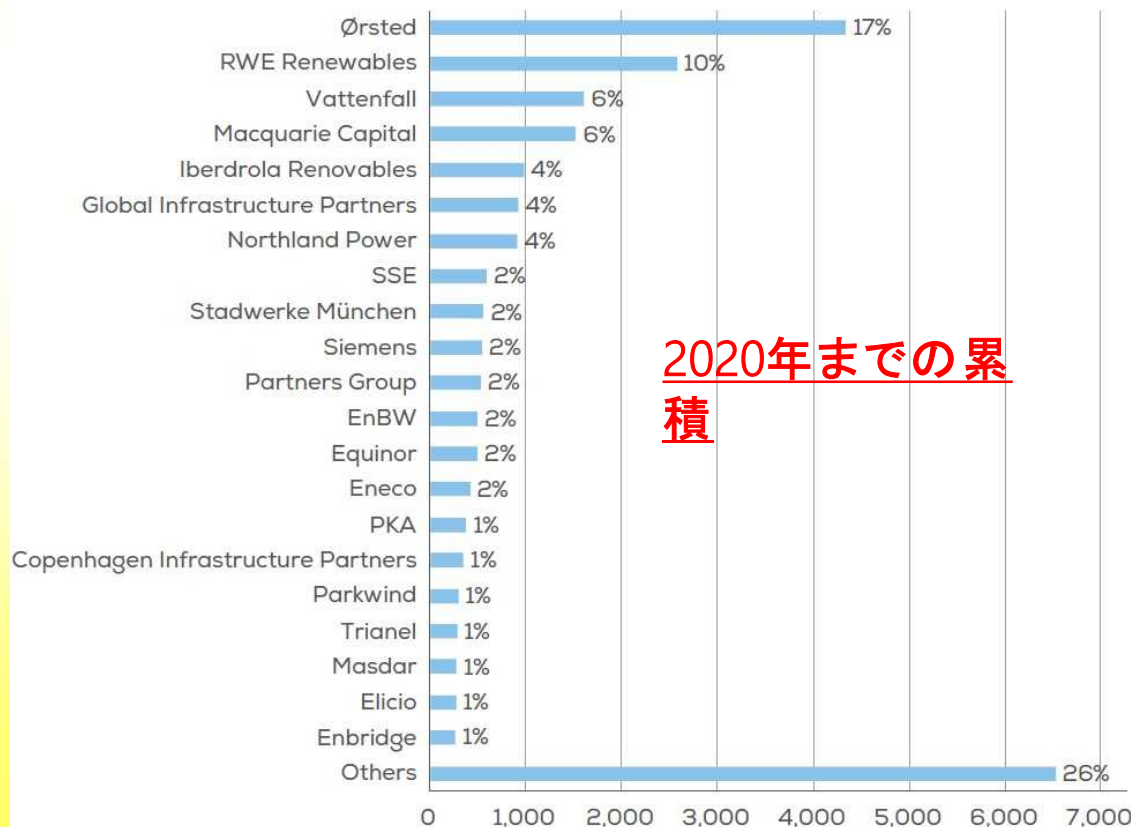
欧州における洋上風車のメーカーと事業者

風車メーカー

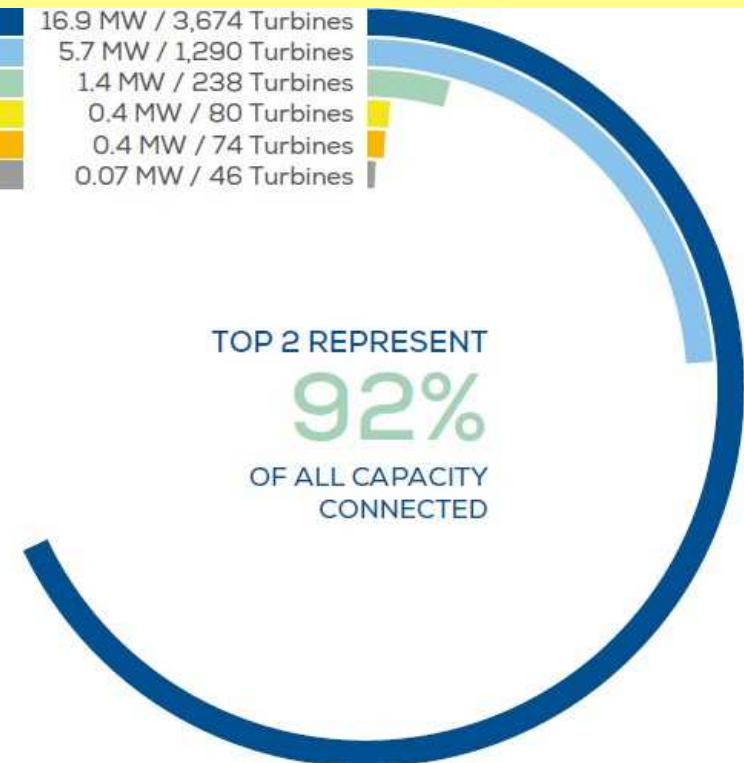
Siemens Gamesa Renewables Energy	68%	16.9 MW / 3,674 Turbines
Vestas Wind Systems	23.9%	5.7 MW / 1,290 Turbines
Senvion	4.4%	1.4 MW / 238 Turbines
Bard Engineering	1.5%	0.4 MW / 80 Turbines
GE Renewable Energy	1.4%	0.4 MW / 74 Turbines
Others	0.8%	0.07 MW / 46 Turbines

事業者

オーステッド
Ørsted (17%)



2020年までの累積



2020年までの累積
上位2社92%

(出典)「Offshore Wind in Europe – key trends and statistics 2020」

稼働中の世界の大規模洋上風力発電所 Top10

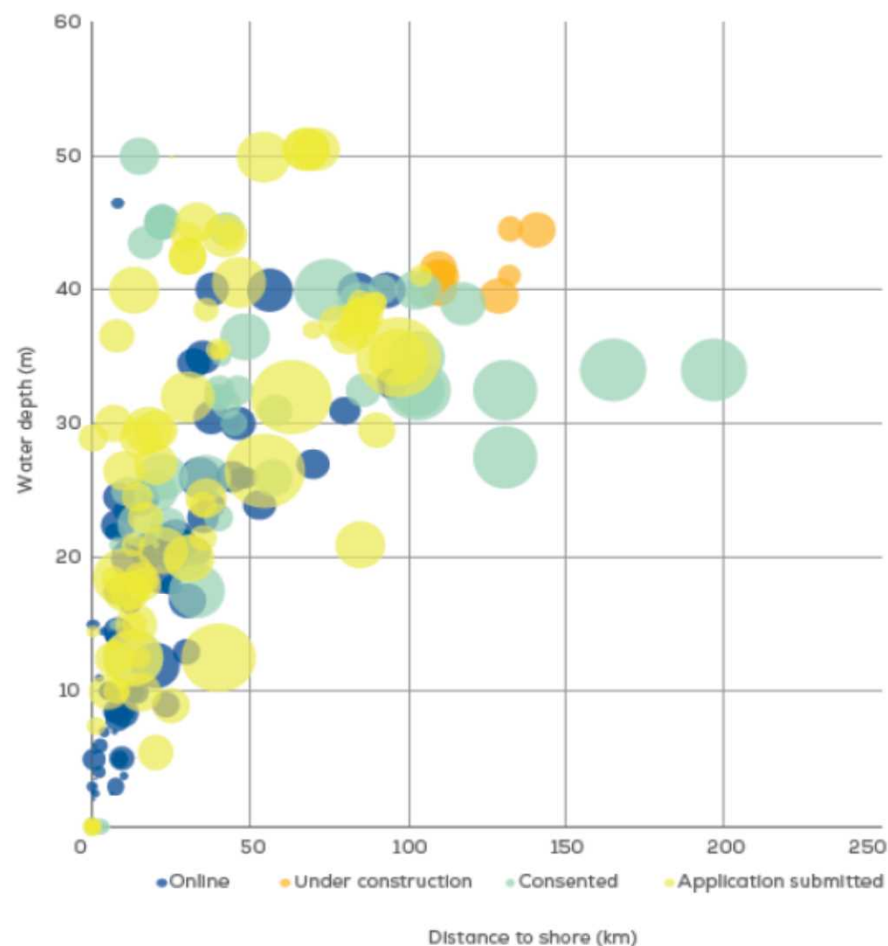
	Wind Farm	国	容量(MW)	株主	基数× 単機容量	コミッショニング
1	Hornsea Project One	United Kingdom	1,218	Orsted 50%, GIP 50%	174×7.0MW	2019
2	Borssele 1&2	Netherlands	752	Orsted 50%, NBIM 50%	94×8.0MW	2020
3	Borssele 3&4	Netherlands	731.5	Partners Group 45%, Shell 20%, DGE 15%, Eneco 10%, Van Oord 10%	77×9.5MW	2021
4	East Anglia One	United Kingdom	714	Iberdrola 60%, Macquarie 40%	102×7.0MW	2020
5	Walney Extension	United Kingdom	659	Orsted 50%, PKA 25%, PFA 25%	40×8.25MW +47×7.0MW	2018
6	London Array	United Kingdom	630	Orsted 25%, CDPQ 25% RWE 30%, Masdar 20%	175×3.6MW	2013
7	Kriegers Flak	Denmark	605	Vattenfall 100%	72×8.4MW	2021
8	Gemini Wind Farm	Netherland	600	Northland Power 60%, Siemens 20%, HVC 10%, ALTE LEIPZIGER-HALLESCH 10%	150×4.0MW	2017
9	Beatrice	United Kingdom	588	SSE Renewables 40%, Red Rock 25%, TRIG 17.5%, equitix 17.5%	84×7.0MW	2019
10	Gode Wind (phase 1+2)	Germany	582	[Gode Wind 1] Orsted 50%, TRIG 25%,Glennmont Partners 25% [Gode Wind 2] Orsted 50%, PKA and Industriens Pension 50%	97×6.0MW	2017

Source : Wikipedia 「List of offshore wind farms」

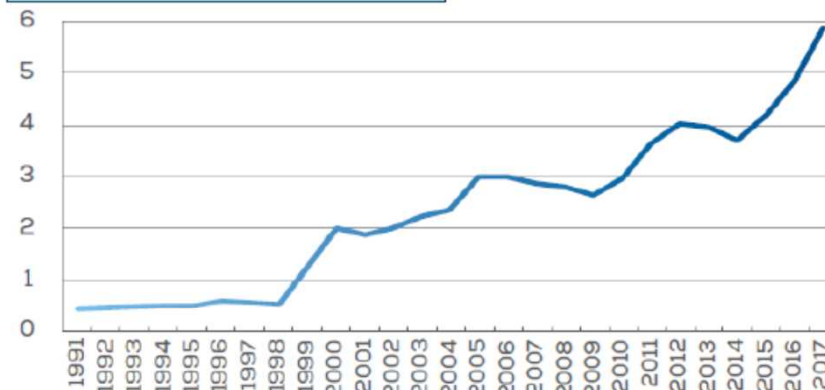
欧州における洋上風力開発の傾向

□ 水深と離岸距離

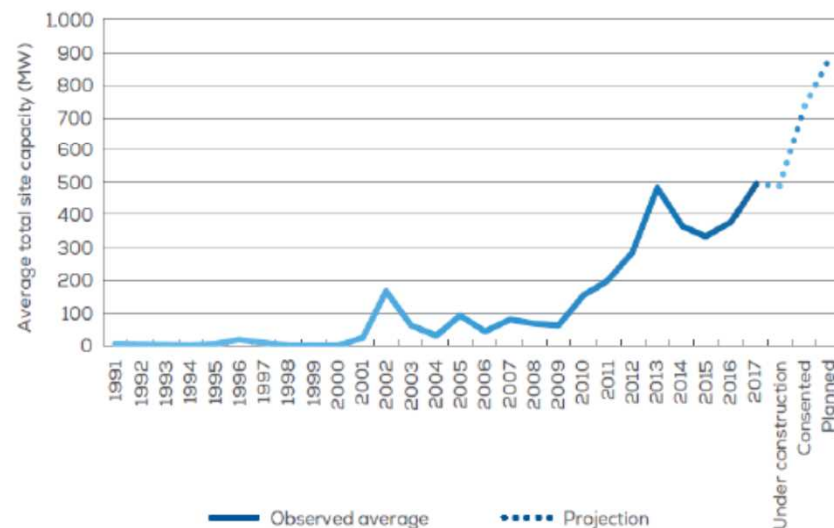
Average water depth and distance to shore of bottom-fixed offshore wind farms, organised by development status.
The size of the bubble indicates the overall capacity of the site.



□ 風車のサイズ



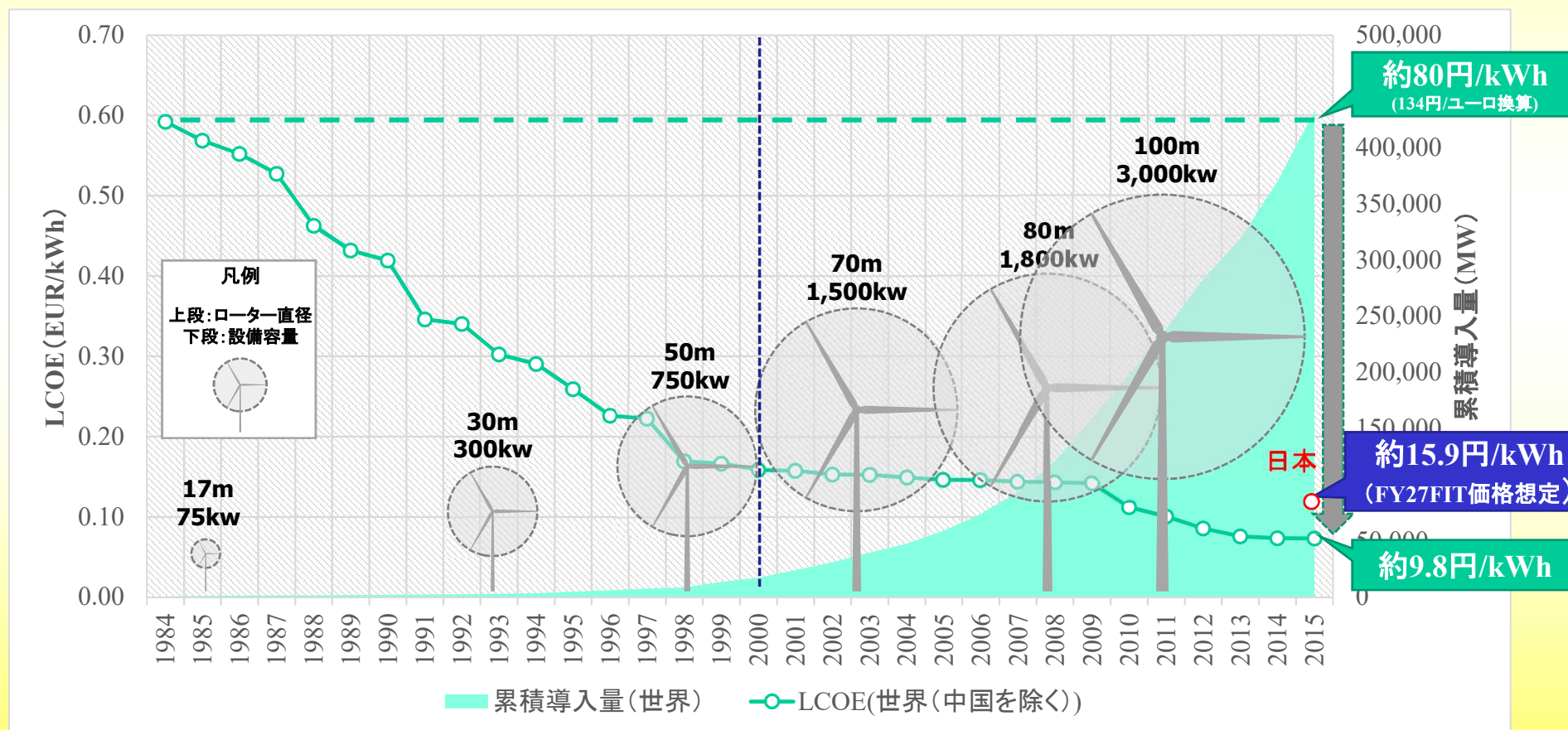
□ ファームの規模



発電コストの推移（海外）

TSC Renewable Energy Unit

- 1980年以降、風力発電機の技術進展（大型化、高効率化等）及び市場の拡大に伴うコスト削減効果（量産効果、サプライチェーンの最適化、事業効率改善等）等により、風力発電の発電コストは1/8（日本円で約10円程度）まで低減。

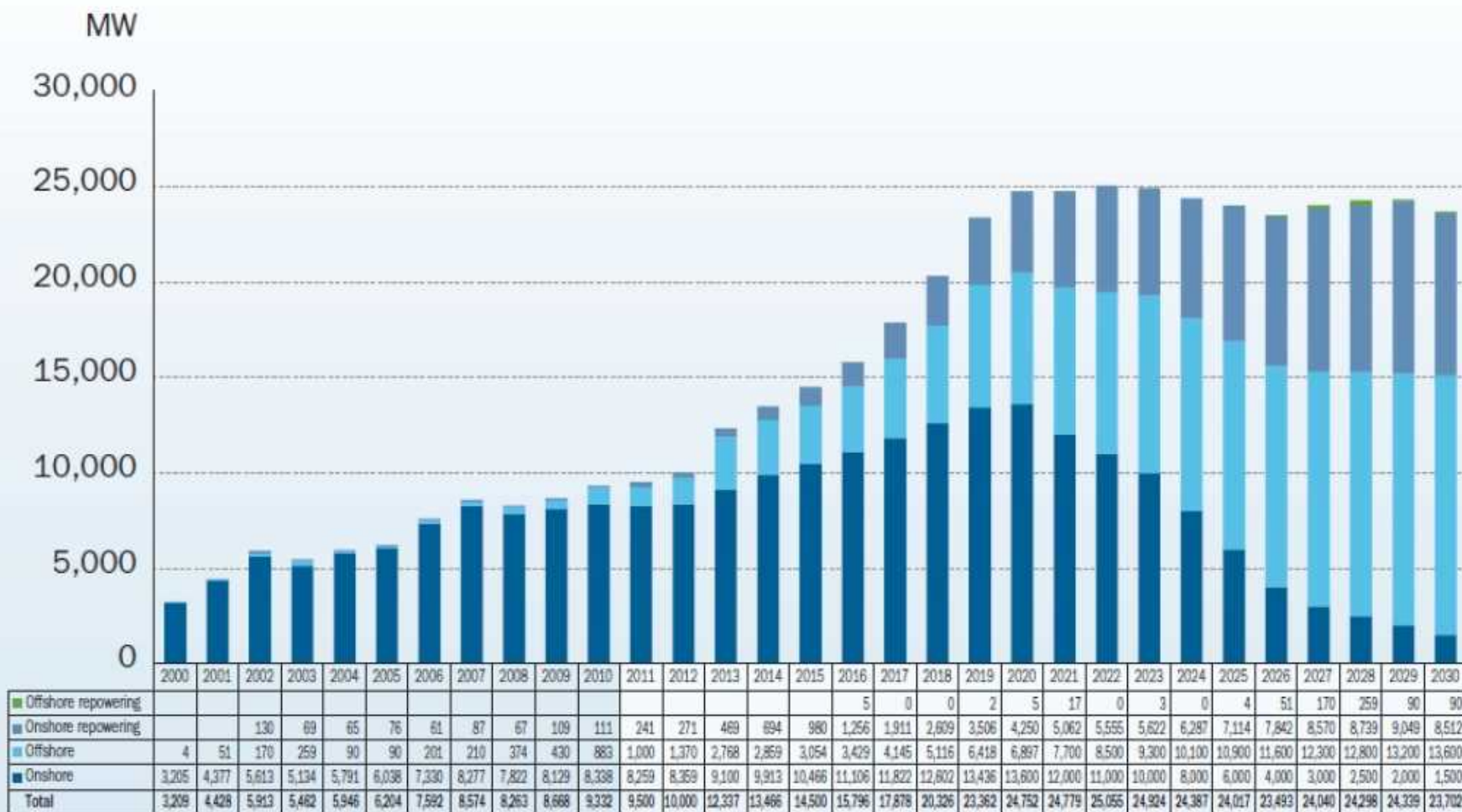


発電コストの経年推移(世界)

出典: The future cost of onshore wind (Bloomberg New Energy Finance, 2015)、IEA Wind Task 26 "The Past and Future Cost of Wind Energy(IEA, 2012)、総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会(第29回)(経済産業省、2008年)、FIT年報データを基にNEDO技術戦略研作成

欧州における洋上風力導入量見通し

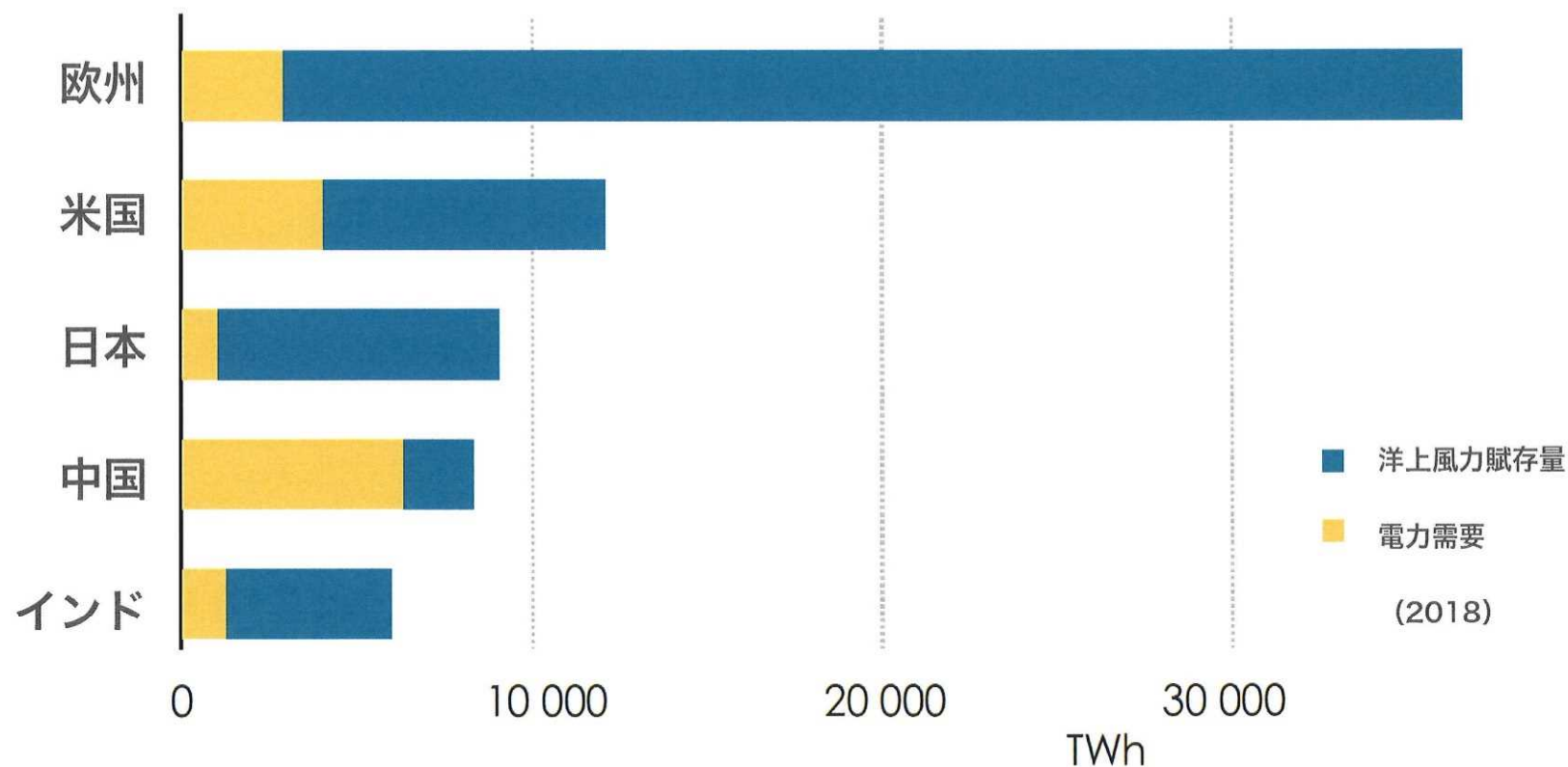
- 陸上風力発電は2020 年頃に年間導入量は頭打ちとなる
- 洋上風力発電は2030 年まで年間導入量は拡大している。**2020 年代の前半にも洋上風力発電の年間投資額が陸上風力発電投資額を超える見通し**



(出典)EWEA「Pure Power wind energy target for 2020 and 2030」(2011 年)

エネルギー転換：洋上風力

各国の電力需要（2018年）と洋上風力の技術的賦存量



最新の衛星データによる風速と最新のタービンにもとづく、洋上風力の膨大なポテンシャル。
現在の世界の全電力需要の18倍以上を賄うことができる。

source: IEA 2019, Offshore Wind Outlook

講演項目

1. 再生可能エネルギー導入の動き

2. 進展する海外の洋上風力発電

3. 日本の洋上風力発電

3. 1 急伸する日本の洋上風力発電

3. 2 モデル基盤港湾としての北九州港

日本の洋上風力発電の開発実績



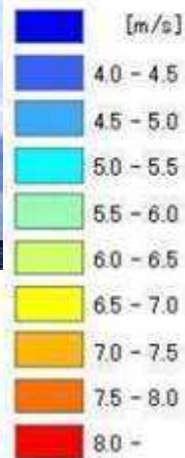
五島(浮体式)
2012 富士重工100kW
2013 日立 2MW



響灘【着底式】
2013
日本製鋼所 2MW



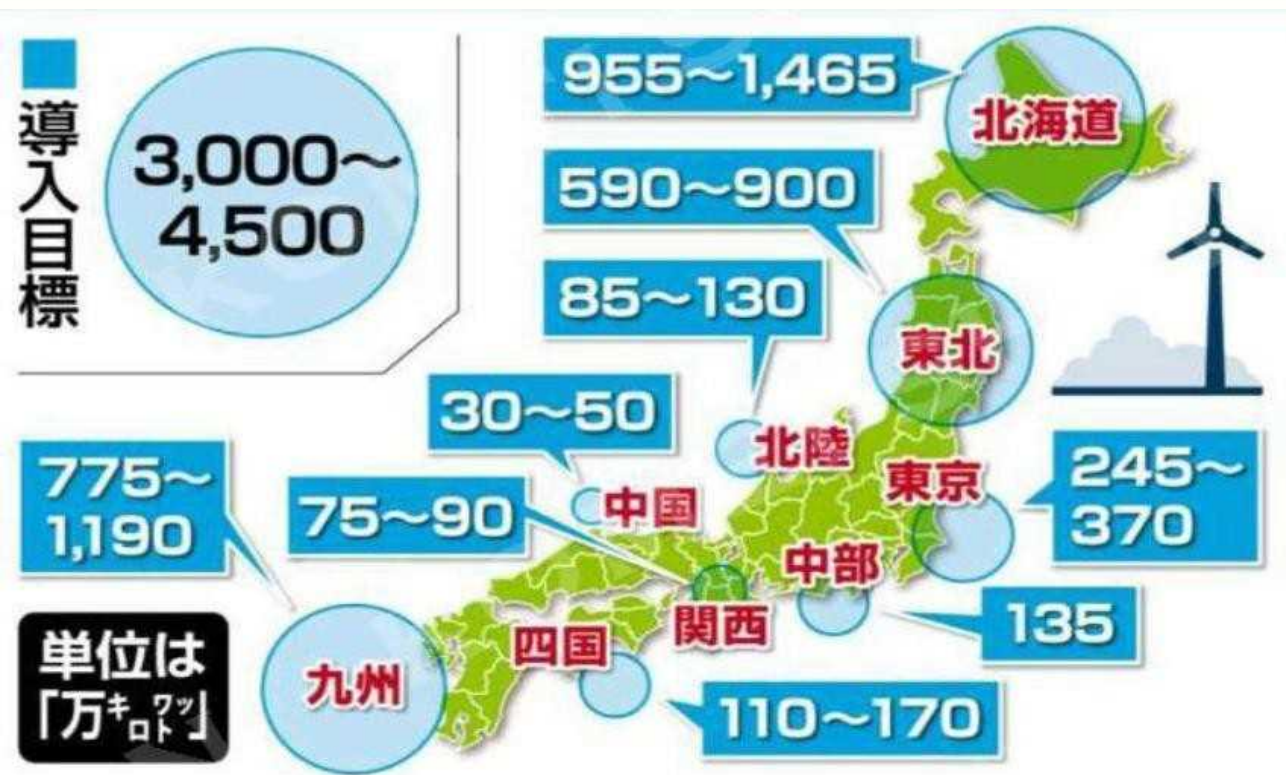
福島(浮体式)
2013 日立 2MW,
パワーステーション
2015 三菱重工7MW



銚子【着底式】
2013 三菱重工2.4MW²⁰

国内の洋上風力発電導入の動き

- 2020年10月26日総理所信表明演説で 「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体でゼロにする、すなわち、2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すこと」が宣言された。
- 2020年12月15日洋上風力の導入目標を定めた「洋上風力産業ビジョン」をまとめ、発表した。2030年までに1000万kW、2040年までに最大4500万kWの導入目標を掲げた。
- 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た。



洋上風力発電事業者の公募が開始されました。
2021年6月11日決定
○長崎県五島沖、
2021年12月24日決定
○秋田県北部(能代市、三種町および男鹿市沖)、
○秋田県由利本荘市沖(北側・南側)、
○千葉県銚子市沖

「洋上産業ビジョン」概要 (2020年12月)

1. 政府による導入目標の明示

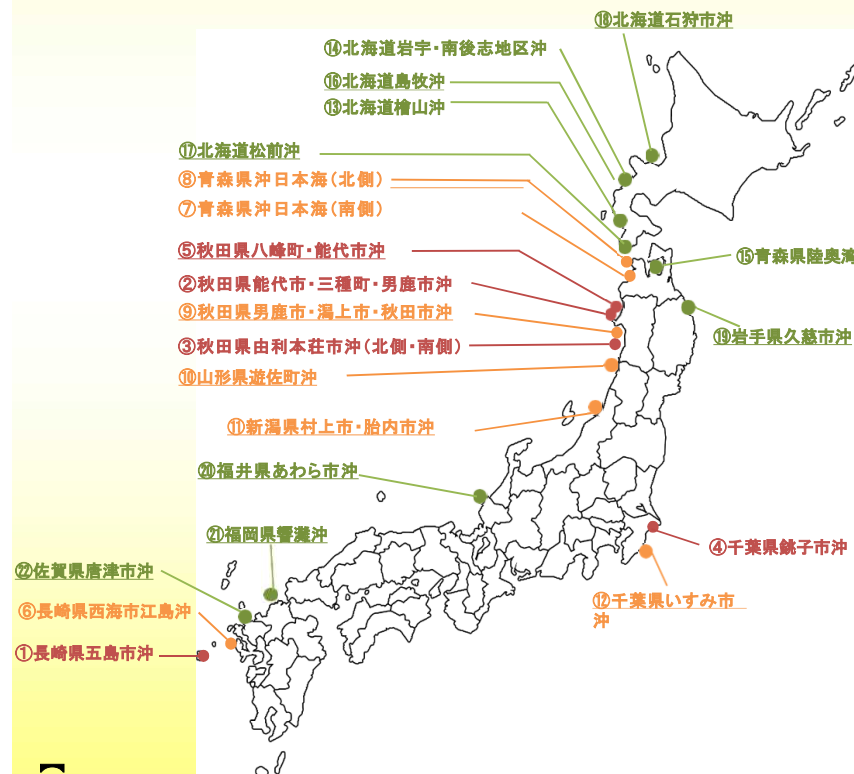
- ・2030年までに1,000万kW
- ・2040年までに3,000万kW～4,500万kWの案件形成
- ・案件形成の加速化(日本版セントラル方式の導入)
- ・インフラの計画的整備(系統マスタープラン具体化、直流送電の検討、港湾の計画的整備)

2. 産業界による目標設定

- ・国内調達比率を2040年までに60%にする。
- ・着床式の発電コストを2030年～2035年までに、8～9円／kWhに。
- ・関連企業の競争力強化(公募で安定供給を、企業の調整促進)
- ・事業環境整備(規制・企画の総点検)
- ・洋上風力人材育成プログラム

再エネ海域利用法の施行状況

- 2019年7月、以下の①～④の4区域を「有望な区域」として整理。その後、「促進区域」に指定（①2019年12月、その他は 2020年7月）。さらに、①は2020年12月に公募を終了し、公募占用計画の審査を経て、2021年6月に事業者を選定。②～④は、提出された公募占用計画を審査中。
- 2020年7月、以下の⑤～⑧の4区域を「有望な区域」として整理。その後、各区域における協議会の進捗、促進区域指定基準への適合状況や都道府県からの情報提供を踏まえ、2021年9月13日、⑤を「促進区域」に指定するとともに、⑨～⑫の4区域を新たに「有望な区域」として追加・整理。



＜促進区域、有望な区域等の指定・整理状況(2021年9月13日)＞

区域名		万kW
促進区域	①長崎県五島市沖	1.7
	②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖	41.5
	③秋田県由利本荘市沖(北側・南側)	73
	④千葉県銚子市沖	19,37
	⑤秋田県八峰町・能代市沖	36
有望な区域	⑥長崎県西海市江島沖	30
	⑦青森県沖日本海(南側)	60
	⑧青森県沖日本海(北側)	30
	⑨秋田県男鹿市・潟上市・秋田市沖	21
	⑩山形県遊佐町沖	45
	⑪新潟県村上市・胎内市沖	35,70
	⑫千葉県いすみ市沖	41

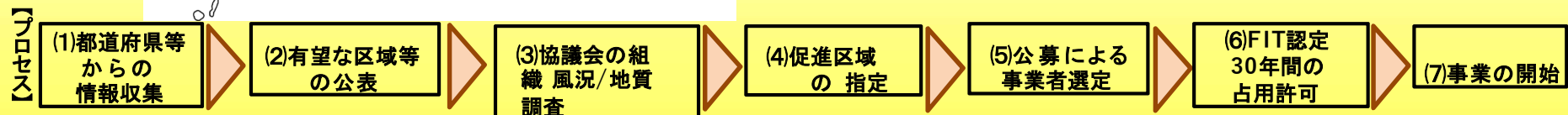
一定の準備段階に進んでいる区域

【凡例】

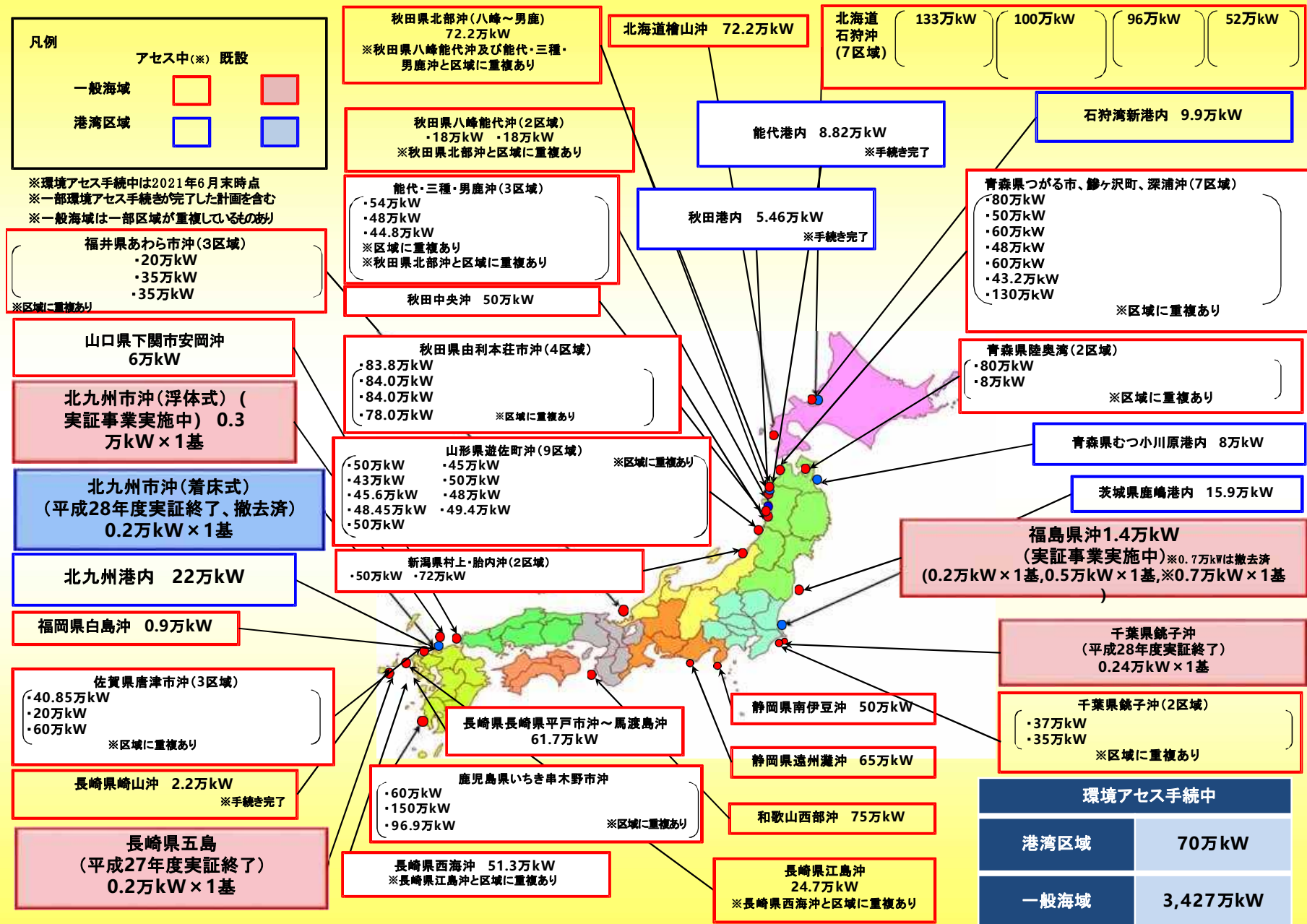
- 促進区域
- 有望な区域
- 一定の準備段階に進んでいる区域

※下線は2021年度新たに追加した区

⑬北海道檜山沖
⑭北海道岩宇・南後志地区沖
⑮青森県陸奥湾
⑯北海道島牧沖
⑰北海道松前沖
⑱北海道石狩市沖
⑲岩手県久慈市沖(浮体)
⑳福井県あわら市沖
㉑福岡県響灘沖
㉒佐賀県唐津市沖



開発中の洋上風力発電計画; 約35GW



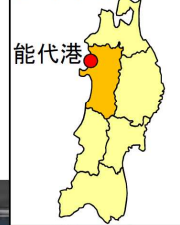
海洋再生可能エネルギー発電設備等拠点港湾(基地港湾)の概要

○能代港

【事業の概要】

- ・整備施設：岸壁(水深10m(暫定))、(地耐力強化)、泊地(水深10m(暫定))
- ・事業期間：令和元年度～令和5年度

【位置図】



○秋田港

【事業の概要】

- ・整備施設：岸壁(地耐力強化)
- ・事業期間：令和元年度～令和2年度

【貸付の概要】

- ・貸付期間：令和3年4月9日～令和28年12月1日
- ・独占排他的使用期間：令和3年4月9日～令和5年12月31日(風車建設)
令和24年12月1日～令和28年12月1日(風車撤去・解体)
- ・賃借人：秋田洋上風力発電株式会社



○鹿島港

【事業の概要】

- ・整備施設：岸壁(水深12m)、(地耐力強化)、航路・泊地(水深12m)、泊地(水深12m)
- ・事業期間：令和2年度～令和5年度

【位置図】

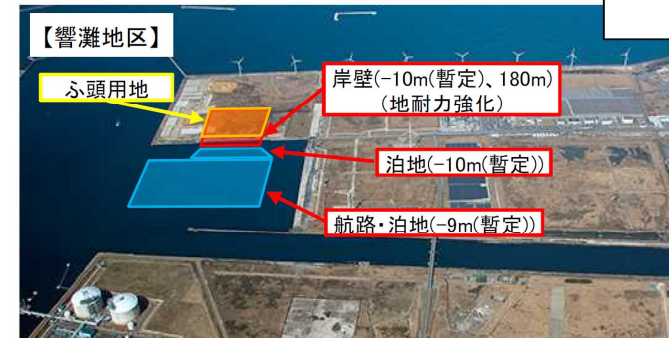
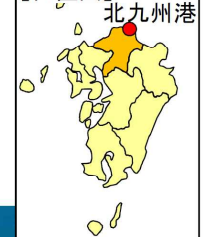


○北九州港

【事業の概要】

- ・整備施設：岸壁(水深10m(暫定))、(地耐力強化)、泊地(水深10m(暫定))、航路・泊地(水深9m(暫定))、ふ頭用地
- ・事業期間：令和2年度～令和6年度

【位置図】

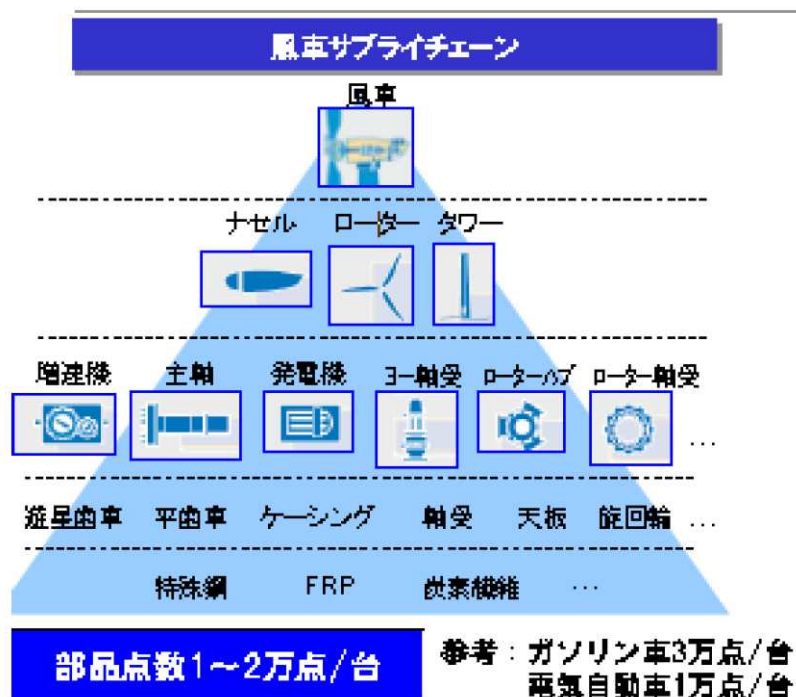


■風力関連企業の誘致による産業の集積

- 風車は1~2万点の部品からなる自動車型産業
- 100万kWの風力発電につき、陸上は1万5000、洋上は2万2000人の雇用を生む

■風力発電関連産業による持続可能な雇用創出

- 風力発電設備の生産・組立の70%を県内にする雇用の確保
- メンテナンス及び発電所の建替による持続可能な雇用創出



(出典：みずほコーポレート銀行の資料)

産業	雇用者数/新規 設置量 MW	雇用者数/既存 設置量 MW
風車製造(直接雇用)	7.5	—
風車製造(間接雇用)	5.0	—
風車設置	1.2	—
保守・メンテナンス	—	0.33
その他直接雇用※	1.3	0.07
合計	15.1	0.40

陸上風力発電：雇用者数は年間新規導入の場合風1MWあたり15.1人となっており、その大半は風車製造に関わるものである。

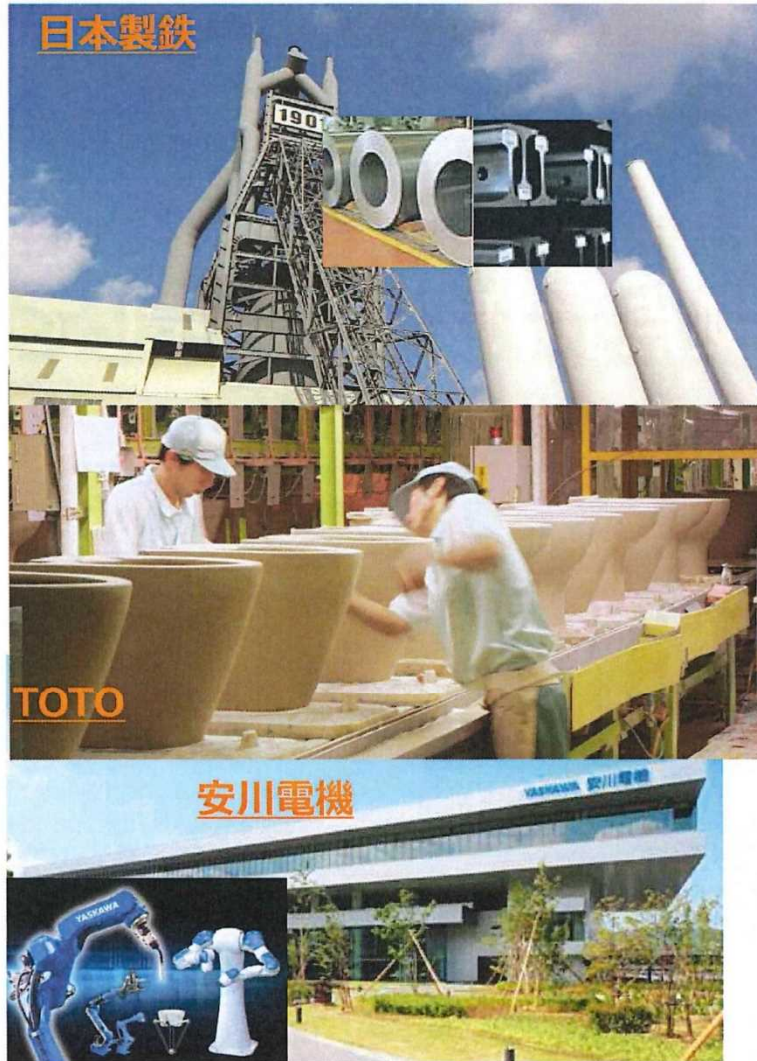
洋上風力発電：雇用者数は22人と推計しており、陸上風力発電に比べ1.5倍の雇用効果が期待される。

講演項目

1. 再生可能エネルギー導入の動き
2. 進展する海外の洋上風力発電
3. 日本の洋上風力発電
 3. 1 急伸する日本の洋上風力発電
 3. 2 モデル基盤港湾としての北九州港

北九州市：港湾・産業・環境の町としての蓄積

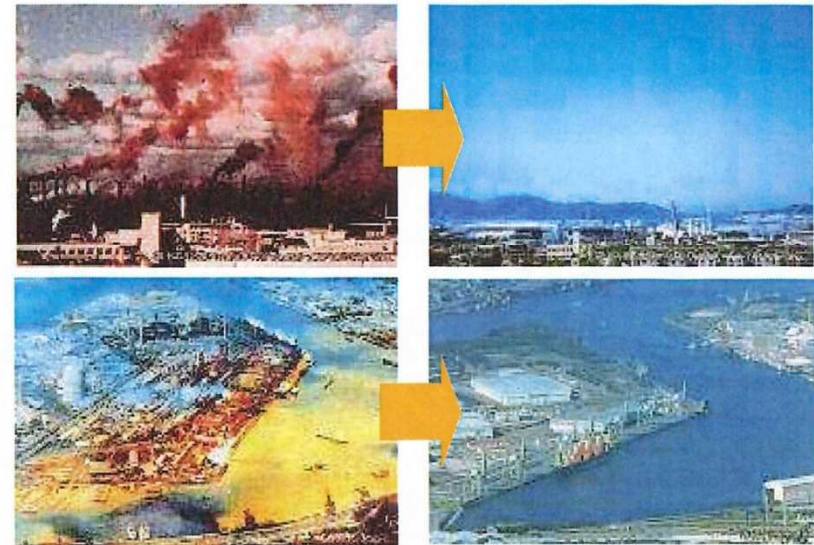
○ 120年の実績を誇る産業都市



○ 公害を克服した環境未来都市

1960年代

現在



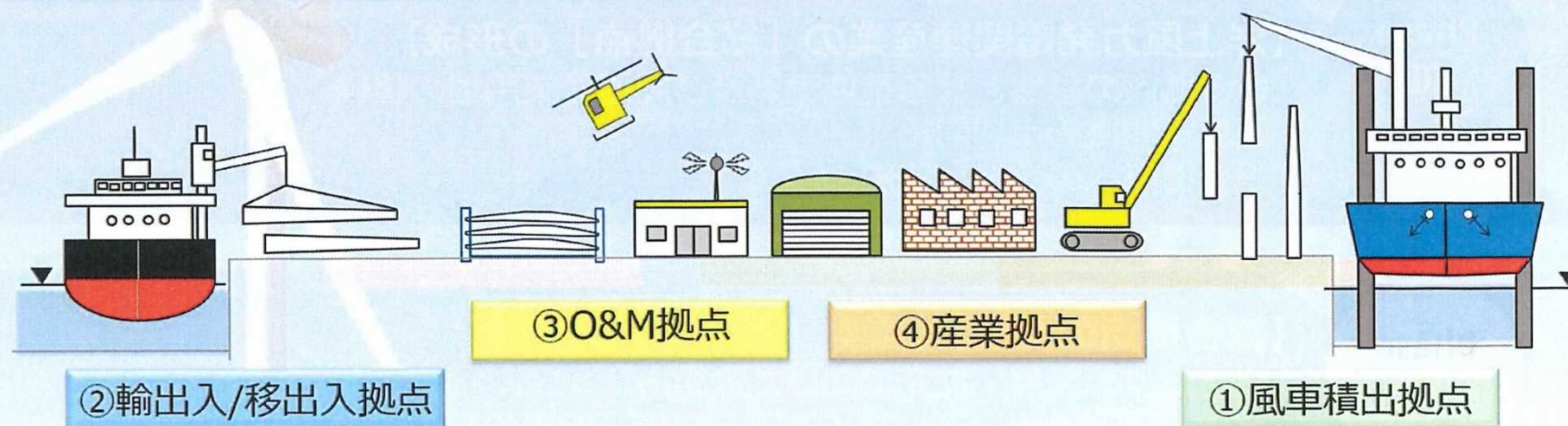
○ 130年の歴史を持つ港湾のまち



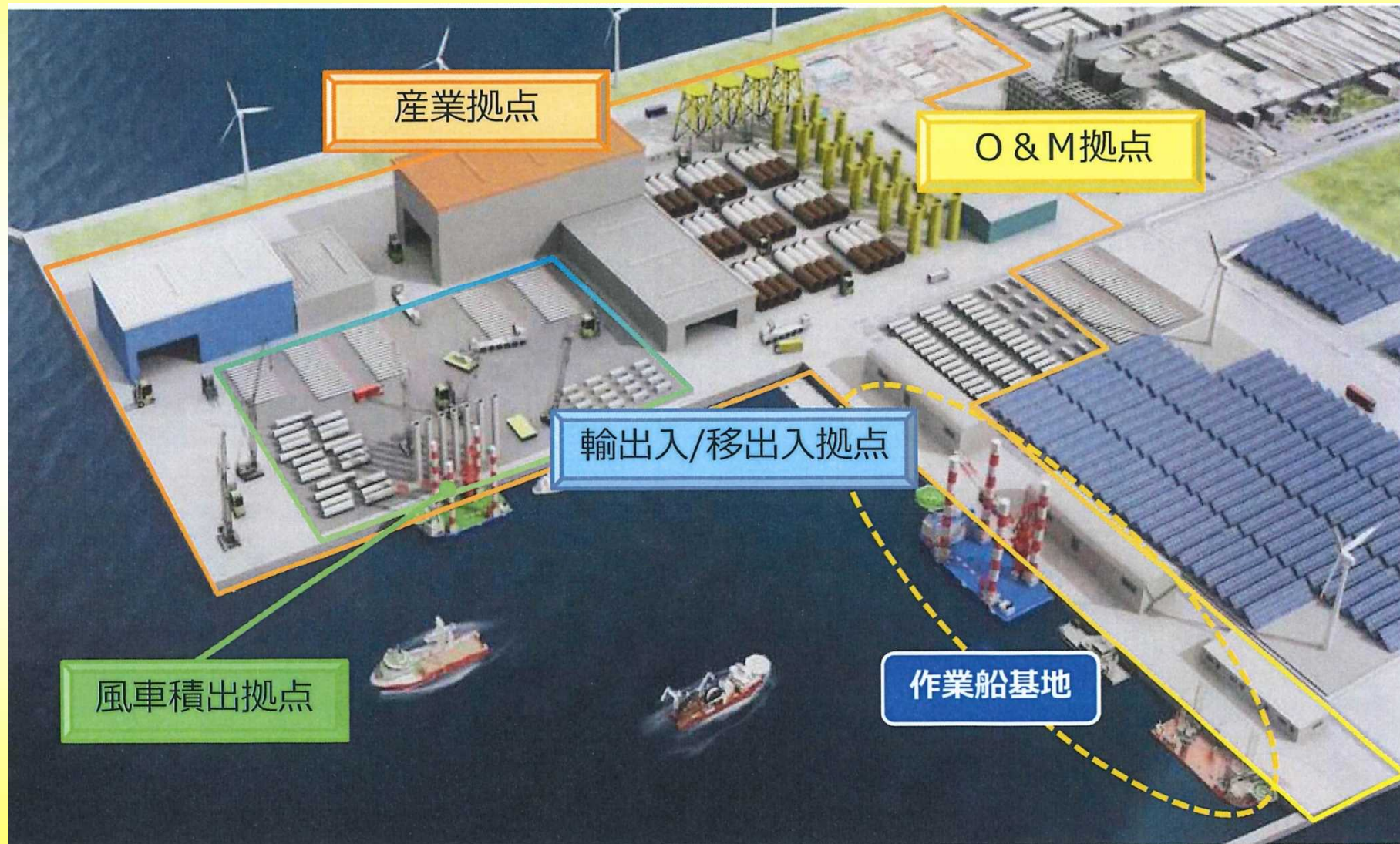
北九州市が目指す「風力発電関連産業の総合拠点」

本市が目指す「風力発電関連産業の総合拠点」は、洋上風力発電事業を支える**4つの拠点機能**の集積を目指す

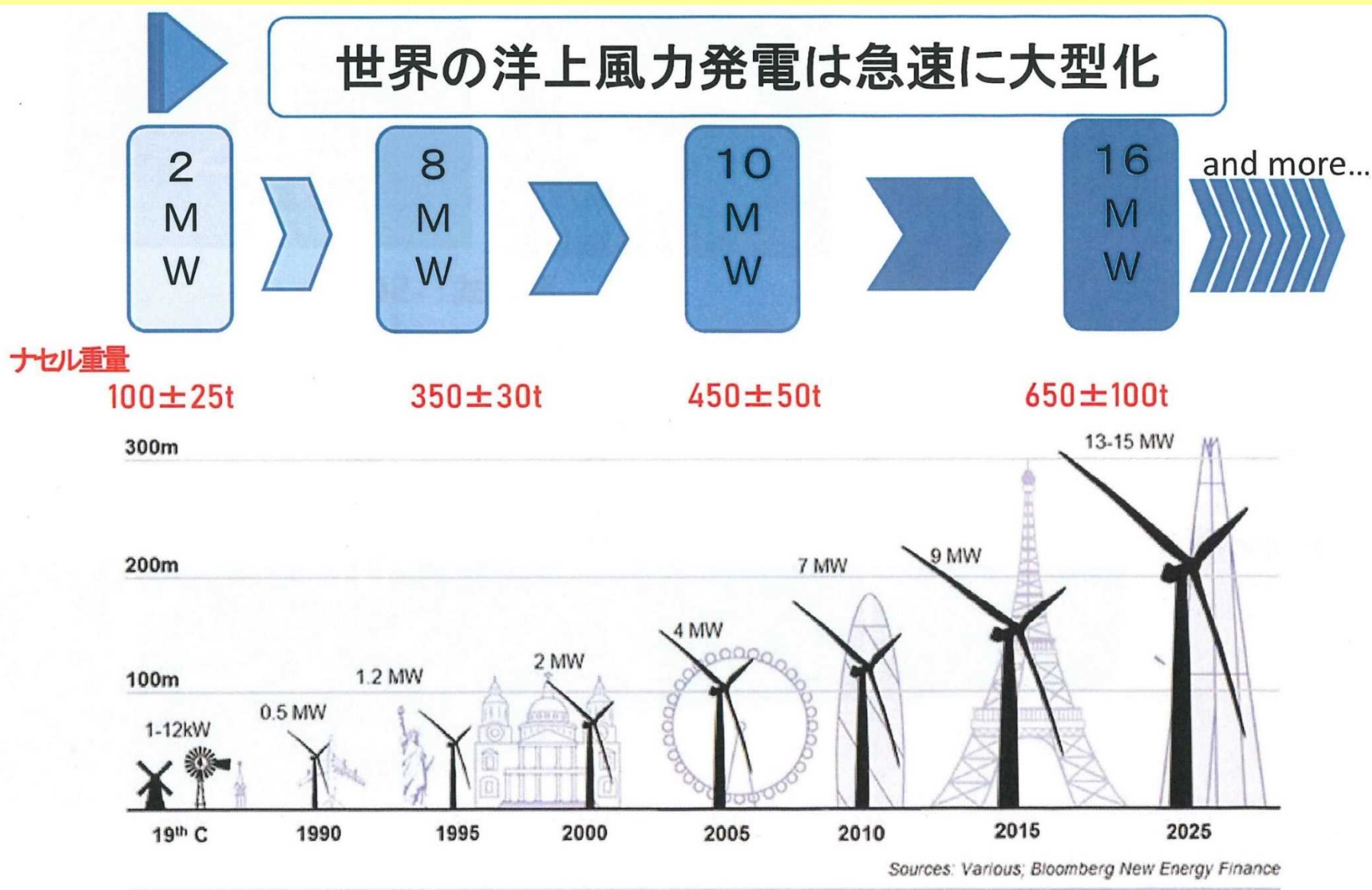
①風車積出拠点	風車設置場所へ向けた最終積出基地としての機能
②輸出入／移出入拠点	風車部品の輸出入、移出入拠点としての機能
③O&M拠点	風車のオペレーション及びメンテナンスを行う機能
④産業拠点	背後地に風車関連産業を集積した産業拠点としての機能



洋上風力発電関連産業の「総合拠点」の形成 響灘地区のイメージ

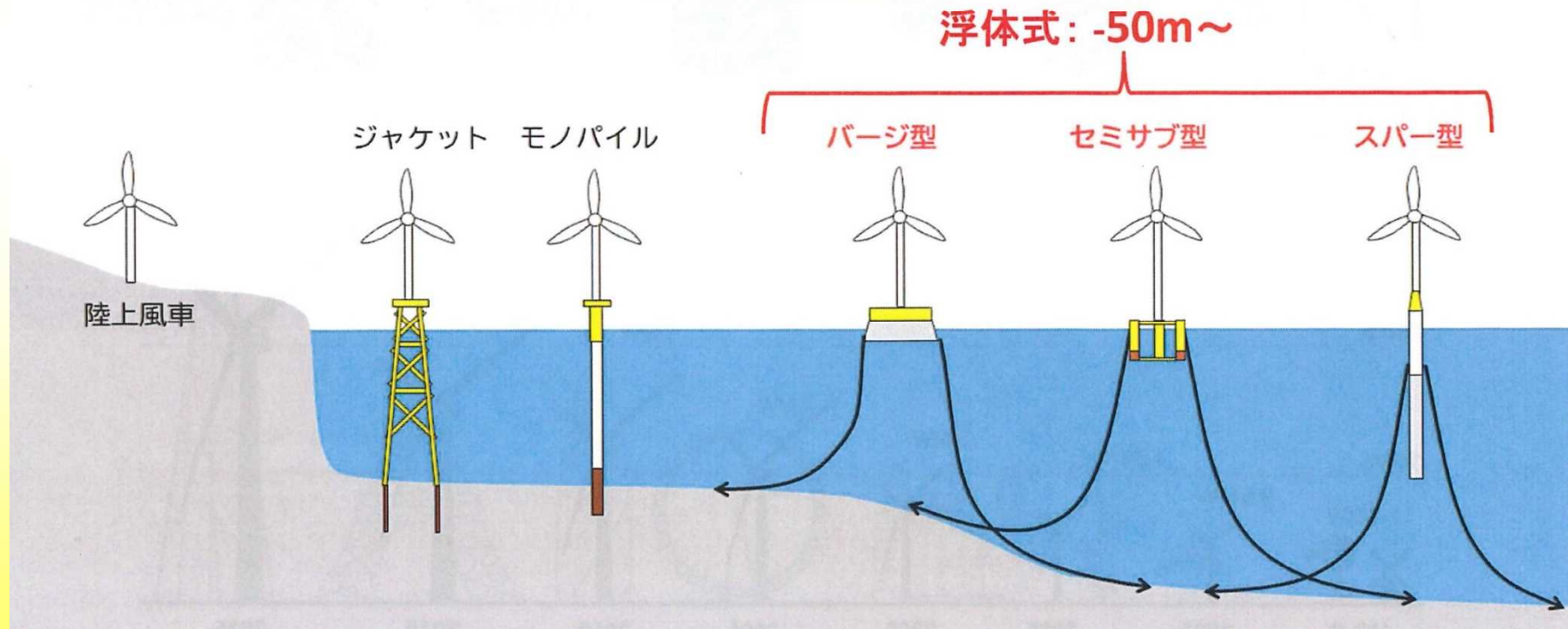


超大型化する風車への対応

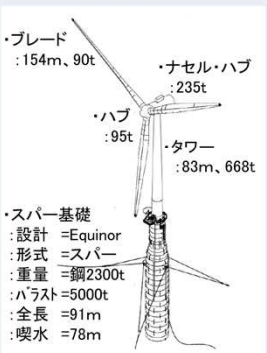
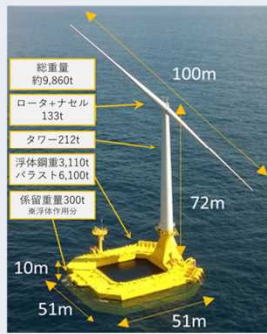


洋上風力発電関連産業の「総合拠点」の発展

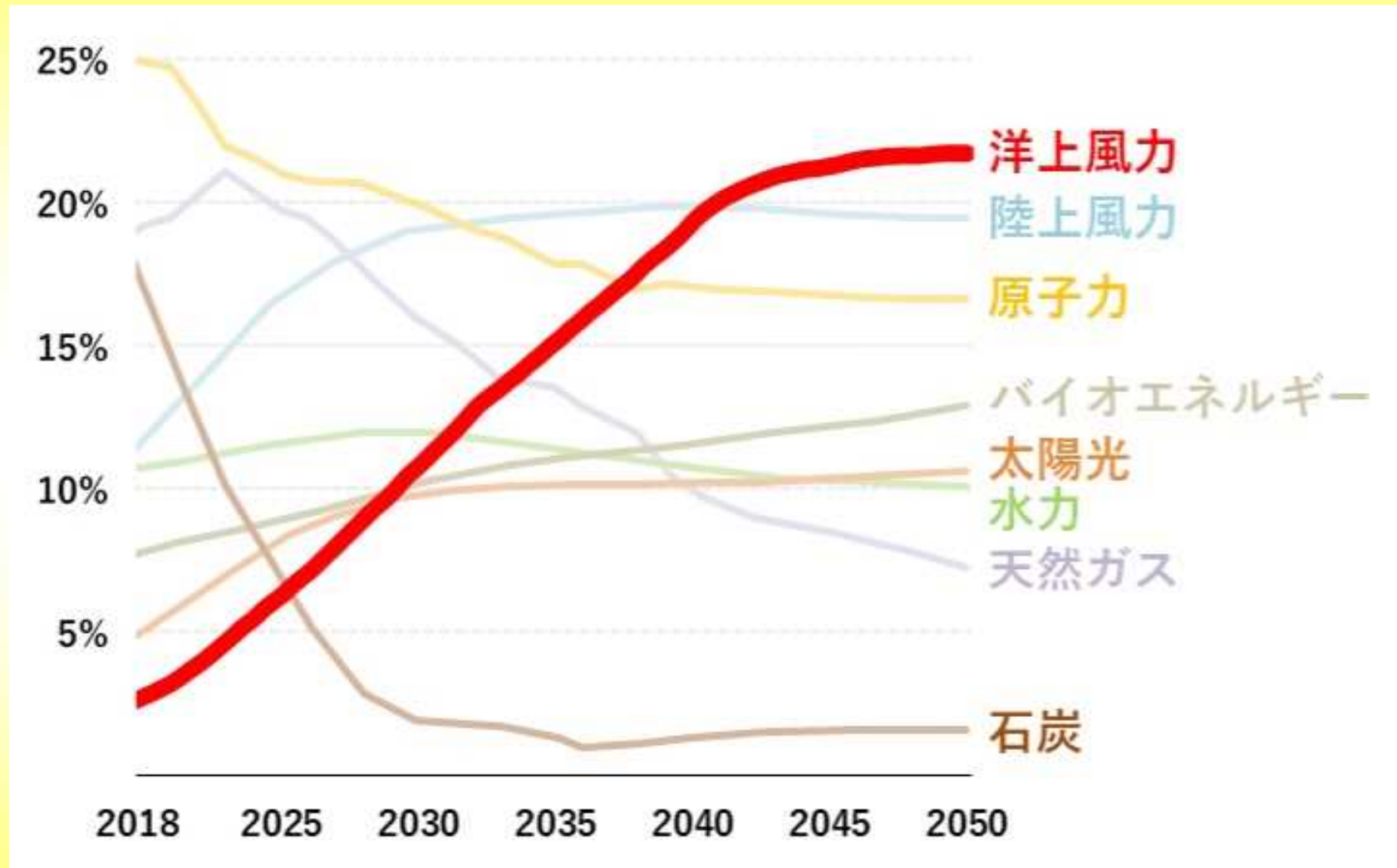
浮体式洋上風車に適したインフラ整備、風車の超大型化への対応



近年設置された浮体式洋上風力発電所の浮体基礎のサイズ等

	セミサブ		スパー		バージ	
	ウインド・フロートアトランティック	キンカーディン 2期	ハイウインド・スコットランド	ハイウインド・タンペン	フロー・ジエン	ひびき
事業者 国 運転開始 出力 風車 基地港湾	・Ocean Winds他 ・ポルトガル ・2020年運転開始 ・2.5万kW ・8.4MW×3基 ・フェル港	・Cobra Wind International他 ・イギリス ・2021年運転開始 ・4.8万kW ・9.5MW×5基 ・ロッテルダム港	・Equinor他 ・イギリス ・2017年運転開始 ・3.0万kW ・6MW×5基 ・スルド港	・Equinor他 ・ノルウェー ・2022年運転開始 ・8.8万kW ・8MW×11基 ・グレン港	・実証実験 ・フランス ・2018年運転開始 ・0.2万kW ・2MW×1基 ・サンナゼール港	・実証実験 ・日本 ・2019年運転開始 ・0.3万kW ・3MW×1基 ・北九州港
浮体 基礎 サイズ	・幅 : 約65m ・高さ : 30m ・喫水 : -17~18m ・重量 : 不明 ・素材 : スチール	・幅 : 約70m ・高さ : 不明 ・喫水 : 不明 ・重量 : 3000t ・素材 : スチール	・全長 : 91m ・直径 : 14.4m ・喫水 : -78m ・重量 : 2300t ・素材 : スチール	・全長 : 108m ・直径 : 18.3m ・喫水 : -90m ・重量 : 9000t ・素材 : コンクリート	・幅 : 36m ・高さ : 9.5m ・喫水 : -7.0m ・重量 : 4980t ・素材 : コンクリート	・幅 : 51m ・高さ : 10m ・喫水 : -7.5m ・重量 : 3110t ・素材 : スチール
参考図	 約65m Google Earth *フェル港 (2020.5)	 約70m Google Earth *フェル港Navantia工場 (2020.7)	 ・ブレード : 154m、90t ・ナセル・ハブ : 235t ・ハブ : 95t ・タワー : 83m、668t ・スパー基礎 : 設計 = Equinor、形式 = スパー、重量 = 鋼2300t、ハラスト = 5000t、全長 = 91m、喫水 = 78m		 約36m Google Earth	 総重量 約9,860t ロータナセル 133t タワー212t 浮体鋼重3,110t バラスト6,100t 係留重量300t ※浮体作用分 100m 72m 51m 51m
出所	Google Earth、Youtube コメント、画像等	Google Earth, offshorewindbiz等	Hywind Scotland - Assembly and logistics 等	Equinor社資料	BW IDEOL社資料、 Google Earth等	NEDO資料、BW IDEOL 社資料

IEA電源種別発電量シェアの推移予測



(IEA Offshore Wind Outlook 2019)

ま と め

- 地球温暖化防止には、再生可能エネルギー、特に洋上風力発電の活用が鍵になる。日本でも導入促進の必要性和ポテンシャルは十分にある。
- 2019年4月に再エネ海域利用法が施行され、7月には有望な区域も発表された。2021年には第1ラウンドの事業者選定が行われ驚異的な低価格で3海域とも三菱商事GRが落札。
- 洋上風力発電では、調査～機器製造～拠点港（組立等）～輸送～設置工事～運営～撤去まで、様々な関連ビジネスがあり、持続的・大量の導入が実現すれば、経済効果も大きい。
- 国内では現在約35GWの開発計画があり、これを早期に実現し、港湾施設の整備や関連産業の育成・誘致による長期にわたる地域振興につなげるべきである。
- グリーンイノベーション基金による次世代洋上風力発電の開発も期待されている。

ご清聴ありがとう
ございました。



デンマーク ミドルグルンデン(Middelgrunden)