

国際シンポジウム

系統運用と自然エネルギーの大量導入

100%自然エネルギーを目指すデンマークの知見を学ぶ



洋上風力発電の世界動向と日本が学べること

MHI Vestas Offshore Wind
チーフ・ストラテジー・オフィサー
山田 正人

Agenda

- **MHI Vestas Offshore Wind**

- 洋上風力発電の経済性向上のために
- 世界の洋上風力発電市場から日本が学べること
- 日本にとっての再生可能エネルギー

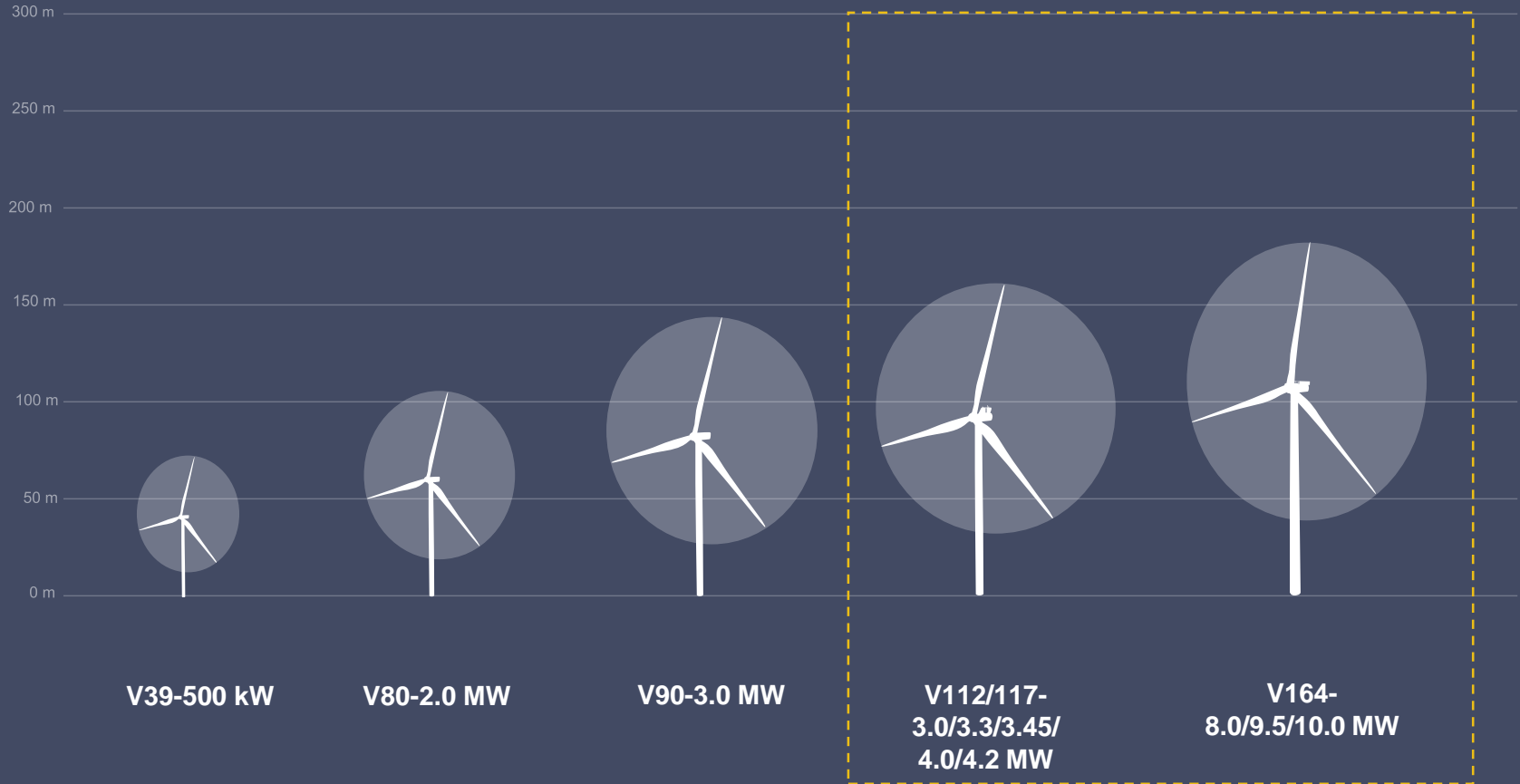


MHI Vestas Offshore Wind A/S

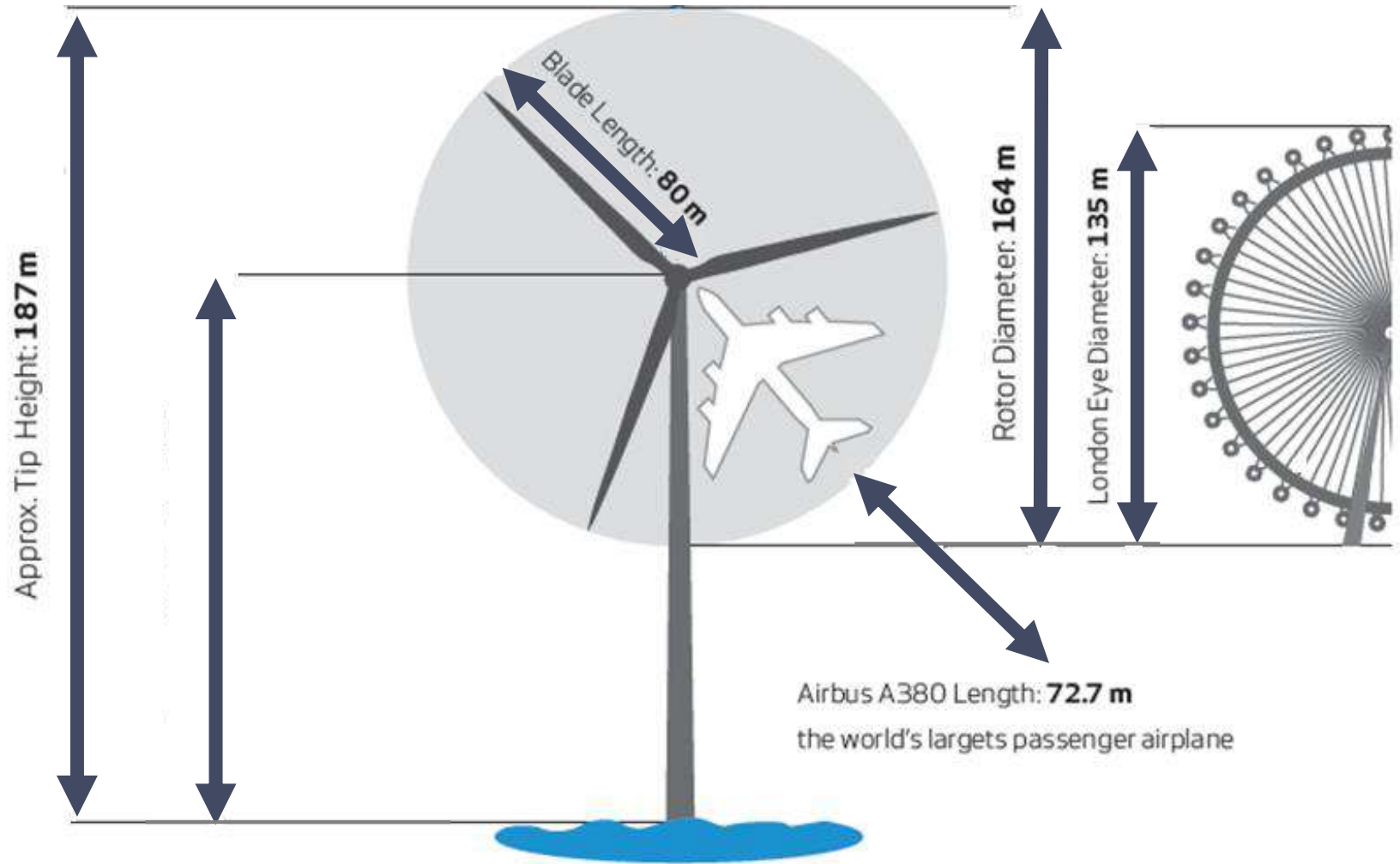
- (1) 本社所在地： デンマーク オーフス市
- (2) 代表者：
CEO フィリップ・カバフィアン (Philippe Kavafyan)
Co-CEO ラース・ボンド・コースゴー (Lars Bondo Krogsgaard)
- (3) 事業内容：
全世界を対象とした洋上風車の開発・設計・調達・
製造・販売・アフターサービス
- (4) 設立年月日： 2014年4月1日
- (5) 従業員数：2,633名
(2018年8月時点。 2018年8月時点で日本人派遣者21名)
- (6) 出資比率： MHI 50%、Vestas 50%

製品ラインアップ

技術革新により大型化と性能改善を実現



V164サイズ



Agenda

- **MHI Vestas Offshore Wind**

- **洋上風力発電の経済性向上のために**

- **世界の洋上風力発電市場から日本が学べること**

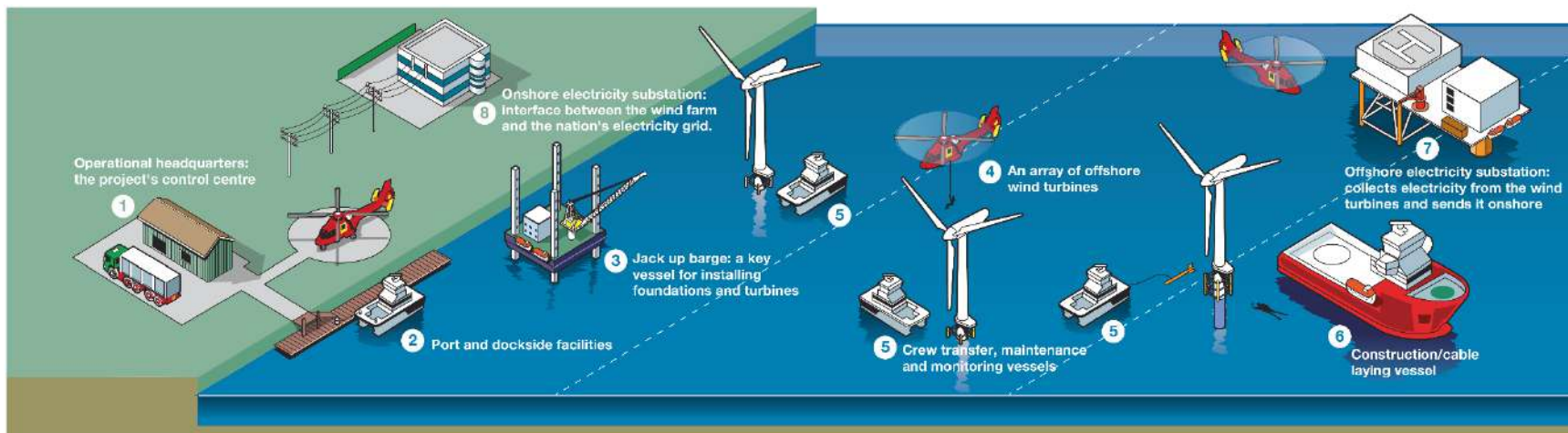
- **日本にとっての再生可能エネルギー**

経済性向上に向けた風車メーカーとしての取り組み

洋上風車プロジェクトは、陸上に比べて一般的に風況が良く、土地制約が少ないため大型機を導入しやすいメリットがある。

一方、建設・運転保守とも陸上風力に比べ作業が難しく天候に左右されるため、これをいかに克服できるかが鍵となる。

1. 信頼性の高い風車の投入
2. 建設工事期間の最短化
3. きめ細かい長期メンテナンスによる高い稼働率



Source: Offshore Wind Energy - Owners' Workshop Manual, July 2016, renewableUK

1. 信頼性の高い風車の投入：開発・コンポーネント実証

コンポーネント、システムレベルでの徹底した実証

- 最新鋭の自社試験設備と量産開始前の先行試作機で検証試験を実施、性能・信頼性を確認

Drive Trainテスト設備



ウインドシミュレーターを搭載。
実際のサイト風況を模擬したドライブトレインの長期信頼性検証を実施可能。(Vestas, Denmark)

ナセルのテスト設備



Clemson大学にて V164-9.5 MW の実証試験を実施
(写真：Clemson University)

1. 信頼性の高い風車の投入：進化する洋上風車

- デジタル制御技術を駆使しサイト条件に合わせてWind Farm制御を最適化



MVOW MAX Performance®

MAX Power	MAX Cap	MAX Storm	MAX Flow
MAXIMISE TURBINE POWER OUTPUT <small>Available for: V164-8.0 MW</small>	MAXIMISE CAPACITY TO GRID <small>Available for: V164-8.0 MW</small>	MAXIMISE PRODUCTIVITY IN HIGH WINDS <small>Available for: V164-8.0 MW</small>	MAXIMISE WAKE AND FLOW CONTROL <small>Available for: V164-8.0 MW</small>

- サイト条件に合わせて出力・荷重バランスを最適化
- 最大5%の出力増
- 一部風車の停止による出力減をプラント全体で補正
- グリッドへの供給出力を維持
- 強風地域への適用
- 出力・荷重バランスの最適化によりCut-out 風力を31 m/sへ引き上げ
- ウェイクエフェクトに対する制御
- プラント全体での出力最大化

風車単体制御からWind Farm全体の制御へ
顧客価値を最大化するとともに系統安定化にも貢献していく

2. 建設工事期間の最短化：最新工法

20年の経験とたえまない工法改善

- 洋上での作業を極力陸上にシフトする：コストとリスクの低減
→ 洋上風車仮組立・出荷基地でのタワーの全組立、
ナセルの試運転 (Plug & Play Operation)
- 仮組立基地の整備と建造船の能力が重要



100日間で100基の洋上風車を建設

FACTS	
Country	United Kingdom
Owner	Vattenfall
Installation year	2010
Number of turbines	100
Turbine type	V90-3.0 MW®
Total output capacity	300 MW



サネット, 英国 (V90-3.0MW) 2010年

一日に最大2基の洋上風車を据付

FACTS	
Country	Netherlands
Owner	Eneco (50%), Mitsubishi Corporation (50%)
Installation year	2015
Number of turbines	43
Turbine type	V112-3.0 MW®
Total output capacity	129 MW



ルフタダウネン, オランダ (V112-3.0MW) 2015年

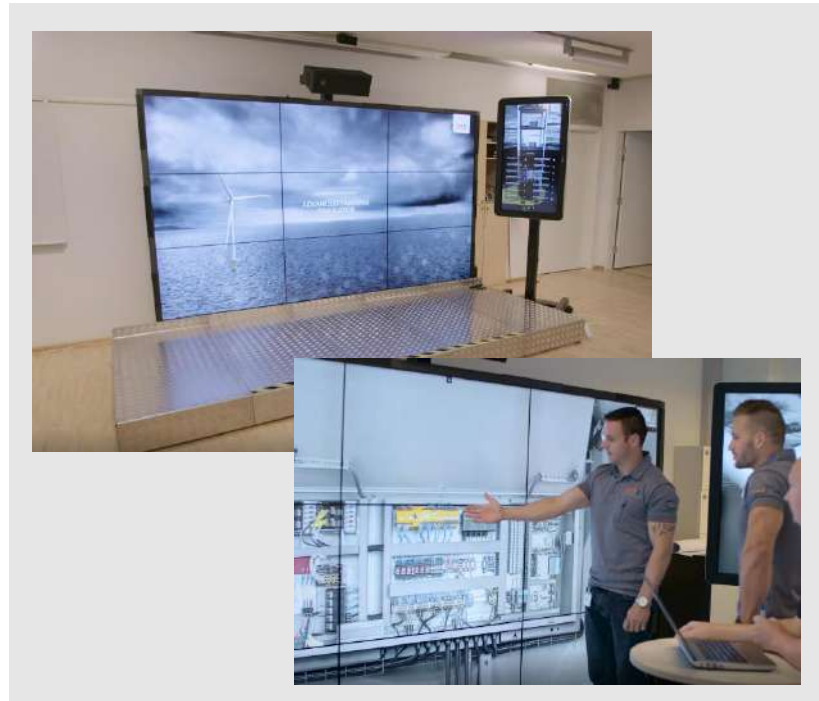
2. 建設工事期間の最短化：8 MWプロジェクトの建設 習熟効果で据付工期を短縮中



3. きめ細かい長期メンテナンス：技術・熟練・豊富なデータ

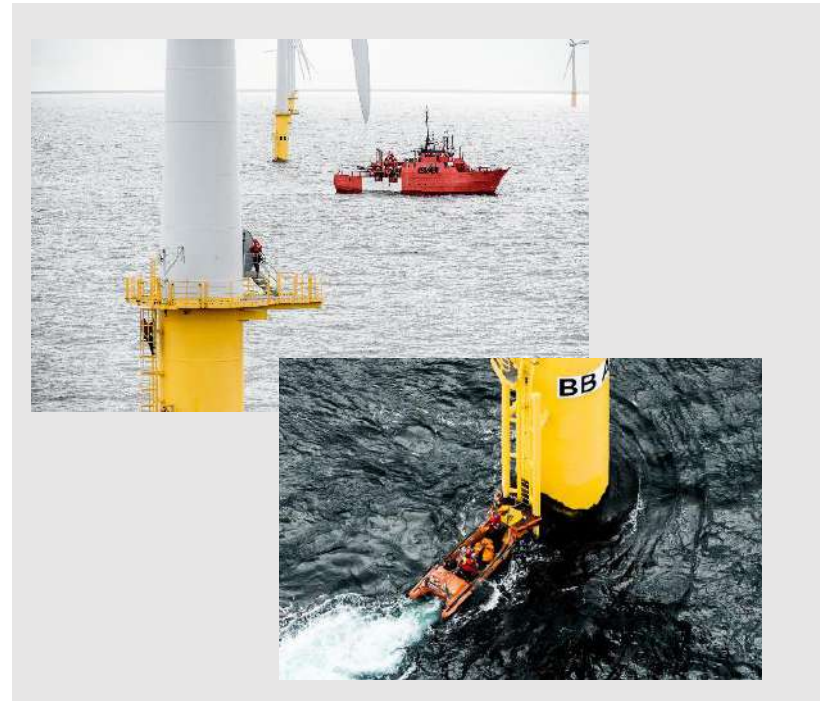
たえまぬ訓練を積んだ熟練技術者による、膨大なデータを活用したO&Mで逸失電力量を最小に

熟練技術者によるO&M



- ナセル内部を最新3Dシミュレーターにて実物大で再現。
- 実機での作業前に、クラスルームで徹底したトレーニングを行う。

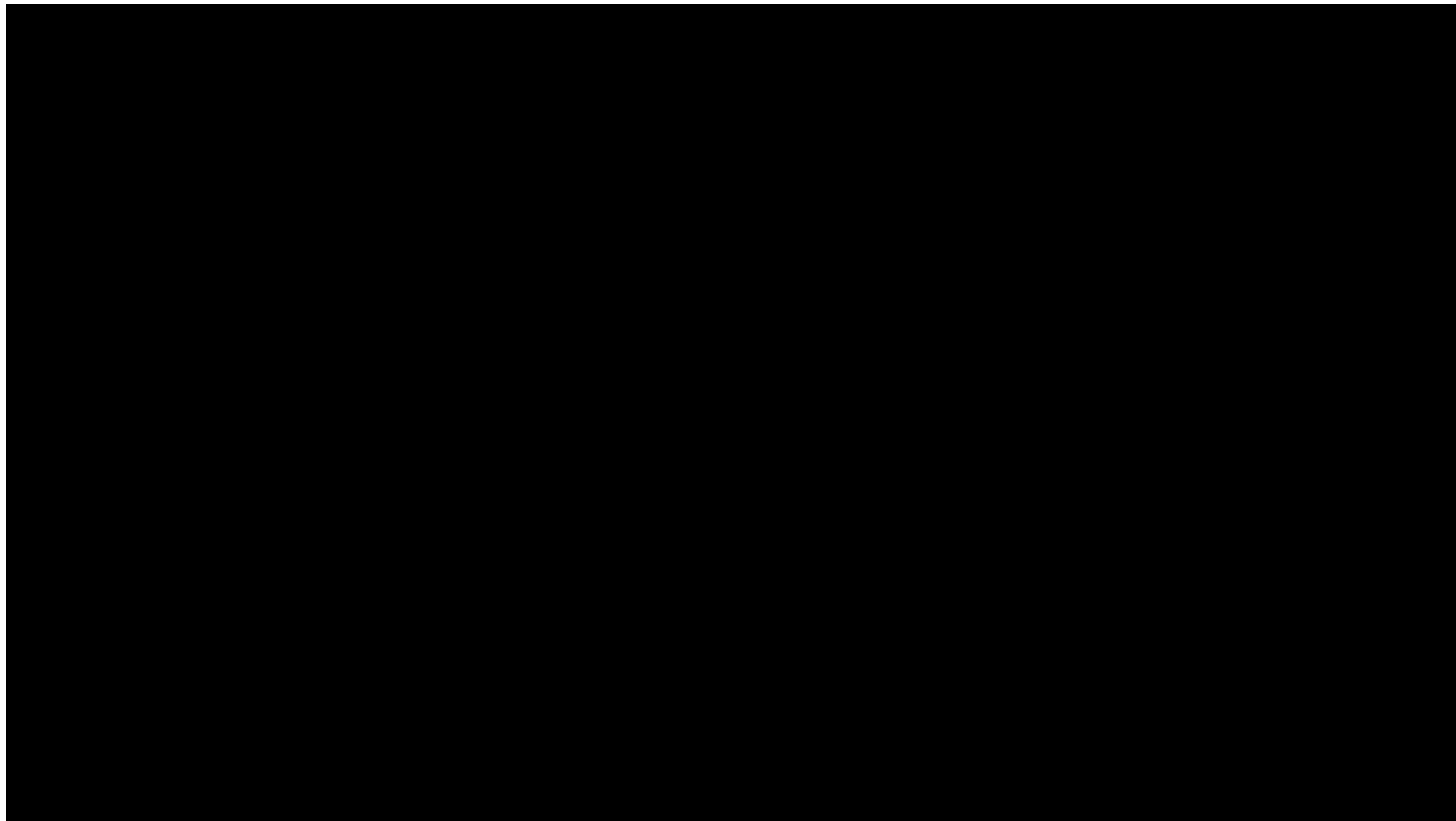
データ分析・最適なメンテナンス計画



- 33,000台超の既納風車を監視。2008年からスーパーコンピュータを導入、すべての気象データ・運転・保守データを集積し分析・応用
- 早期異常検知・損傷停止前の計画的なメンテナンス
- 気象データに基づく最適メンテナンススケジュール策定

3. きめ細かい長期メンテナンス：スキルワーカーによるO&Mサービス

最新設備を用いたスキルワーカーの育成



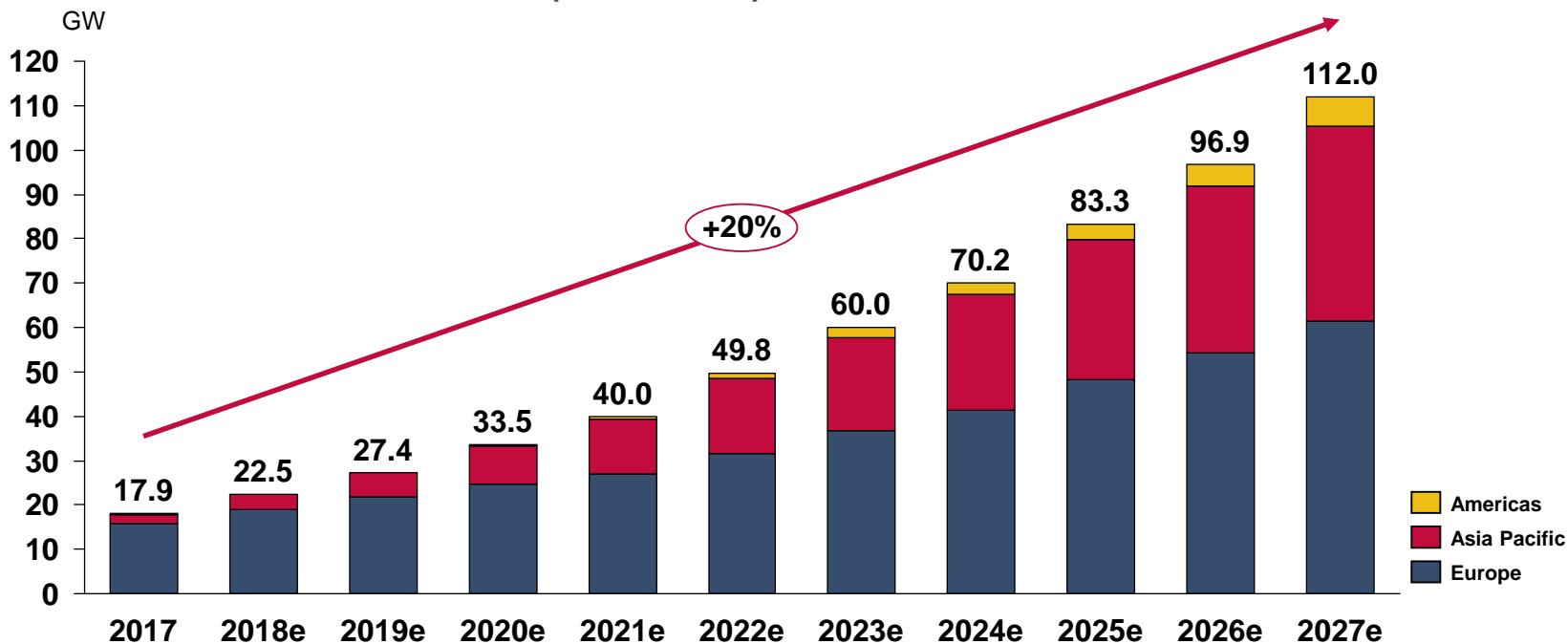
Agenda

- **MHI Vestas Offshore Wind**
- 洋上風力発電の経済性向上のために
- 世界の洋上風力発電市場から日本が学べること
- 日本にとっての再生可能エネルギー

世界の洋上風車市場 | 今後の見通し

価格下落を背景に欧州各国が計画を積み増し、さらに新市場も拡大が見込まれる

Offshore Wind Market Forecast (Cumulative)

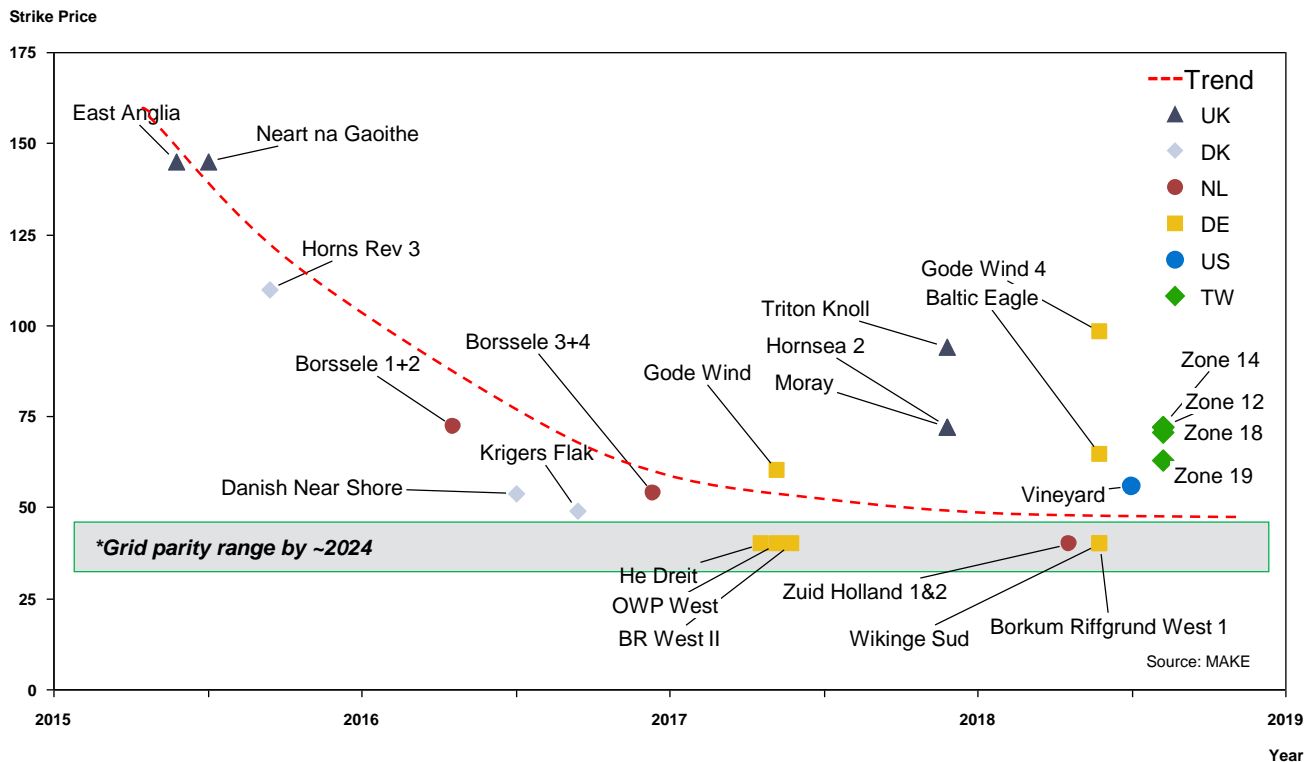


Source: MAKE

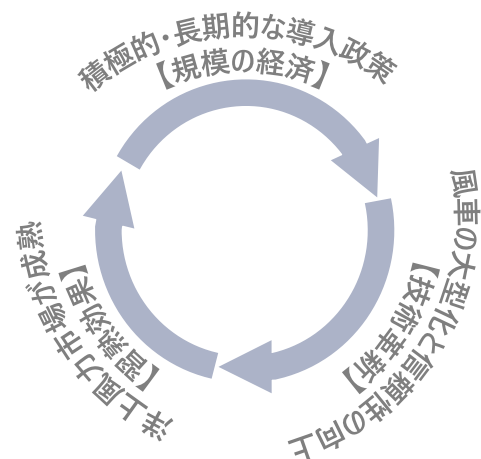
近年洋上風力の価格は劇的に下がっている

- 『規模の経済』、『技術革新』、『習熟効果』がコストダウンの基盤となる
- 加えて各国政府の周到な入札制度導入により最大限の競争効果が引き出された
- 補助金負担が減ることですます導入規模が増える好循環に達している

欧州洋上風力 事業入札結果まとめ



- 英国/米国の入札価格は、入札時の対EURレートにて換算済み
- 補助金ゼロ入札結果はスポット価格を参考に記載
- 米国Vineyard入札価格は2017年価格ベース



+

巧妙な入札制度による競争の激化

↓

落札価格が大幅に下落し補助金負担低減、さらなる導入拡大の好循環プロセス

Agenda

- **MHI Vestas Offshore Wind**
- 洋上風力発電の経済性向上のために
- 世界の洋上風力発電市場から日本が学べること
- 日本にとっての再生可能エネルギー

再生可能エネルギーがエネルギーの地政学を変える*1,2

いかに自国の再生可能エネルギーを安く大量に活用できるかが国の将来を分ける

化石燃料主体の地政学

- 化石燃料の希少性、偏在性が制約条件
⇒ 国家間の政治、経済、外交、軍事を規定
- 「持てる国」が常に「持たざる国」にバーゲニング・パワーを発揮
- 集中電源が効率的
⇒ 国家や独占資本が主体、中央統制的な運営
⇒ 国家間は競争的

再生可能エネルギー時代の地政学

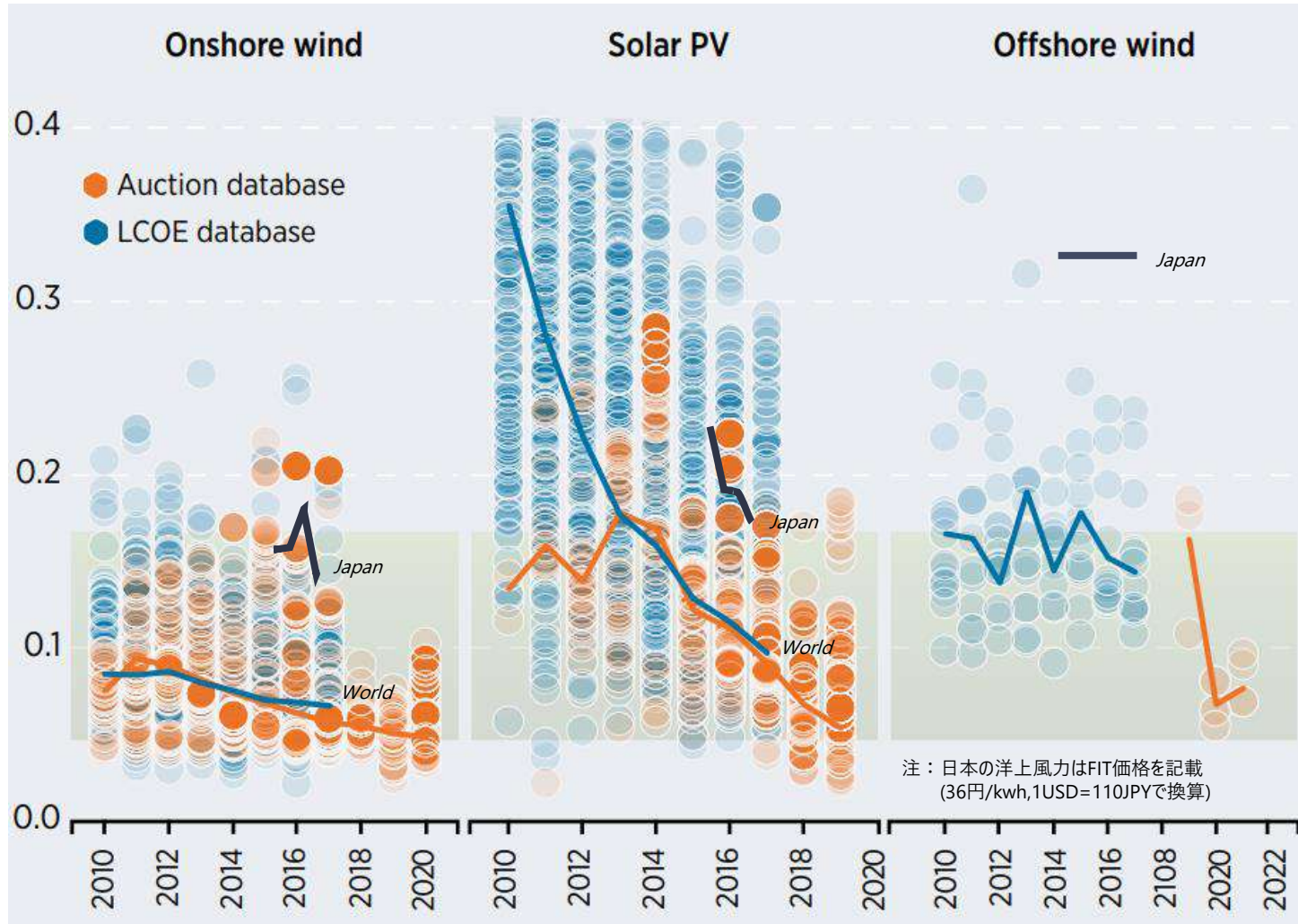
- 炭素排出、再生可能エネルギーの変動性、低密度が制約条件
- 「使える国」と「使えない国」に分かれる
⇒ 再生可能エネルギーを最大限活用するための技術競争、政策が国の競争力を決める
- 電源は分散化
⇒ エネルギーの民主化が進む
- 電化がエネルギーの中心/出力変動吸収のために国家間の送電系統連系が進む
⇒ 国家間の相互依存が高まり協調的に

欧州のみならず世界各国がエネルギー安全保障、エネルギーコスト低減、経済産業振興、公害対策など、実利に基づいて再生可能エネルギーに急転換

参照: *1 The Economist: Special Report "The Geopolitics of Energy" March 17th 2018
*2 The Geopolitics of Renewables, Daniel Scholten, 2018

国際レベルへのコストダウンが再生可能エネルギー導入の大前提

世界ではコスト競争力があるから再生可能エネルギーが拡大している



Source: World (2016USD/kwh) : Renewable Power Generation Costs in 2017, IRENA,
 Japan: (Nominal USD/kwh) : LCOE Comparison and Visualisation, Bloomberg New Energy Finance

国民の意識も世界と大きくずれている

Ørsted (DONG) の意識調査の結果、日本人が最も再エネを信じていないことが判明

「再生可能エネルギーで全世界のエネルギーを賄っていくことが可能」と信じている人の割合で日本は最下位

Percent of the surveyed who think it is important to create a world fully powered by renewable energy

International average	China	Taiwan	Germany	Canada	Denmark	France	US	UK	Netherlands	Poland	Sweden	South Korea	Japan
82%	93%	89%	84%	84%	83%	83%	83%	82%	81%	80%	80%	77%	73%

「自国がグリーン・エネルギーの拡大に野心的であるべき」と考える人の割合で日本13か国中10位

Percent of the surveyed who think their country should be ambitious in its approach to building and producing green energy

International average	China	Denmark	US	France	Germany	Canada	South Korea	UK	Sweden	Japan	Taiwan	Poland	Netherlands
70%	89%	78%	78%	75%	74%	72%	69%	68%	67%	64%	61%	59%	58%

「再生可能エネルギーへの転換が経済的に有益」と考える人の割合で日本13か国中12位

Percent of the surveyed who agree with each of the statements about green energy

International average	US	Canada	UK	France	Germany	Poland	Netherlands	Denmark	Sweden	China	Japan	South Korea	Taiwan
73%	70%	74%	73%	75%	75%	73%	74%	79%	73%	68%	69%	76%	71%

Source: Green Energy Barometer 2017, Ørsted

日本での洋上風力導入拡大のための三つのカギ

過去25年の欧州での経験と教訓に最大限学び官民が最適な施策を実行すれば、日本なりに大量導入とコスト低減の両立は可能



- 大規模で長期的かつ明確な導入計画：**国と国民のコミットメント**
- 法制度、環境の整備と導入障壁のクリア、許認可の簡素化（One stop shop）、市場原理の活用：**行政各部門の責務**
- 欧州知見の活用と日本の強みの組み合わせによるコストダウンと競争力強化：**民間企業の活力と責任**

持続可能な開発

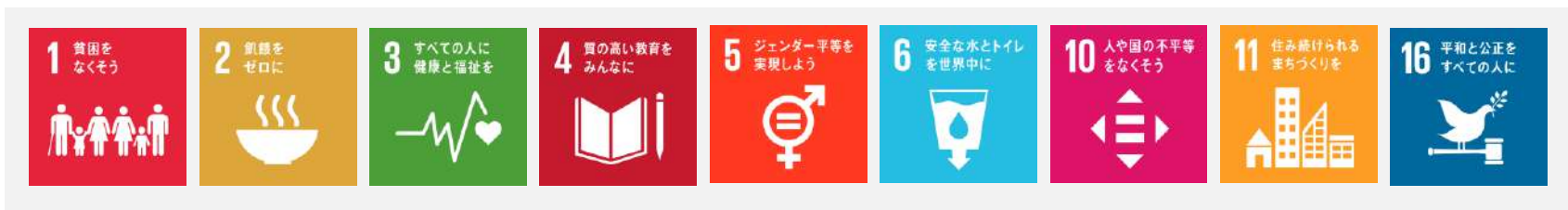
再生可能エネルギーは「持続可能な開発目標」の解決策を提案。



経済 & 環境的メリット



社会的メリット



Sustainable Development Goals: United Nations – the 2030 Agenda for Sustainable Development

17 / 17 goals

Let's move the horizon.