

# 洋上風力の主力電源化を目指して



2020年7月17日

一般社団法人 日本風力発電協会  
(Japan Wind Power Association)

<http://jwpa.jp>

# 目次

- 洋上風力導入拡大の必要性
- 世界の洋上風力導入拡大の動き
- 日本の洋上風力発電のポテンシャル
- 洋上風力の主力電源化を目指して
- おわりに

- **洋上風力導入拡大の必要性**
- 世界の洋上風力導入拡大の動き
- 日本の洋上風力発電のポテンシャル
- 洋上風力の主力電源化を目指して
- おわりに

# 洋上風力導入拡大の必要性

**エネルギー  
安全保障**

エネルギー自給率  
向上

安定した  
エネルギー政策

**気候変動対策**

温室効果ガス  
大幅削減

CO<sub>2</sub> フリー  
クリーンな地球

環境に優しい  
社会の実現

**新たな  
成長戦略**

中長期導入目標  
設定

洋上風力産業ビジョン

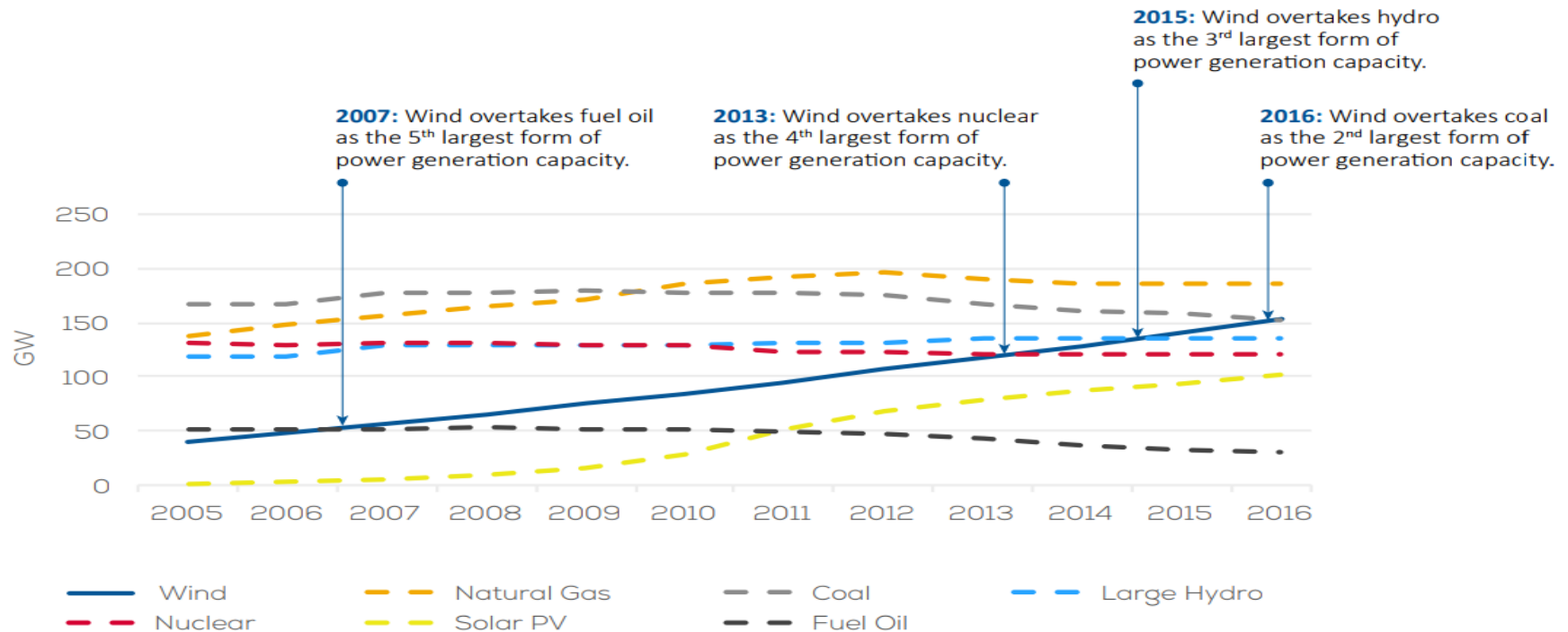
新たな産業創出

- 洋上風力導入拡大の必要性
- 世界の洋上風力導入拡大の動き
- 日本の洋上風力発電のポテンシャル
- 洋上風力の主力電源化を目指して
- おわりに

# 欧州における電源構成の推移 (2016年末時点)

- 設備容量ベースでは、風力は150GWを突破(内、洋上12.6GW)
- 石炭火力を抜いて第2位のポジションにある

Cumulative power capacity in the European Union 2005-2016



Source: WindEurope

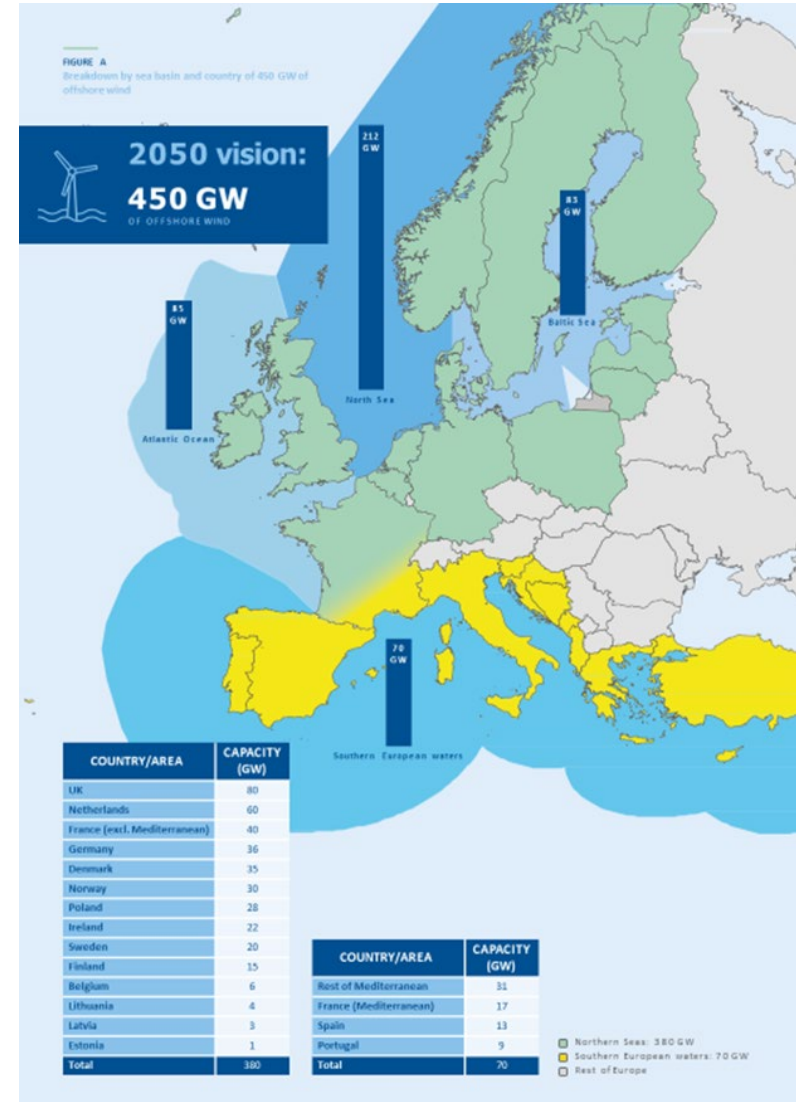
出典：平成29年度 エネルギー・鉱物資源に関する在外公館戦略会議プログラム 19 February 2018 MHIVESTAS OFFSHORE WIND

## ～2050年までに欧州で450GWを導入する～

### 2019年11月コペンハーゲンで開催の Offshore Wind 2019で、Wind Europeは「2050年に洋上風力450GWを目指す」と発表

#### 【発表の骨子】

- ◆ EUの2050年ゼロエミッション（脱炭素社会）の達成には450GWの洋上風力が必要
- ◆ 450 GWの内訳
  - 北海・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 212 GW
  - 大西洋（アイルランド海含む）・・・・・・ 85 GW
  - バルト海・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 83 GW
  - 地中海とその他の南ヨーロッパ海域・・・・ 70 GW
- ◆ これだけの開発でも北海・バルト海の総面積の3%未満のみ
- ◆ 欧州では洋上風力の価格は2050年に50ユーロ/ MWh（6円/kWh）未満になる
- ◆ 450GWの開発には、様々な産業セクターが同じ海域を重複使用すべきである
- ◆ 年間の新規設置量は、現在の年 3GWから2030年には年20 GW以上に増える
- ◆ 海底送電線は、今年20億ユーロ未満から2030年までに年80億ユーロの投資増が必要
- ◆ 陸上送電網にも、2030年までに年100～500億ユーロの投資が必要



# 北海における洋上風力発電ハブプロジェクト

ニュース

2017/04/26 15:55

## 北海で洋上風力のハブとなる人工島、オランダ Tennetらが発表

オランダのTenneT TSO社、デンマークのEnerginet社、ドイツのTenneT TSO GmbHの3社は3月23日、北海で大規模な再生可能エネルギー開発プロジェクトを実施することで合意したと発表した。

同プロジェクトは、「北海風力発電ハブ（North Sea Wind Power Hub）」と呼ばれる。

具体的には、英国の東岸から約100km沖合の北海にある「ドッガーバンク（Dogger Bank）」という広大な浅瀬に人工島を作り、洋上風力発電のハブにする（図）。実現すれば、2050年までに欧州人口の7000万人から1億人に再エネを供給できると見込む。

今回の三社間合意により、当面、1個以上の人工島の実現可能性を調査するという。

基本的な考え方は、将来設置する何千基もの洋上風力タービンのために大規模な接続点をつくるというもの。浅瀬で風況が最適な場所にある洋上風力発電ハブであれば、エネルギー転換が欧州の消費者にとって低コストになり得るとしている。

1個以上の人工島の風力発電ハブに対して、合計で70G~100GWの容量の風力発電を接続可能という。風力発電で得られた電力は、直流の送電線で北海沿岸の各国に供給される。具体的には、オランダ、デンマーク、英国、ノルウェー、ベルギーである。

さらに、これらの人工島を結ぶ送電線によって、洋上風力発電による電力を各国に送電するだけでなく、これらの各国間で電力を互いに取引することも実現可能になるという。

Energinet社のCTO（最高技術責任者）を務めるTorben Glar Nielsen氏は、「北海のまん中に複数の人工島を建設する構想は未来小説のようだが、北海沿岸諸国が将来、再エネによる電力需要を満たすうえで、實際上、極めて効率が良く低コストの手段となる可能性がある」と述べている。

大規模な洋上風力発電所や電力ハブとなる人工島の開発においては、これら海域に住む動植物の生態系への影響にも配慮するという。TenneTとEnerginetは、自然や環境などの関連団体と緊密に連携し、ドッガーバンクの生物多様性に対するリスク評価なども行うとしている。

出典:日経XTEC



出典:North Sea Wind Power Hub Programme

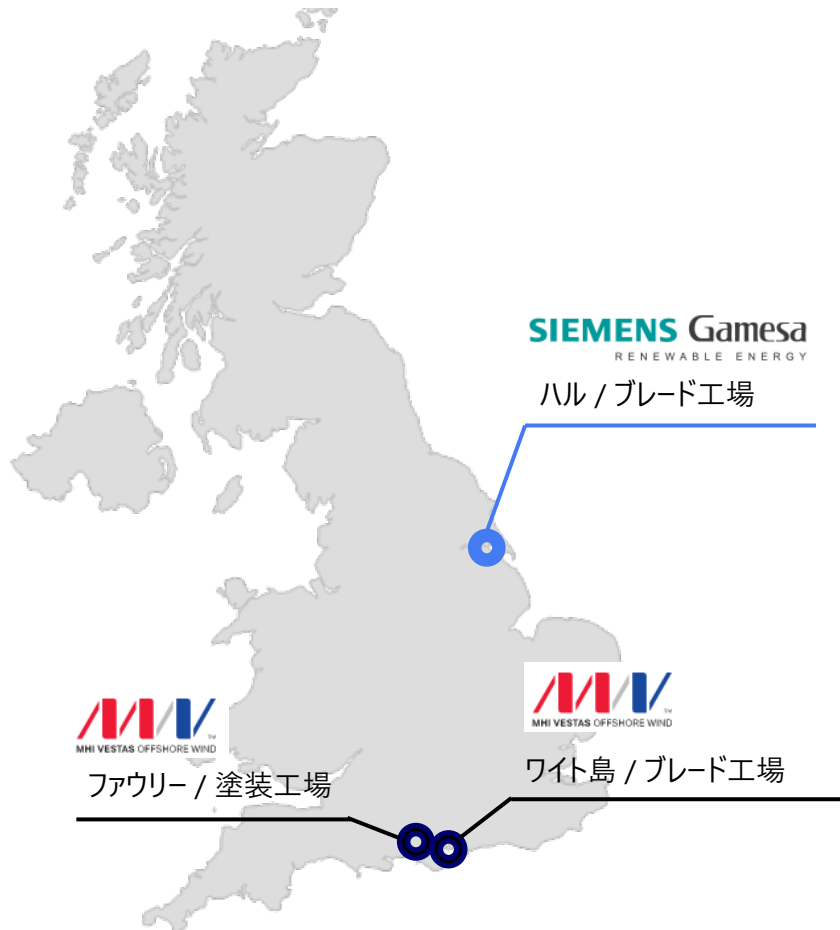


# 英国：洋上風力セクターディール（2019年3月）

- 英国では、既存の政府・産業連絡組織である洋上風力発電産業審議会（OWIC：Offshore Wind Industrial Council、毎年2回会議を開催）という官民一体の協議会で英国における産業化を議論していた母体から、洋上風力セクターディールに移行

- 英国政府と洋上風力関連産業界が、2030年までに洋上風力30GWの導入を目指すことで合意。主要ポイントは下記の通り（但し、一層のコスト低減実現が前提）

- ① 洋上風力発電導入の予見性確保のため、政府は最大£557mの支援（CfD契約）を行う
- ② 洋上風力発電の英国調達比率を産業界は2030年までに、60%に引き上げる
- ③ 洋上風力発電の直接雇用 現在7,200人 ⇒ 2030年には27,000人に増やす。洋上風力発電で働く女性比率を2030年までに、1/3以上に増やす
- ④ 洋上風力発電関連の輸出を2030年までに5倍に増やす（年間£2.6b）
- ⑤ 強固なサプライチェーンを構築し、生産性向上と競争力を強化するために、産業界は Offshore Wind Growth Partnershipを設立し、最大£250mを投資する



# 米国：洋上風力導入拡大のシナリオ（2020年3月）

■ 風力関連部品工場数は500以上、25,000人超が風力関連産業に従事

■ 導入量の拡大、全国展開と共に雇用の増加と製造の国産化が進展

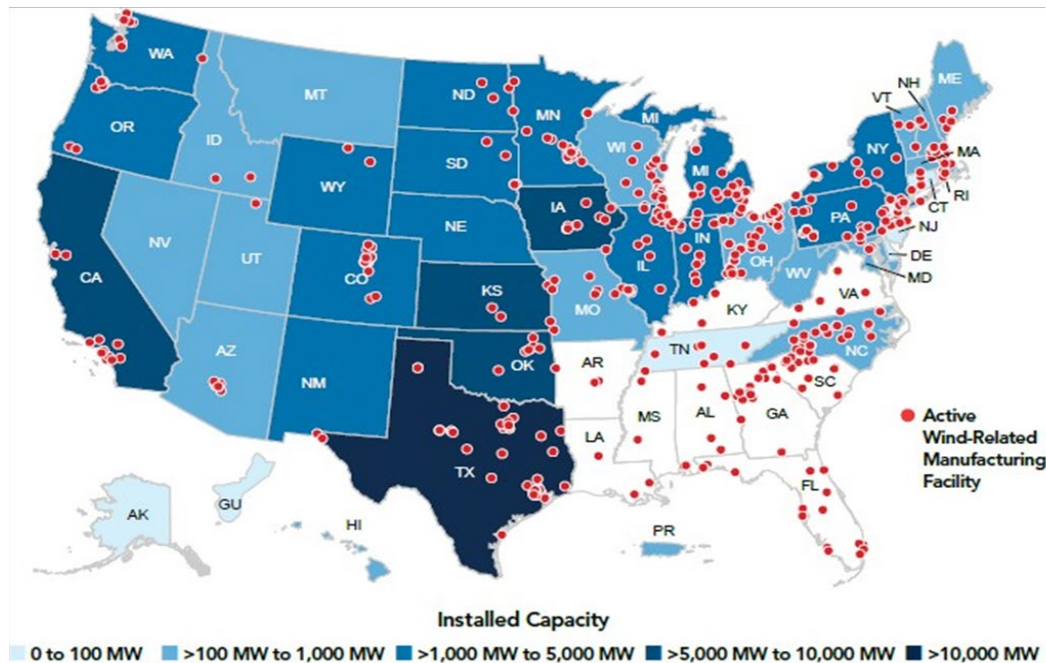
■ サブコンポーネントは国内各地で関連産業拡大の可能性あり

⇒ 洋上風力導入拡大は、雇用創出、投資誘致、港湾や沿岸地域の活性化、国内製造業の繁栄に寄与

## 洋上風力発電導入による経済効果評価の概略

	2025年	2030年
導入量	9~14GW	20~30GW
国内生産率	21%	45%
関連雇用数	1.9~4.5万人	4.5~8.3万人
年間 経済算出量	\$5.5-\$14.2billion (6~16兆円)	\$12.5-\$25.4 billion (14~28兆円)

Active Wind-Related Manufacturing Facilities



出典：「U.S. Offshore Wind Power Economic Impact Assessment」by AWEA (March, 2020)

# 台湾：洋上風力発電の開発状況

## 【洋上風力発電の導入状況】

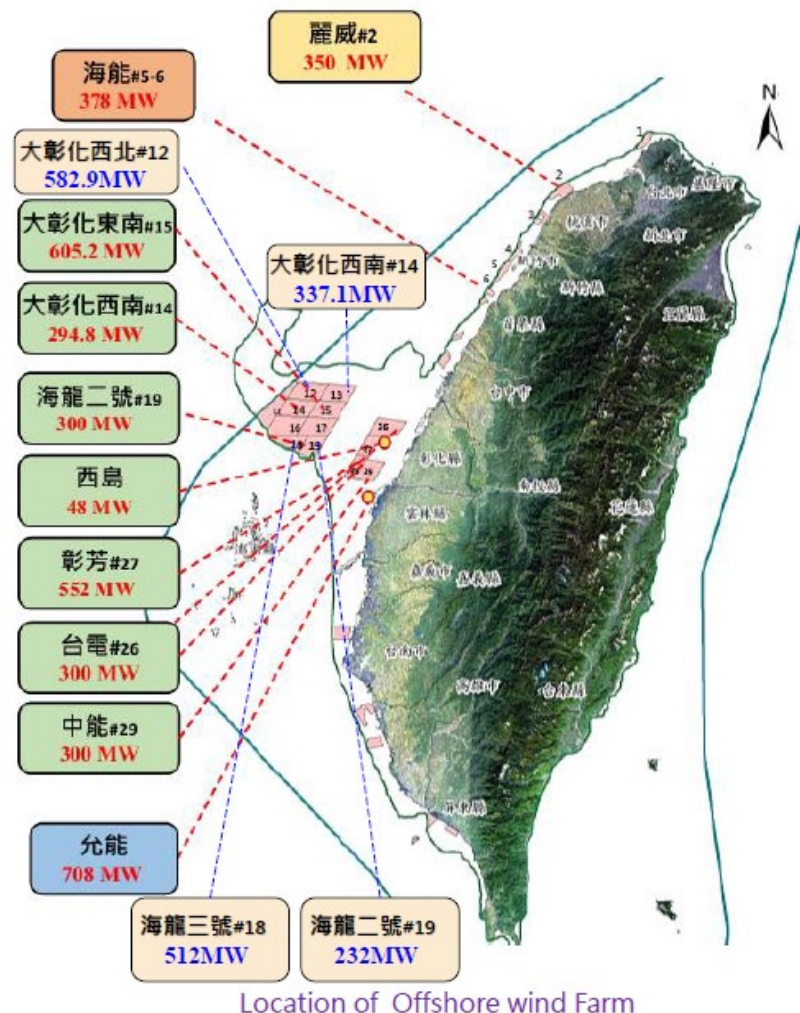
- 2020年6月時点で128MW(1サイト)が稼働中、約750MW(2サイト)が建設中
- 導入目標は、2025年に5.6GW、2035年に15.6GW

- 風車・基礎・海底ケーブル・使用船舶等に対して厳しい現地調達要求(LCR)を設定
- 海外企業と現地企業の協業や投資・雇用を加速

## 【具体例】

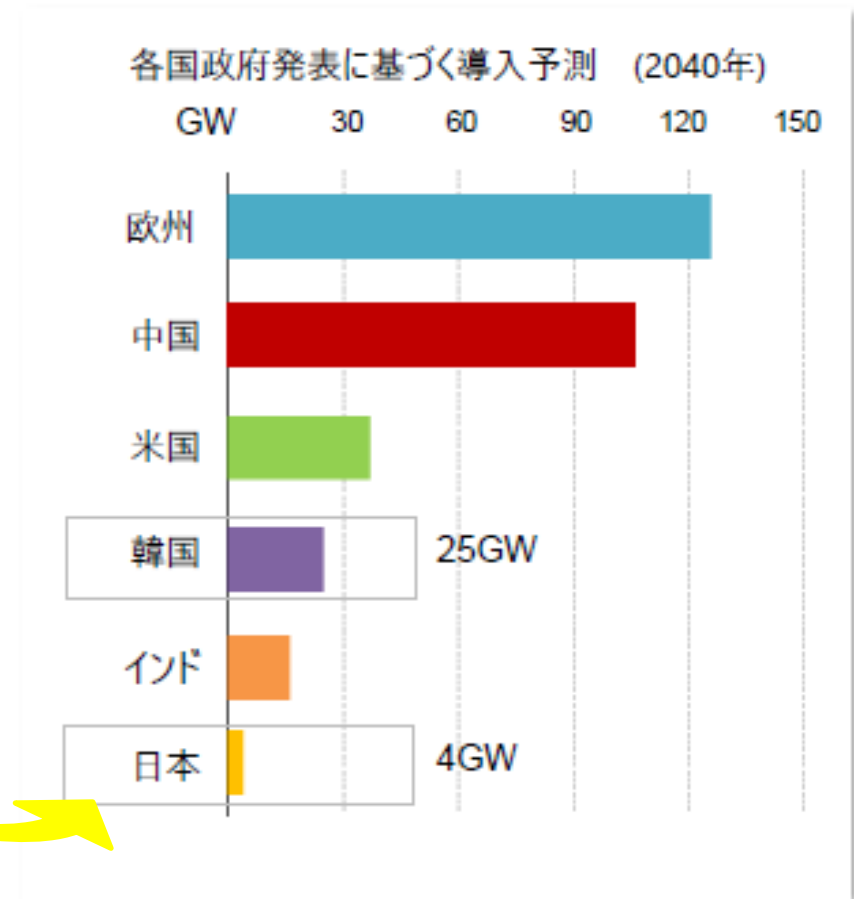
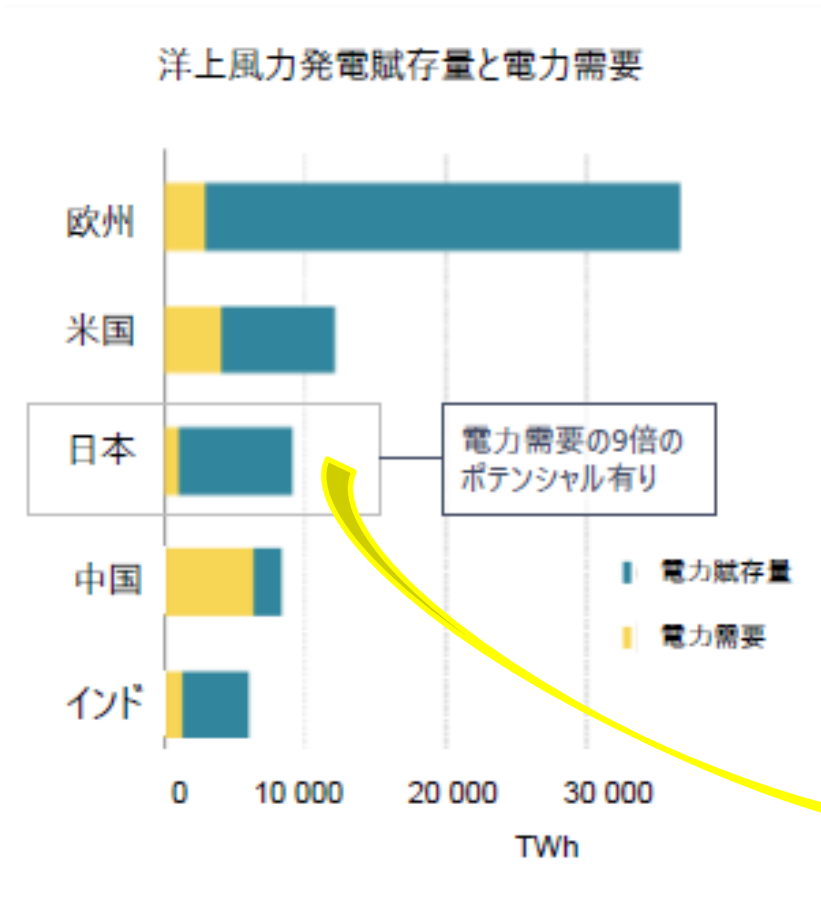
- 建設：台湾環海風電工程、樺棋營造
- 風車部品・材料：上緯国際投資控股、台湾塑膠工業、金豊機器工業、天力離岸風電科技、士林電機
- 基礎：興達海洋基礎、世紀鋼鐵結構
- 送変電：東元電機、華城電機

等



# 世界から見た日本の洋上風力発電（現状）

- IEA見通しによれば、日本のポテンシャルと世界の評価にはギャップがある



- 洋上風力導入拡大の必要性
- 世界の洋上風力導入拡大の動き
- 日本の洋上風力発電のポテンシャル
- 洋上風力の主力電源化を目指して
- おわりに



# 日本の洋上風力発電のポテンシャル

着床式ポテンシャル：約128GW  
浮体式ポテンシャル：約424GW

[注記]JWPAが2018年2月28日に公表した着床式ポテンシャル：約91GWは前提条件の水深を10-40mの範囲としていたが、今回は水深10-50mに変更している。

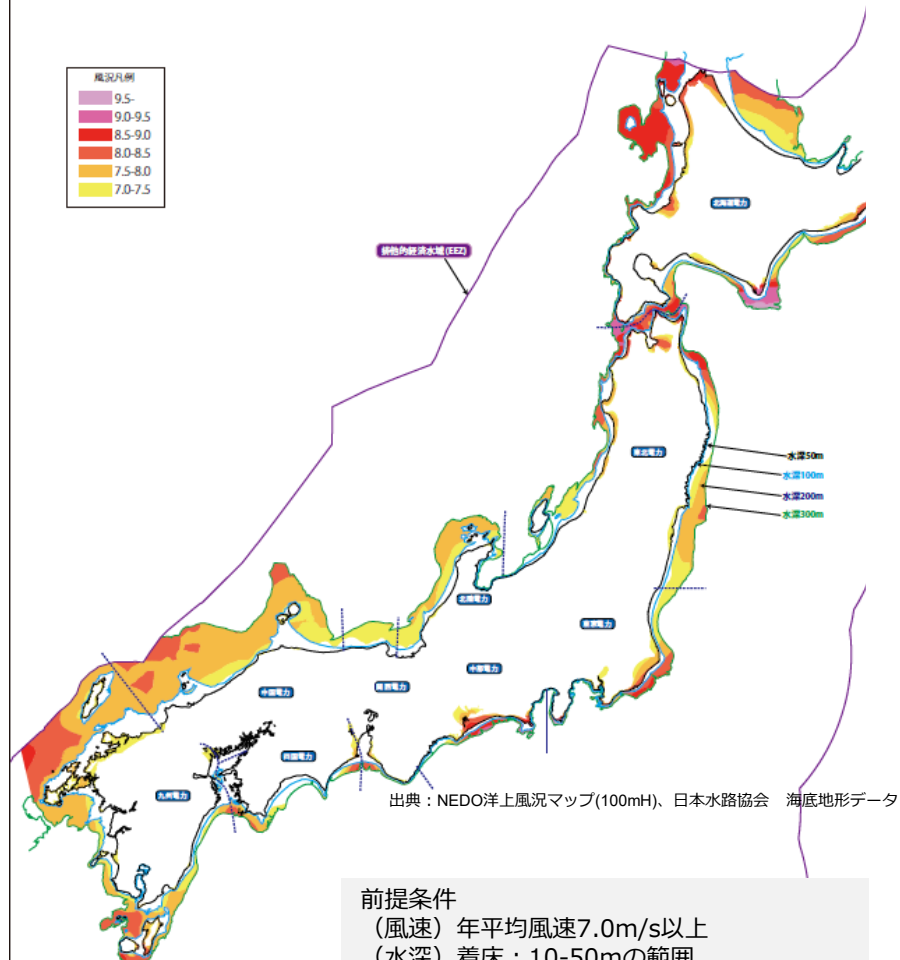
【着床式】  
水深 10～50m

6MW/km <sup>2</sup>		風速別(m/s)容量 GW					
電力管内	全体容量 GW	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0	9.0-9.5	9.5-
全国	128.8	55.1	42.8	22.5	7.0	1.3	0.0
北海道	41.0	10.0	15.0	11.3	3.8	0.9	0.0
東北	22.7	9.4	8.3	3.8	1.1	0.1	0.0
東京	14.8	6.1	5.8	2.6	0.1	0.2	0.0
中部	12.4	3.1	3.5	3.7	1.9	0.1	0.0
北陸	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
関西	2.1	1.7	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0
中国	2.5	2.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
四国	2.5	1.9	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0
九州	29.5	19.5	9.1	1.0	0.0	0.0	0.0

【浮体式】  
水深 100～300m

3MW/km <sup>2</sup>		風速別(m/s)容量 GW					
電力管内	全体容量 GW	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0	9.0-9.5	9.5-
全国	424.5	86.4	197.8	84.7	43.3	9.7	2.6
北海道	93.2	13.4	19.1	21.8	31.0	5.6	2.2
東北	51.7	17.3	19.1	7.5	5.2	2.6	0.0
東京	13.3	4.5	2.0	4.5	2.0	0.2	0.2
中部	4.7	0.3	0.4	0.7	1.9	1.2	0.2
北陸	30.2	13.0	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0
関西	10.6	8.7	0.9	0.8	0.1	0.0	0.0
中国	107.8	16.1	73.9	17.8	0.0	0.0	0.0
四国	8.3	2.7	3.8	1.8	0.2	0.0	0.0
九州	104.6	10.4	61.3	29.9	3.0	0.0	0.0

全国 洋上風力 ポテンシャルマップ



前提条件

(風速) 年平均風速7.0m/s以上  
(水深) 着床：10-50mの範囲  
浮体：100-300mの範囲  
(最低容量) 1PJ当たり約120MW以上を想定

- 洋上風力導入拡大の必要性
- 世界の洋上風力導入拡大の動き
- 日本の洋上風力発電のポテンシャル
- 洋上風力の主力電源化を目指して**
- おわりに

# 意欲的で明確な中長期導入目標の設定

- 2030年：洋上風力10GW
  - 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
  - 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)
  - 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





# 導入拡大につながる好循環の形成

- 「意欲的で明確な中長期導入目標の設定」が好循環の呼び水に

意欲的且つ計画的・  
継続的な中長期の  
導入目標を設定

市場形成  
市場参加者の増加

コスト低減に伴う  
さらなる市場拡大

競争環境の醸成

- 欧米技術の導入・習熟度向上
- 技術革新
- 産業化の進展

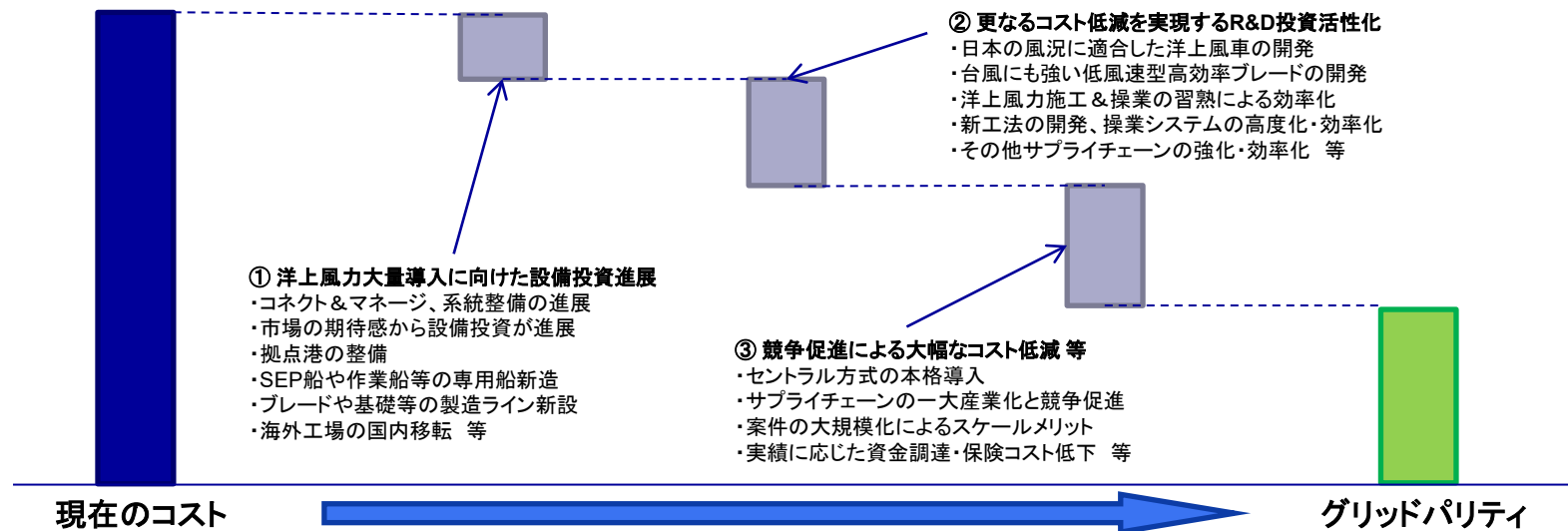
# 「コスト競争力を有する電源」として自立化

## ■ 発電コスト（LCOE） 8～9 円/kWhを目指す

- 日本は、成熟した欧州の洋上風力産業の知見（約30年の実績）を得ることができると、欧州よりも短い期間でのコスト低減は可能と想定される
- 発電コスト低減は、大量導入（規模の経済）、技術革新、産業の習熟が前提となる
- コスト低減のスピードは、適切な制度の安定性及び導入目標等に依存する

（出典：第4回エネルギー情勢懇談会のOrsted社（欧州の発電事業者）説明資料を一部引用・加筆）

### 洋上風力発電コストのグリッドパリティ達成イメージ（JWPA作成）



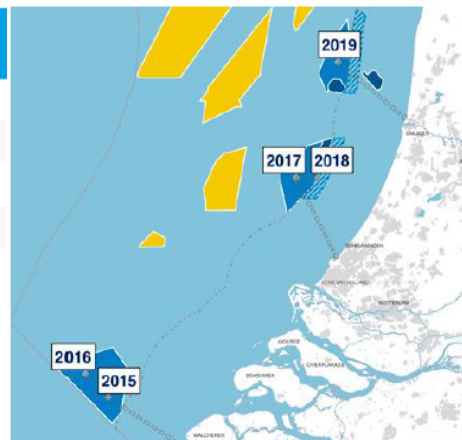
# オランダ政府が初導入したセントラル方式

## ● 事業者にとってリスクの無い、最も好ましい条件を政府が提供

1. 長期の明確な導入計画
2. 系統接続の保証
3. 政府がゾーニング
4. 建設許可と補助金助成の一元化
5. 巨大なプロジェクト規模
6. プロジェクトの標準化
7. 恵まれたプロジェクト条件

1. オランダ政府が大規模洋上風力(3.5GW/700MW×5年)を2023年までに導入することを発表
2. 系統接続とその設備はTSOが供給
3. 国が開発に責任を持ち、風況観測、海底調査、環境アセスなどを行う
4. 建設許可と補助金の助成のプロセスが一体化している
5. 各入札350MW × 2のプロジェクト規模。規模の利益が得られやすい
6. 個々のプロジェクトが類似な条件のため、標準化しやすい
7. 水深16-38m、離岸距離22kmと現在の技術で十分対応できる条件

Year	Power	Wind Farm Zone
2015	700 MW	Borssele Wind Farm Zone, Wind Farm Site I and II
2016	700 MW	Borssele Wind Farm Zone, Wind Farm Site III and IV
2017	700 MW	Hollandse Kust ZH Wind Farm Zone
2018	700 MW	Hollandse Kust ZH Wind Farm Zone
2019	700 MW	Hollandse Kust NH Wind Farm Zone

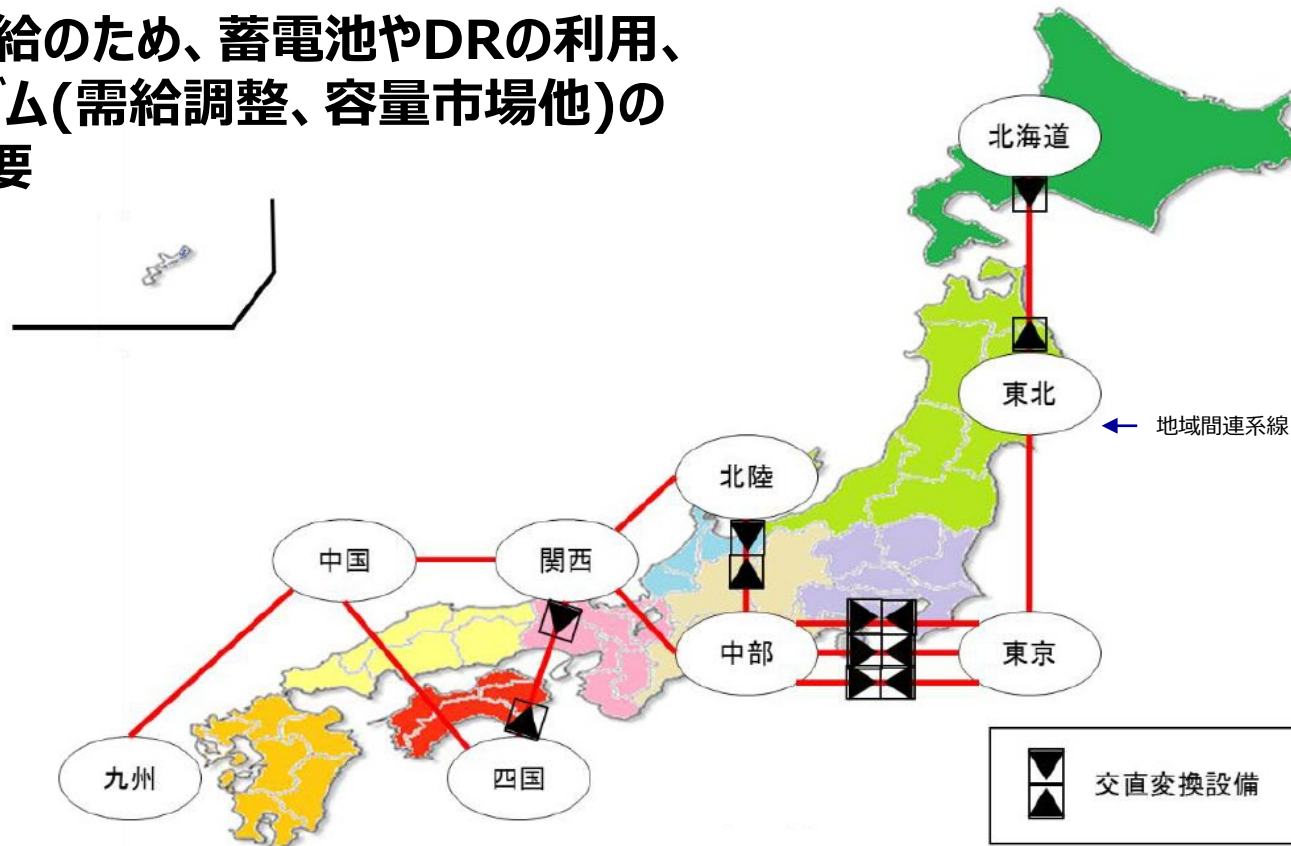


事業者の開発  
リスクを最小化

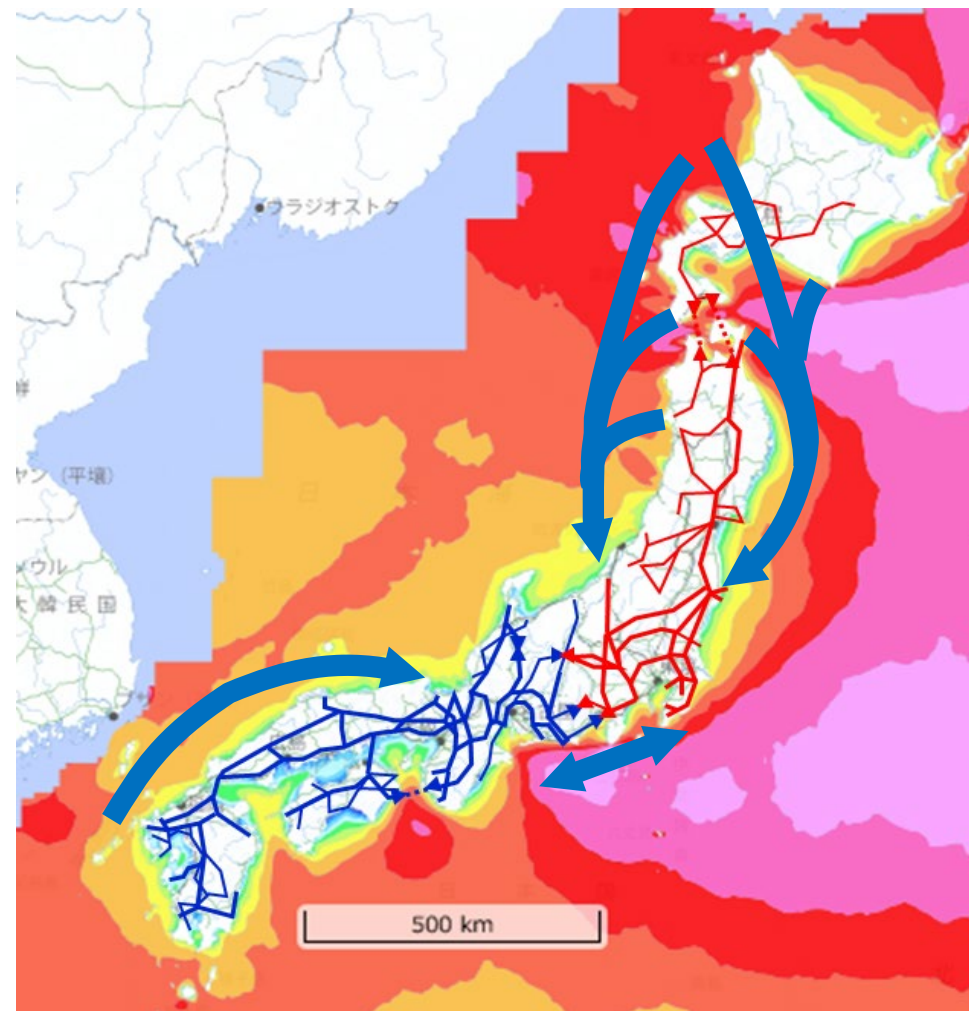
Source: MAKE,  
Netherlands Enterprise Agency

# 再エネ主力電源化に適した電力ネットワークの形成と運用

- 送電線利用ルールを早期に見直し
- 欧米と同様の実潮流ベースによる系統連系を早期に実現
- 洋上風力由来電力を需要地に送電可能とするマスタープラン
- 電力安定供給のため、蓄電池やDRの利用、市場メカニズム(需給調整、容量市場他)の活用等も必要

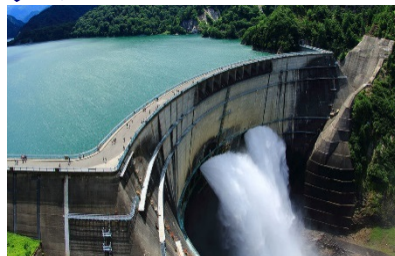


# 【参考】ジャパン・スーパーグリッドのイメージ



## 大型電源 = 広域消費

ダム



原子力



洋上風力



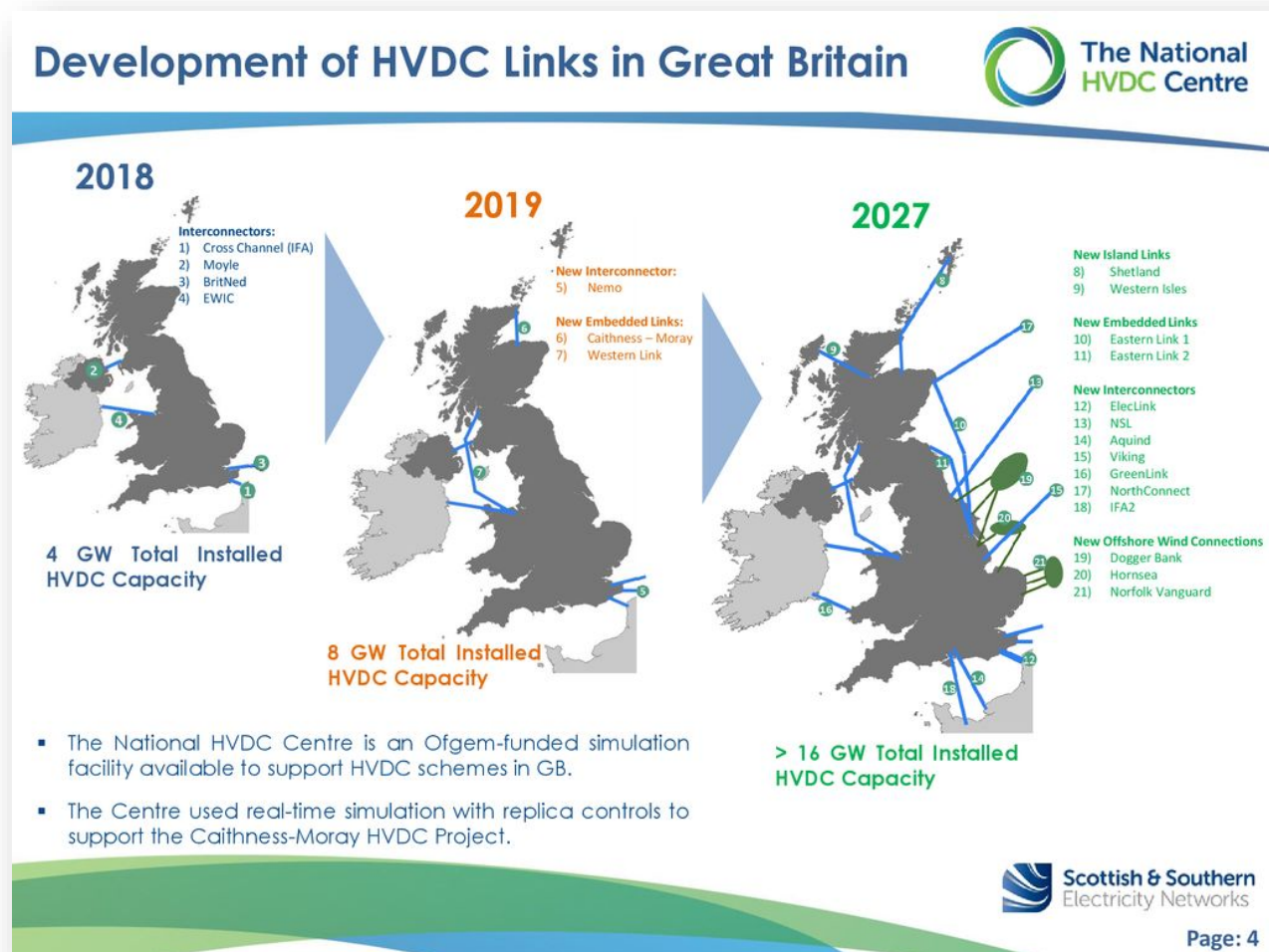
- 海底ケーブルによる短納期での整備
- 直流送電でロス少なく長距離に最適
- 全国大で系統の一体運用を可能に

※ NEDO洋上風況マップ ([http://app10.infoc.nedo.go.jp/Nedo\\_Webgis/index.html](http://app10.infoc.nedo.go.jp/Nedo_Webgis/index.html)) に主要電力系統 (275kV以上) 概略図を重ねた



# 【参考】英国の直流送電プロジェクト事例

- 日本と同様な島国である英国も、より多くの再エネ導入のため、積極的に直流送電システムを建設している



# 拠点港の計画的な整備

- 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)



# 【参考】拠点港の整備／求められる機能

## ◆ 拠点港位置

発電ポテンシャルエリアの把握

将来の拡張性に鑑みた選定

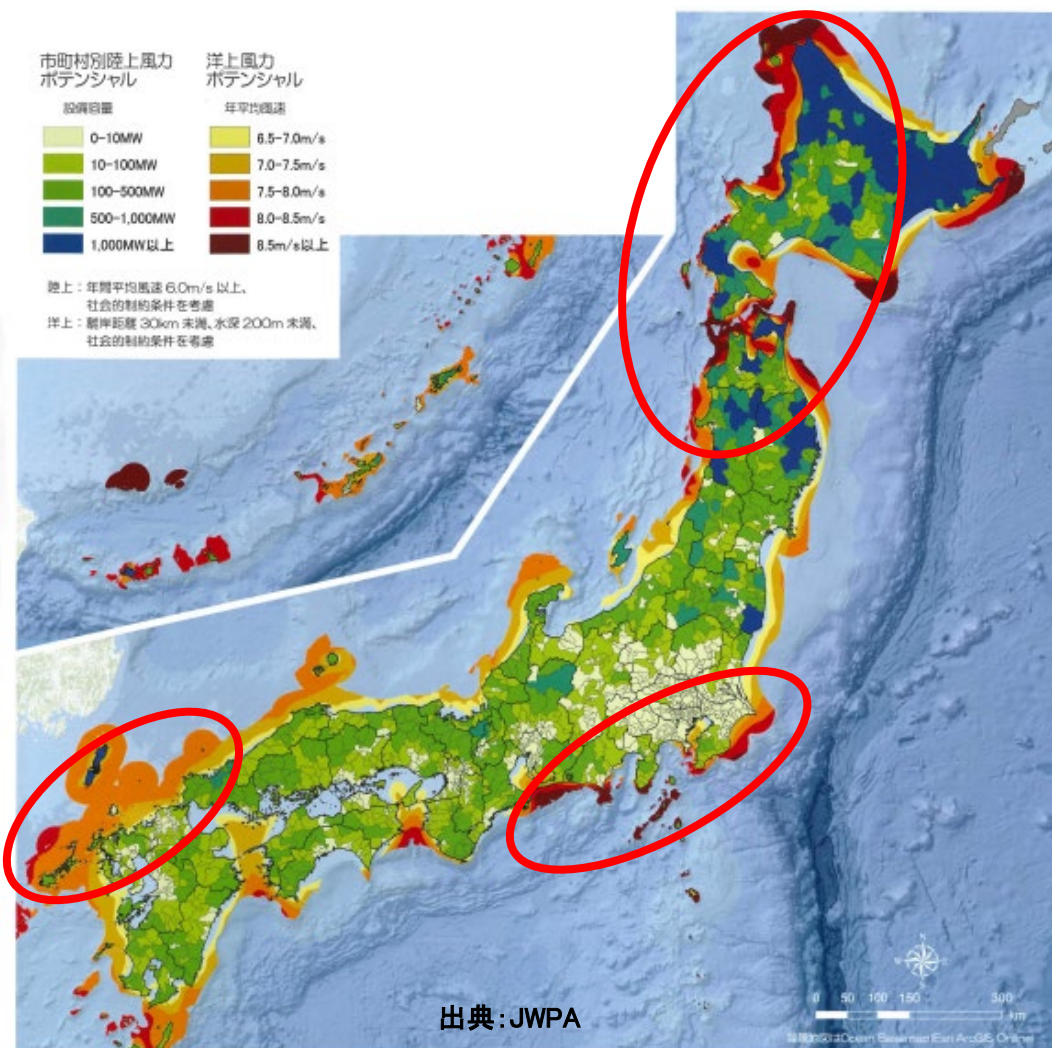
## ◆ 求められる機能

洋上工事を最小にするためのプレ・アセンブリーを複数の発電事業者が順番もしくはは並行して使用することを想定

周辺で複数の案件が同時開発されることを想定

着床式に加え、浮体式を想定

## 地上高100mにおける洋上風況マップ





# 各分野の主な検討課題①

## ＜風力発電機・関連機器、及び基礎構造の設計・製造＞

### ➤ 国内風力関連産業の強化・再構築

- 洋上風力関連産業(風車、タワー、基礎(浮体含む)等)の国内誘致
- 国内部品・装置メーカーの新規参入促進
- メンテナンスにおける交換・消耗部品の国内製造を奨励・促進

### ➤ 日本・アジアの環境に適応する「次世代日本型風車」の開発

- 低風速域対応・免震・耐乱流を可能とする風車技術の開発・実証
- 発電コスト低減技術(ブレード最適化、基礎(浮体含む)等)の開発・実証

### ➤ 各種専門技術者・専門員等新たな人材の養成と確保

- 大学等教育機関と連携した風力関連講座の開設
- 高等専門学校、工業高校への風力専門学科の新設

# 各分野の主な検討課題②

## <輸送、施工(建設工事)、メンテナンス、ファイナンス>

### ➤ 開発コスト及び建設コストの低減

- 輸送性の改善、再利用の推進
- 低コスト化施工技術の奨励・確立(海外との連携)
- 据付用作業船舶の高効率化(革新的な施工方法、船舶の国内建造等)
- 基礎及び係留装置等の低コスト化(海外との連携、国内誘致、造船技術の転用)
- 工事用船舶使用及び就労許可に関する規制緩和
- キャピタルリサイクルの推進(資金調達が多様化、金融スキームの整備)

### ➤ 海洋土木(建設・設置～O&M)人材の育成

- 計画・設計・施工(海上工事等)に精通した人材を育成する仕組み(システム)の構築
- 洋上風力発電向け技術訓練センターの設置
- O&M人材育成システムの構築、訓練センターの設置
- 国際基準に準拠した関連規格や関連する資格・認証制度の制定(安全の確保)

# 新産業「洋上風力発電産業」の創出・形成

## ● すそ野が広く持続性ある新産業 ⇒ 「洋上風力発電産業戦略」策定

- 風車の部品点数は1基当り1～2万点 ⇒ 自動車産業に匹敵するすそ野の広さ
- 既存産業である製鉄、造船、鉄構等のを再活性化
- 地域と連携して人材・技術・産業基盤(=自国産業競争力)を強化
- 「クリーンな重厚長大産業」を新たに形成

[例] 洋上風車の基礎は多量の鋼材(着床式基礎・年間15万トン=1GW)

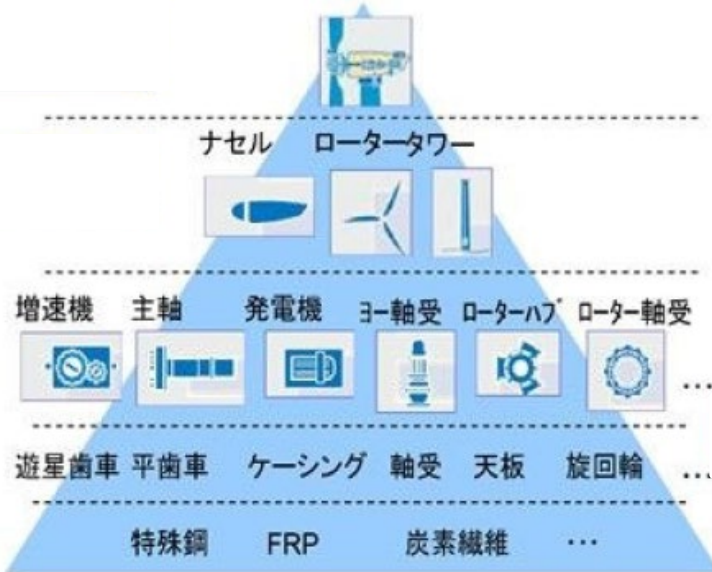
着床式基礎(モパイル)の製造状況(オランダ)





# 日本の風力発電関連産業の現状

- 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

- 洋上風力導入拡大の必要性
- 世界の洋上風力導入拡大の動き
- 日本の洋上風力発電のポテンシャル
- 洋上風力の主力電源化を目指して
- おわりに

# おわりに

- 洋上風力の主力電源化を目指し、経済的な自立化や風力サプライチェーンの構築に必要な投資等、事業者自ら取り組むべき事項については業界一丸となって挑戦・尽力していきたい
- 他方、山積している多様な課題の解決や各種リスクの低減等については、官民一体での取り組みを不断に進めることが必要なため、官民協議会で作成するグランドデザインの下に、(官民対話の機会を継続しつつ、)テーマ毎の作業部会(WG)を設置し、課題の抽出と解決に向けた検討の深掘りを行いたい
- また、課題解決のためのアクションプラン(及びロードマップ)を作業部会(WG)で作成・公表し、その実行と定期的な検証を官民連携して実施していきたい

## 検討体制のイメージ

