

洋上風力こそ、日本のブルーオーシャン

京都大学特任教授・東京大学名誉教授
世界風力エネルギー学会副会長
荒川 忠一

1. 洋上風力発電の国内外の現状
2. 日本の洋上風力発電によるグリーンリカバリー
 - 2.1 エネルギー基本計画の電源構成への反映
 - 2.2 促進区域の策定における地域との連携を強固に
 - 2.3 領海から排他的経済水域への拡張
3. 結語

日本のブルー・オーシャン、洋上風力発電！

- 「洋上風力発電は『ブルー・オーシャン』である」と、本年4月1日に筆者が出演したNHKの番組「国際報道2020」において、MCの池畑修平氏がめくくった。
- 「ブルー・オーシャン」は、一般的には、競争のない未開拓分野を意味し、反対語の「レッド・オーシャン」は、血で血を洗う競争の激しい領域を指す。
- 洋上風力は、日本でも大きな産業に発展する可能性を秘め、これから競争が始まる巨大な市場、新しい経営戦略が必要な未開発な市場と、大きな期待を寄せた。
- もちろん、国際的に進んでいる洋上風力発電の市場は、日本を含めてすでに競争の激しい分野となりつつあり、当事者にとっては「レッド・オーシャン」がふさわしい呼称かもしれない。
- しかしながら、地球の7割を占める海洋がもたらす風力、波力、潮流、海流、温度差などの再生可能エネルギーのほとんどは手付かずである。日本が先頭に立って、まだ開発が進んでいない沖合海域の洋上風力発電を、経済性を考慮しつつ、地域との共発展を図りながら、「ブルー・オーシャン」として開発を進めたい。



1. 洋上風力発電の国内外の現状



- Middelgrunden 2MW x 20:コペンハーゲン沖に2000年に運開
- 世界で最も美しいウィンドファームと言われる

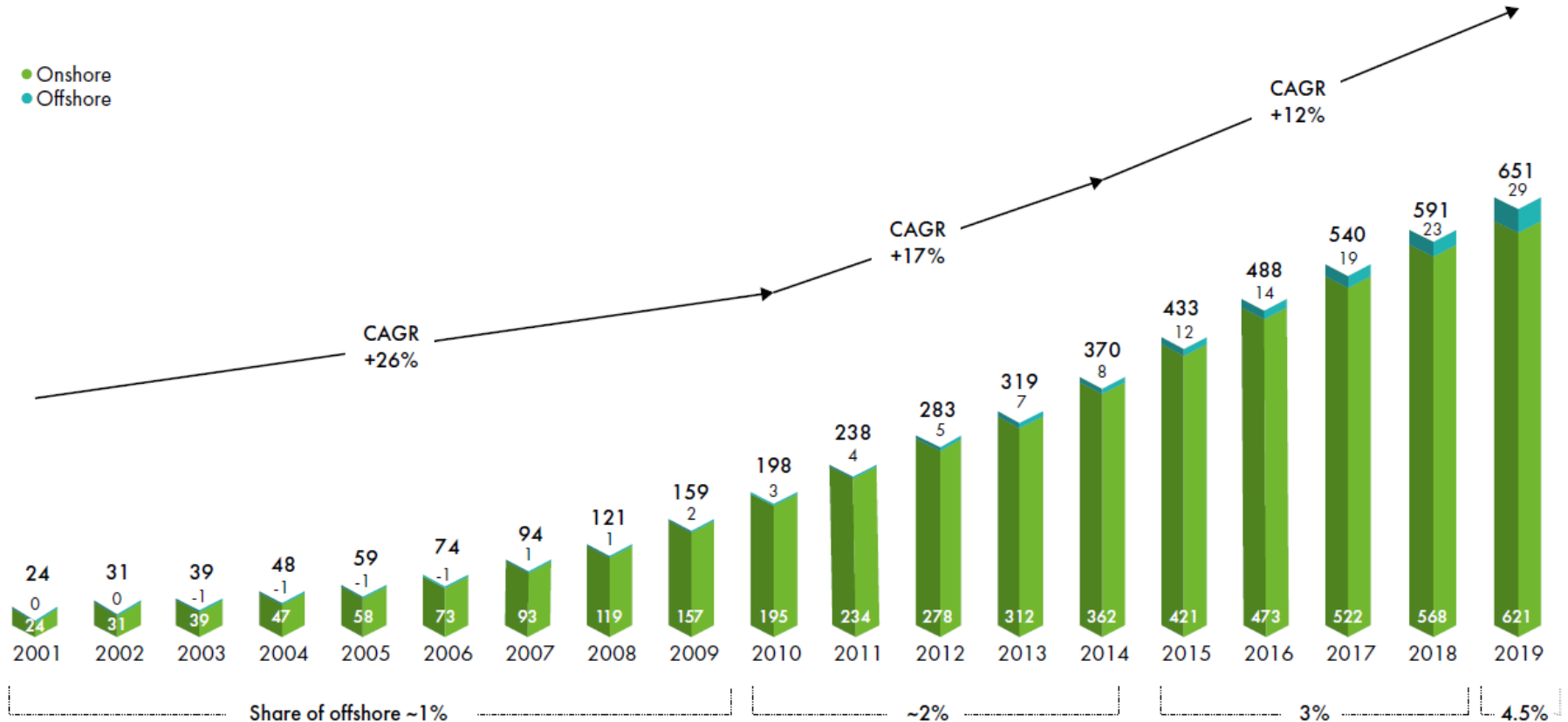
世界の風力発電の設備容量の推移

2019年末で651GWに達する

年間成長率は30%から10%へ鈍化

原子力発電の設備容量はおよそ400GW

洋上風力発電(青色)も29GW、全体の4%までに成長



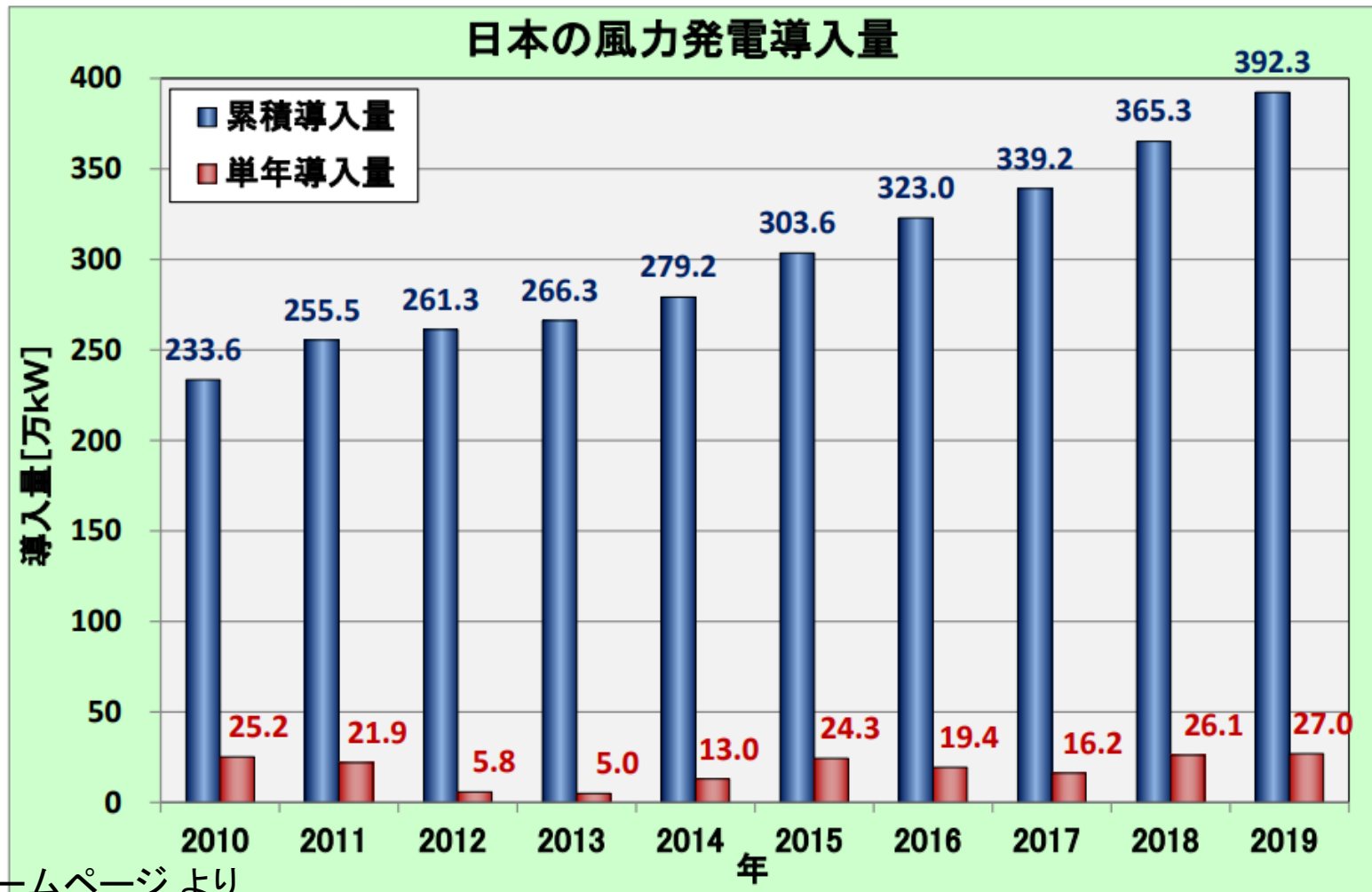
Detailed data sheet available in GWEC's Members Area

Source: GWEC Market Intelligence, March 2020

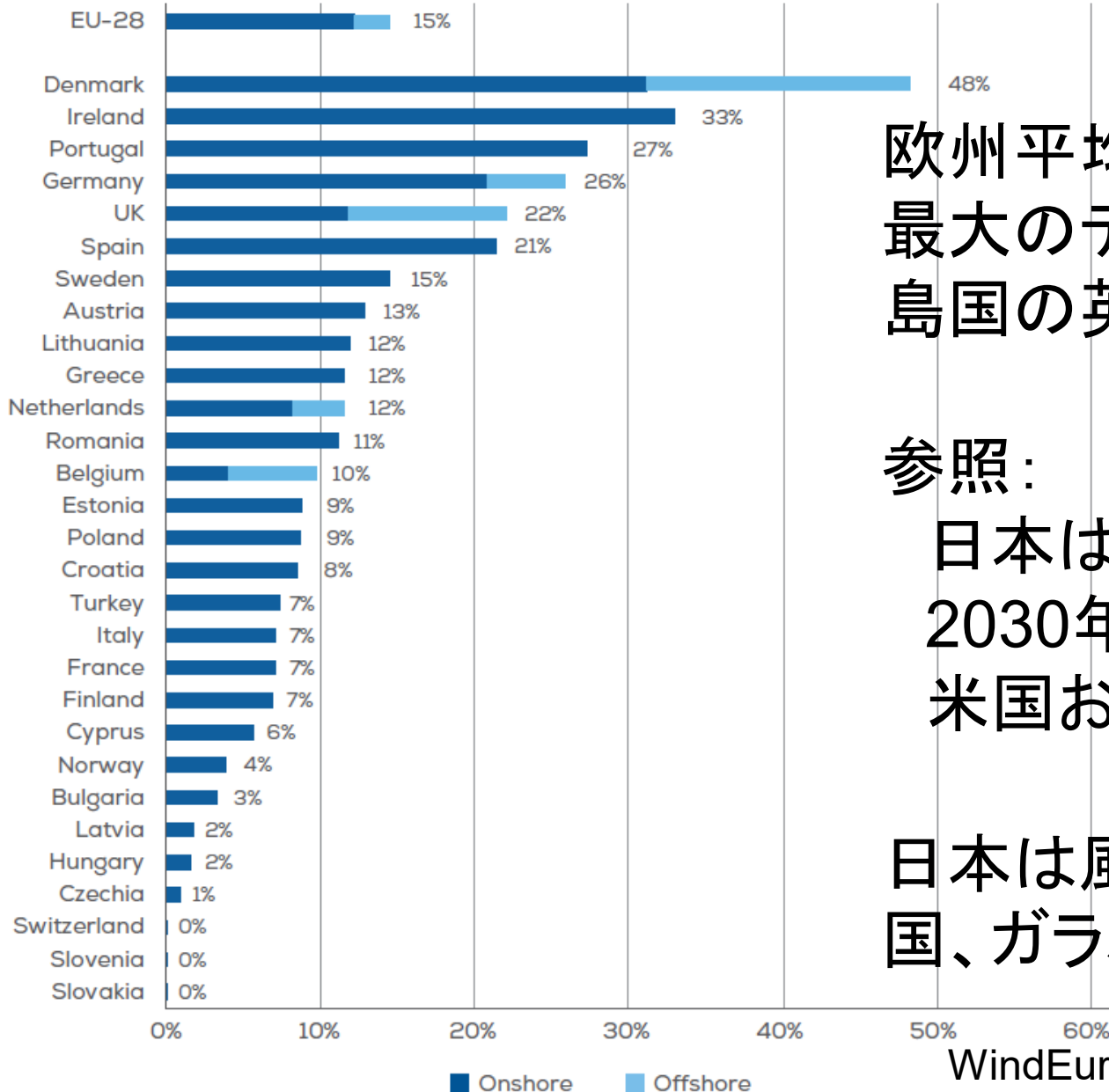
日本の風力発電の設備容量の推移

2019年度末で3.9GW(世界は651GW、わずか0.6%)、成長はしているものの伸びは小さい。

特に環境影響評価導入、電力系統問題で2011年以降停滞の時期があった。2011年以降、洋上風力への期待が高まる。



欧州における風力の発電電力量の割合(2019年)



欧州平均で電力比15%
最大のデンマークで48%
島国の英国で22%

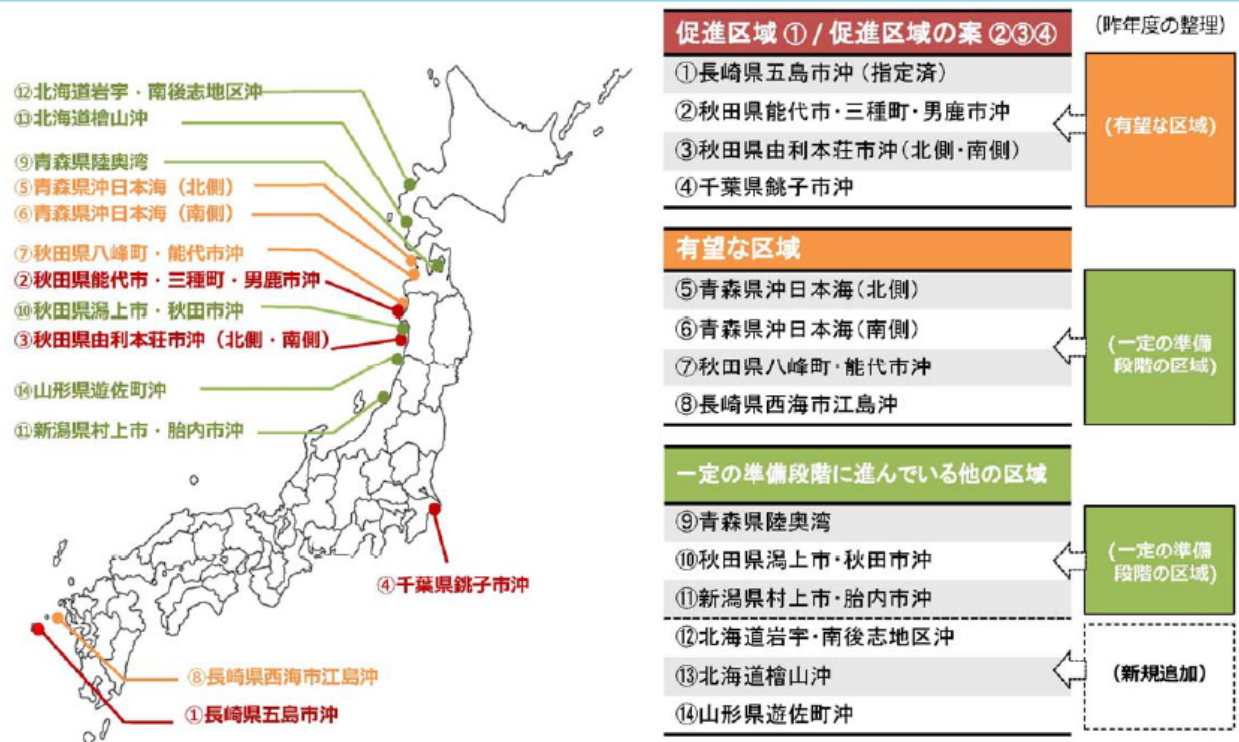
参照:

日本はわずか0.6%
2030年政府目標も1.7%
米国およそ6%

日本は風力発電では後進
国、ガラパゴス化している。

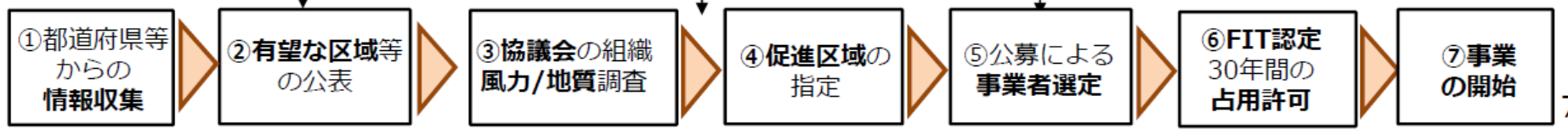
再エネ海域利用法の施行状況

- 2019年4月、再エネ海域利用法を施行。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区域）、有望な区域（うち4区域）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区域（秋田2区域、千葉1区域）についても、区域指定の案の縦覧を6月16日から30日まで実施。
- 2020年7月3日に、一定の準備が進んでいる区域（10区域）、有望な区域（うち4区域）につき、2回目の公表。



青森⑤・⑥、秋田⑦、長崎⑧ 秋田（②、③）・千葉（④） 長崎①

プロセス



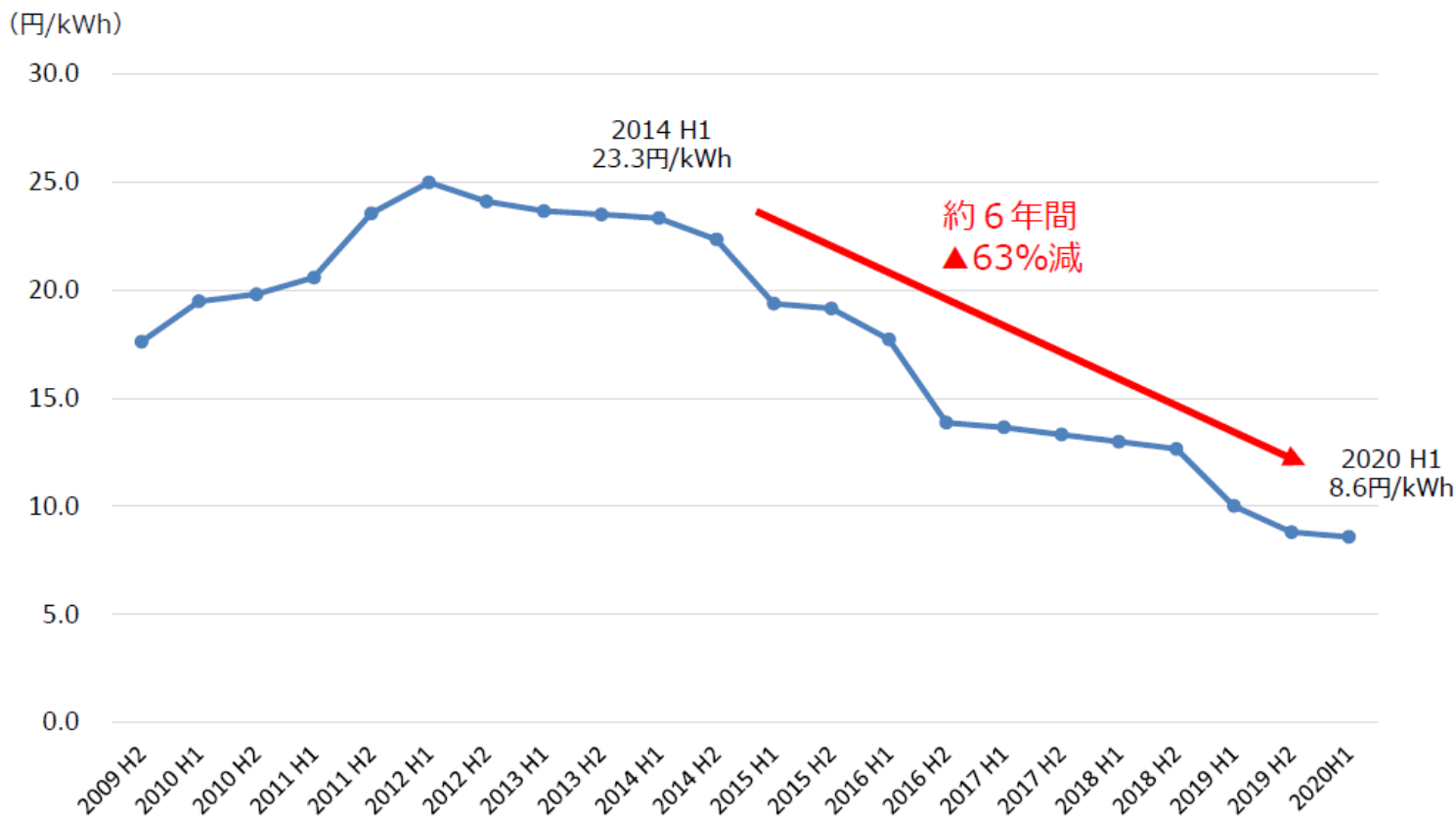
洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会

- 「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」をこの7月に発足
- 梶山経産大臣は、産業界からの提案を受けて、「導入目標として2030年までは各年100万kW、2040年にかけては3000万kWを超える見通しがあれば大きな投資につながる」とまとめの挨拶
- 風力発電の2030年およそ1000万kW、1.7%という現在の小さな政府目標に比較すると、この発言は、2030年には従来の陸上風力を加えた設備容量の目標は倍増すること、および電源構成でおよそ4%まで成長することを示唆している。さらに2040年には風力発電でおよそ10%近くへ上昇することになる。
- 過去にニッチな風力発電とも言われたものが、主要電源のひとつとして、一兆円産業に成長する舞台が整いつつある

第58回調達価格等算定委員会（2020年8月19日）事務局資料より抜粋（一部修正）

- 民間調査機関のデータによると、**世界の洋上風力発電では大幅なコスト低減が進んでおり**、洋上風力の調達価格（36円/kWh）を設定した2014年度から**直近までの約6年間で▲63%減**（23.3円/kWh→8.6円/kWh）となっている。

＜世界における洋上風力発電のLCOEの推移＞



出典：Bloomberg NEFのデータ（2020年4月末時点）を基に資源エネルギー庁作成。1\$ = 110円換算で計算。

※ H1：上半期 H2：下半期
※ 着床式洋上風力発電も浮体式洋上風力発電も含む。

再エネ海域利用法に基づく公募占用指針に関する供給価格上限額についての委員長案

	(参考) 2014年度から2019年度までの 着床式洋上風力発電	対象となる促進区域 ・秋田県能代市、三種町及び男鹿市沖 ・秋田県由利本荘市沖（北側） 秋田県由利本荘市沖（南側） ・千葉県銚子市沖
供給価格上限額	36円/kWh ※調達価格	29円/kWh
資本費（接続費含む）	56.5万円/kW	51.2万円/kW
運転維持費	2.25万円/kW/年	1.84万円/kW/年
撤去費	資本費の5%	10.7万円/kW
設備利用率	30%	33.2%
IRR（税引前） （法人税等の税引前の内部収益率）	10%	10%
調達期間	20年間	20年間

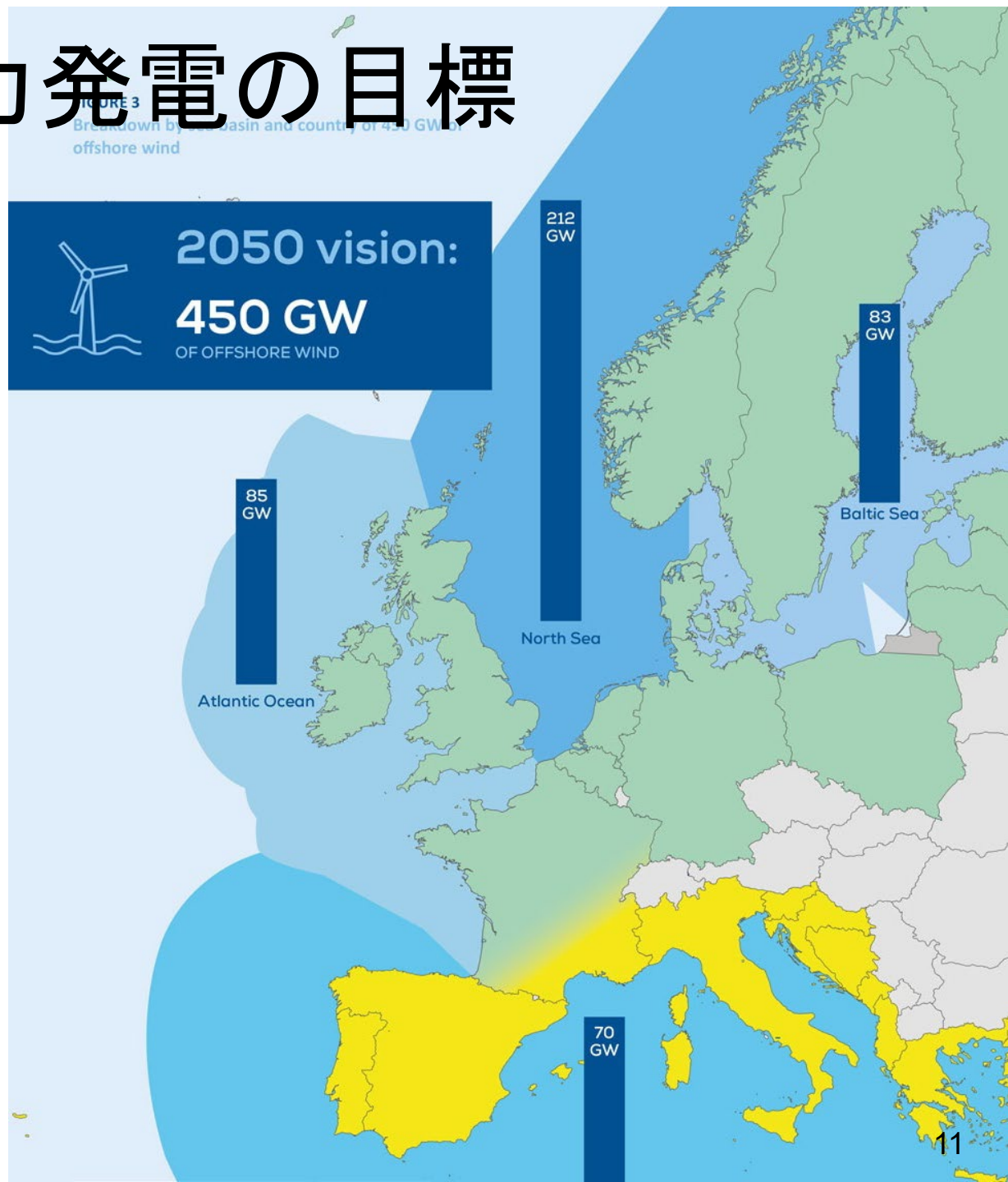
経産省ホームページより

- ・ 促進区域（本年度3海域）の公募価格は、上限が29円/kWhに決定
- ・ 長崎・五島の浮体式は36円/kWhで公募が始まっている
- ・ 陸上風力は18円

欧州洋上風力発電の目標

- 2030年100GW、2050年洋上風力450GW、電力比30%の導入目標を掲げる
- 欧州委員会も承認し、各国政府の対応を待つ
- グリーンリカバリーの中核戦略へ

WindEuropeホームページより



欧州洋上風力の均等化平均発電原価の分布

青色: 50€/MWh(およそ6円/kWh)以下の 超低価格の領域

水色: 50€/MWhと65€/MWhの間の低価格の領域

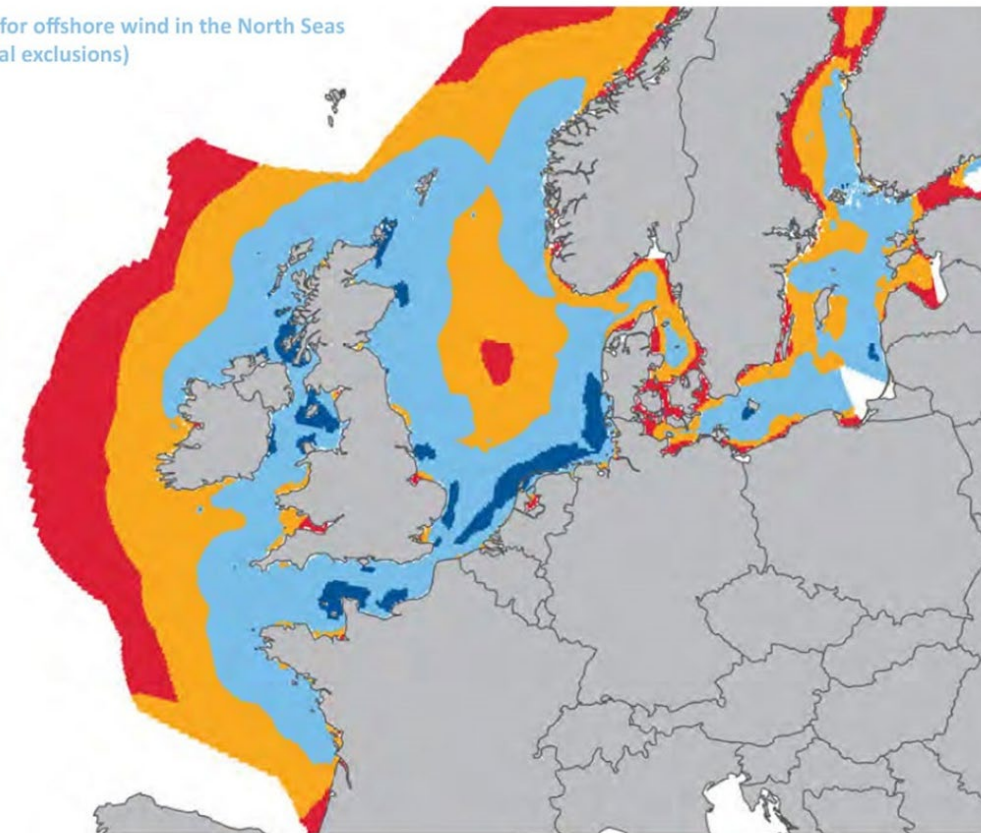
桃色: 65€/MWhと80€/MWhの間の中間価格の領域

赤色: 80€/MWh(およそ10円/kWh)以上の 高価格の領域

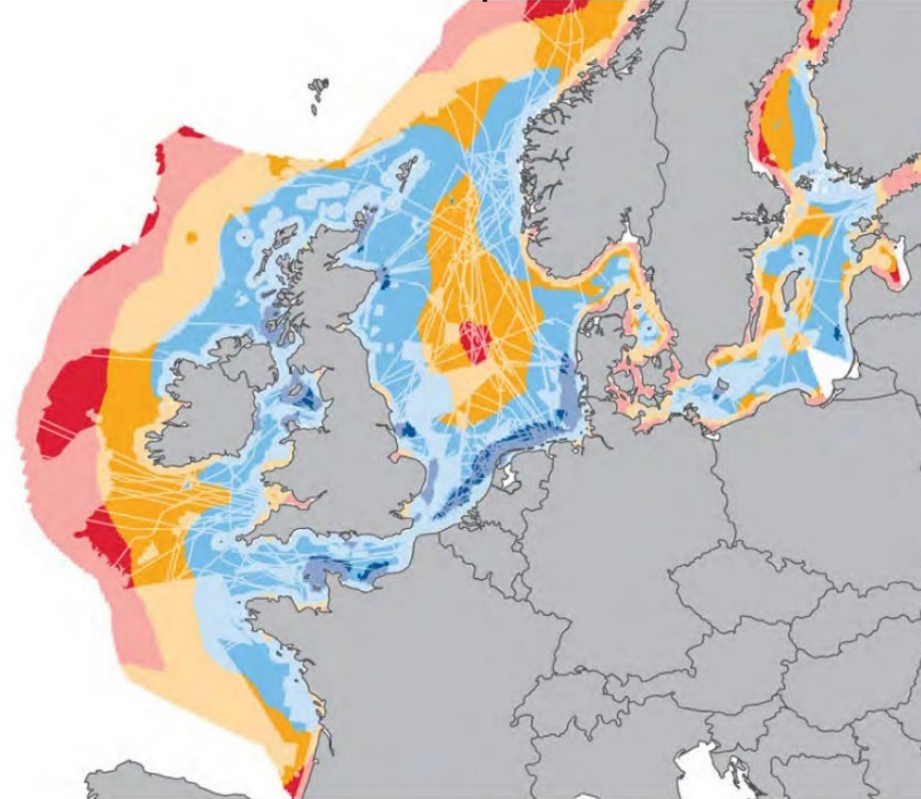
右図は、左図に対して航路などの除外区域を、本来の色を一段薄くして表現

WindEuropeホームページより

for offshore wind in the North Seas
(with some regional exclusions)



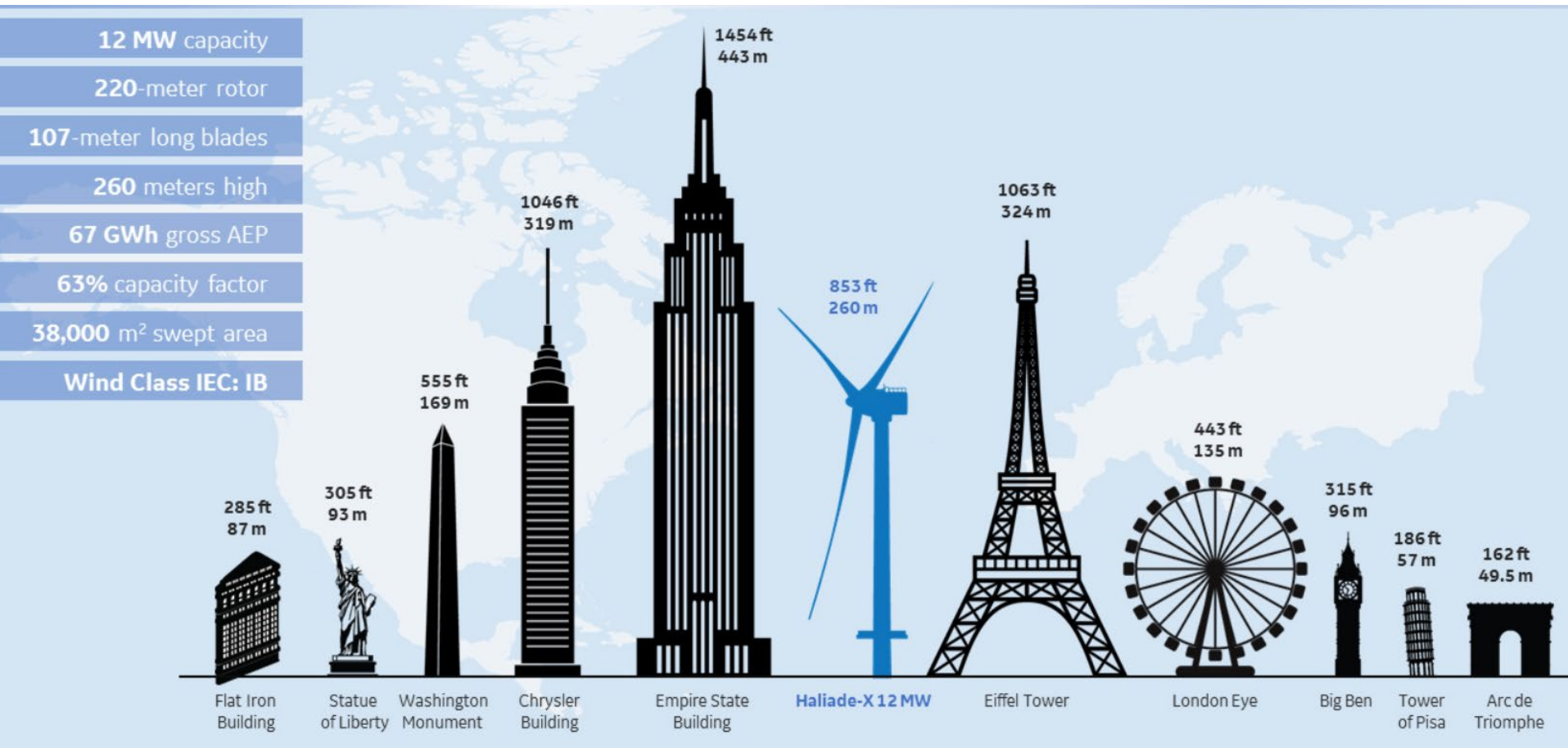
LCOE ranges
■ Very low ■ Low ■ Mid ■ High



LCOE ranges in
Areas available ■ Very low ■ Low ■ Mid ■ High
Areas excluded ■ Very low ■ Low ■ Mid ■ High

風車の大型化

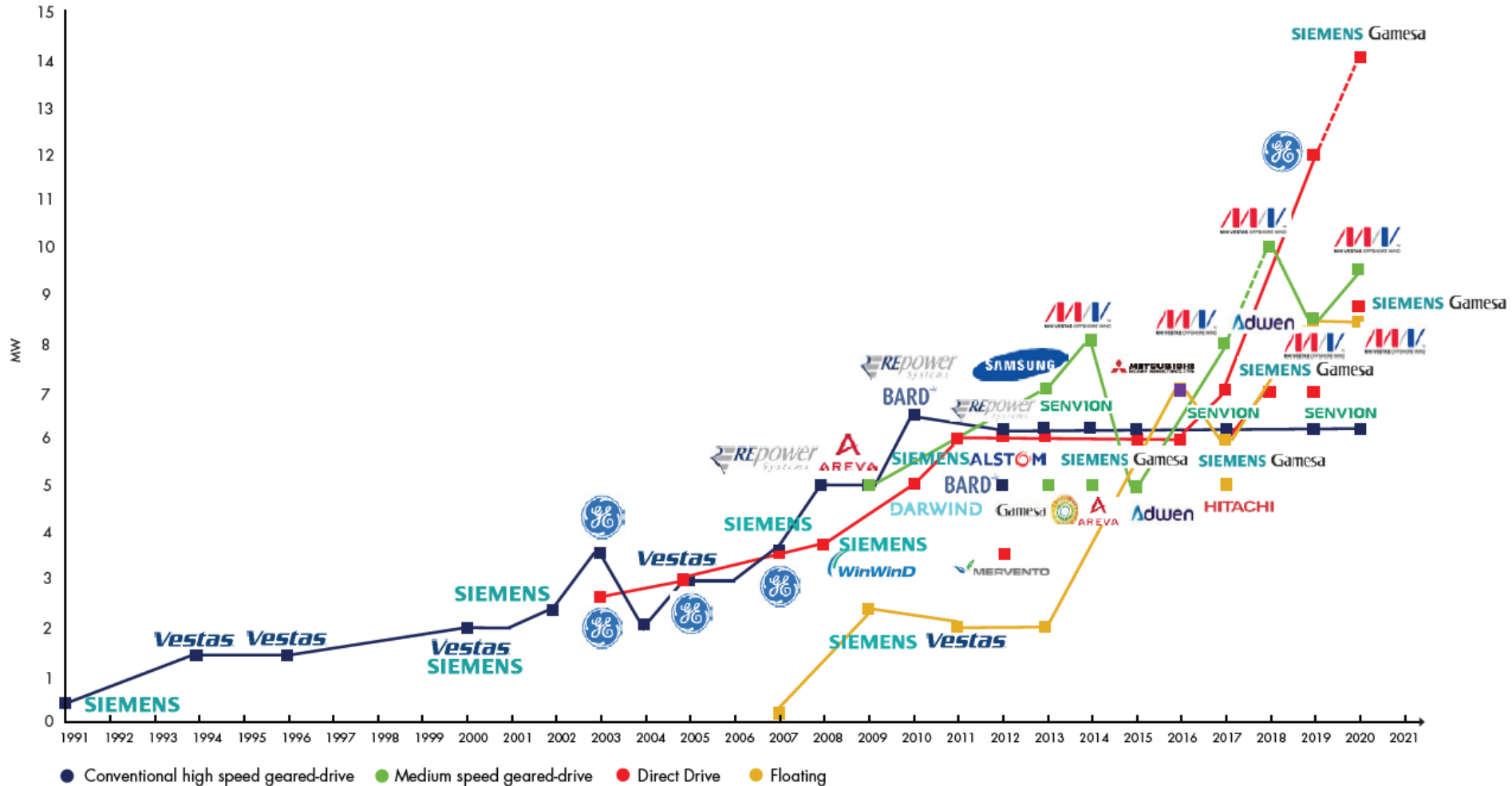
大型化→風車中心の位置が高い→風が強い→風速の3乗に比例する出力が大→発電単価が小さい



世界における洋上風車の寡占化が進む

MHI-Vestas, SIEMENS-Gamesa, GE の3社

Offshore Wind Turbine Capacity Growth Pathway (excluded China)



Solid line: the installation has been completed; Dashed line: new product was released but the prototype is not installed yet.

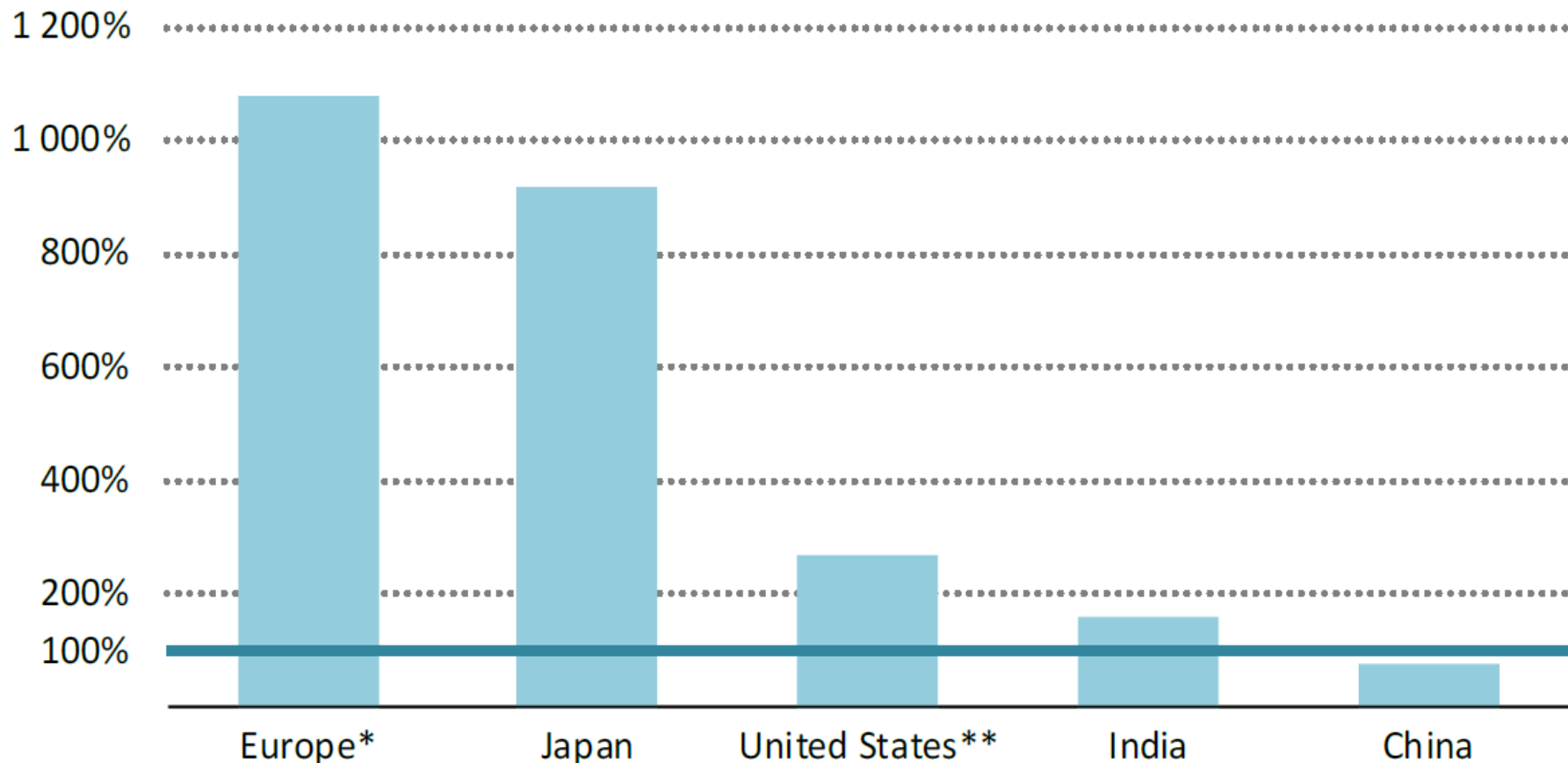
GWECのホームページより

2. 日本の洋上風力発電による グリーンリカバリー

- 日本の排他的経済水域は世界6位という広大な面積となり、洋上風力発電を含めた海洋資源は膨大である。
- IEA Offshore Outlook 2019によると、日本の洋上風力発電の技術的可能な容量は、その需要電力の10倍近く存在する。
- 冒頭に述べたように、政府や関連する産業界は、協議会を作り、その導入量を増やそうと足並みを揃えつつある。
- しかし、これまで、日本が抱えてきた再生可能エネルギーに対するアレルギーや、海洋利用の伝統的な慣習などを踏まえると、決して単純に明るい未来とは言えない。その問題点を指摘しつつ、解決策を模索し、グリーンリカバリーに政策を導きたい。

国・地域別の洋上風力発電技術可能量の電力需要に対する比率

Figure 26 ▶ Ratio of technical potential to domestic electricity demand by region in the Stated Policies Scenario, 2040

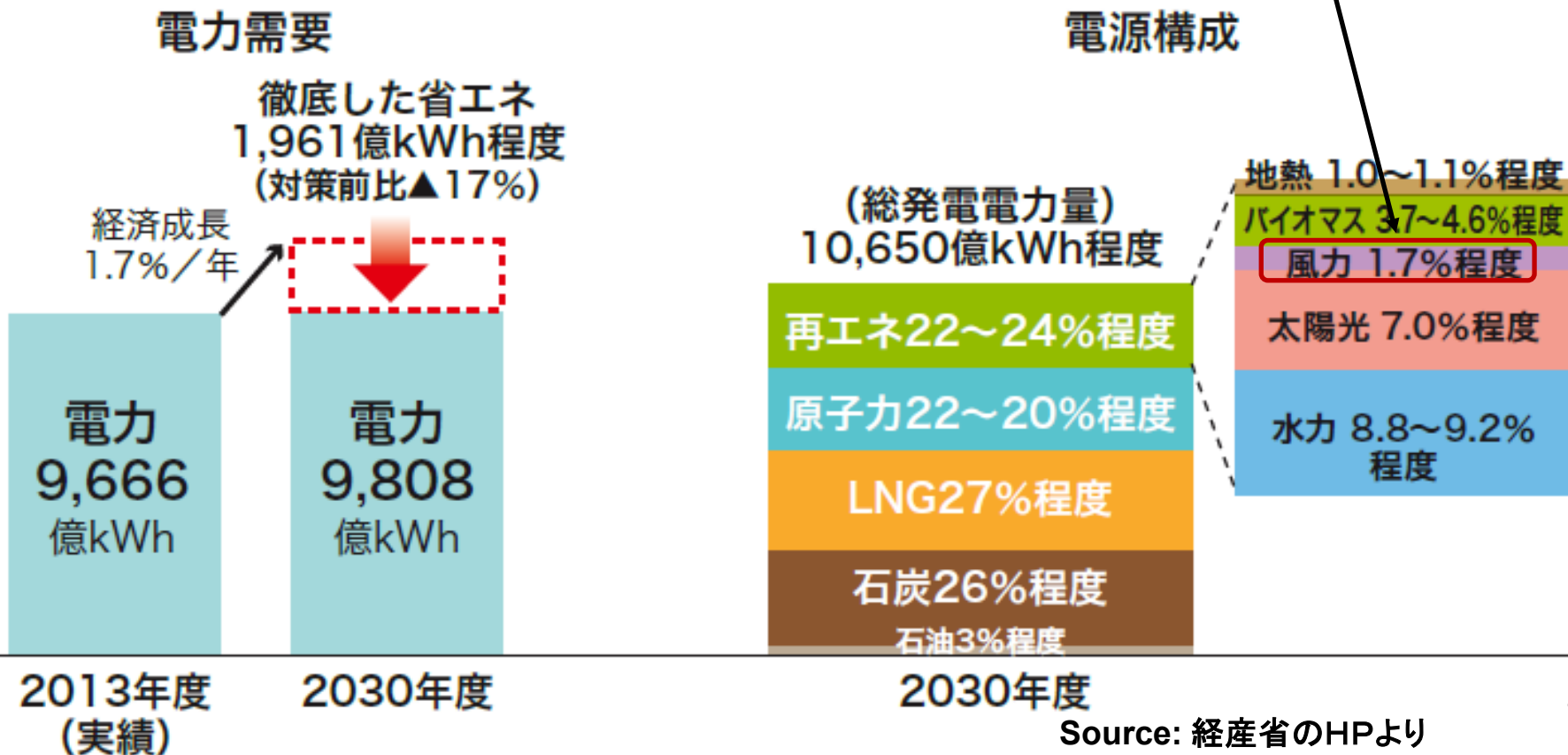


Based on technical potential, many regions could cover more than or nearly all of their domestic electricity demand from offshore wind alone

2.1 エネルギー基本計画の電源構成への反映

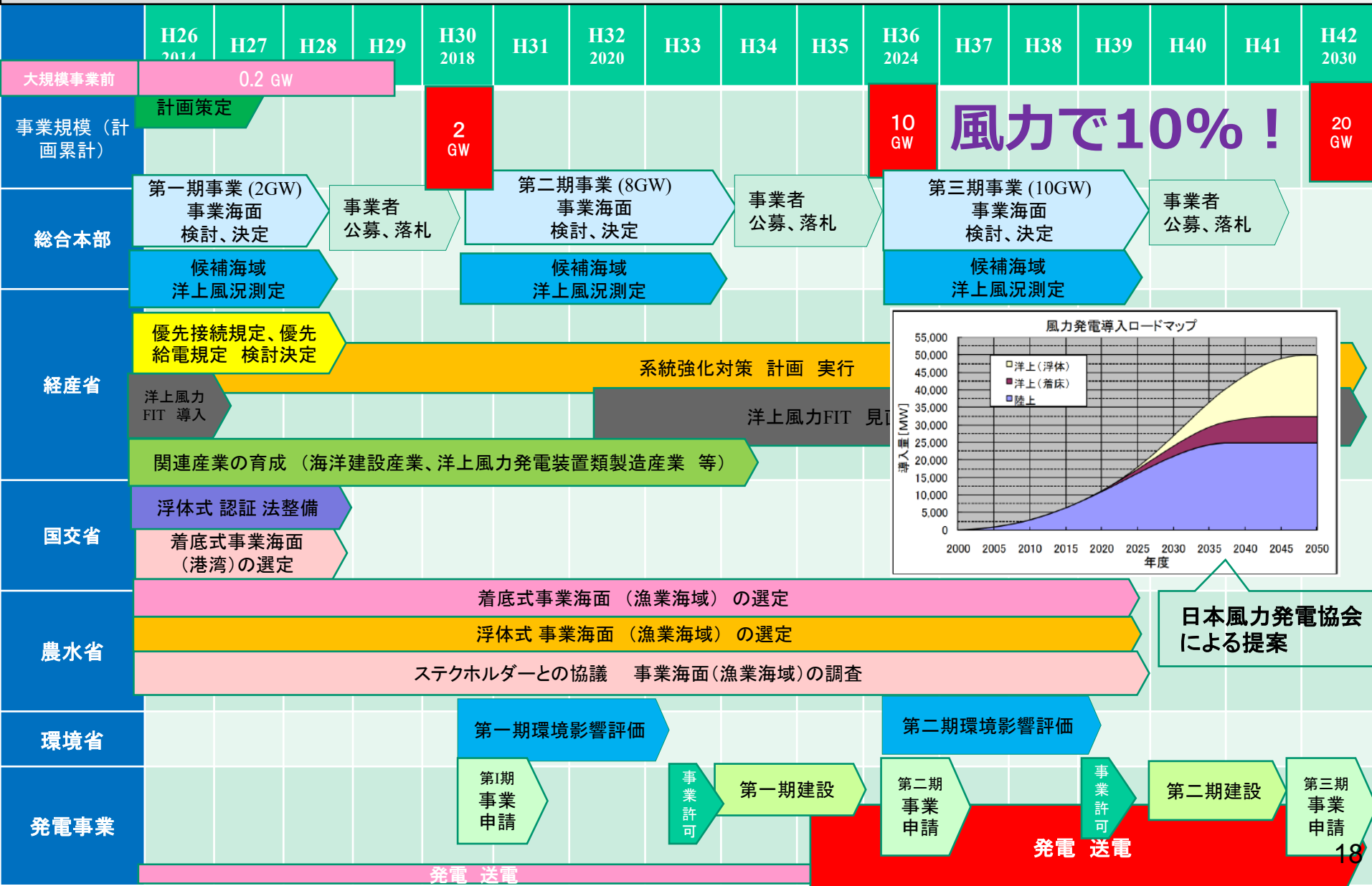
政府の2030年電力のベストミックス (2015年策定)

風力：1.7%
あまりに小さい
目標値！



洋上風力のロードマップの一例

内閣官房海洋政策本部 海洋産業PT報告書 (2014年)



来年度のエネルギー基本計画における 数値目標への反映が必須

- 今回の大臣発言により、これまでの保守的なエネルギー政策の数値目標を見直すことが重要
- 来年度にむけて、風力発電10%(現在の数値目標1.7%)および再生可能エネルギー40%(同22%)の記載を可能にする議論を深めること
- 現在の石炭火力26%、原子力22%などの未達となりそうな目標値に比べて、風力発電10%は決して相対的に大き過ぎる数字ではない。
- 因みに欧州では現在15%を超えている。
- エネルギーは国家の安全保障問題と考え、原子力発電などをエネルギー政策の中核に据えた歴史を考慮するなら、来年のエネルギー基本計画に風力発電の確固たる目標を書き込み、国民の理解とともに、資本を投資しやすい環境を整えることを求めたい。

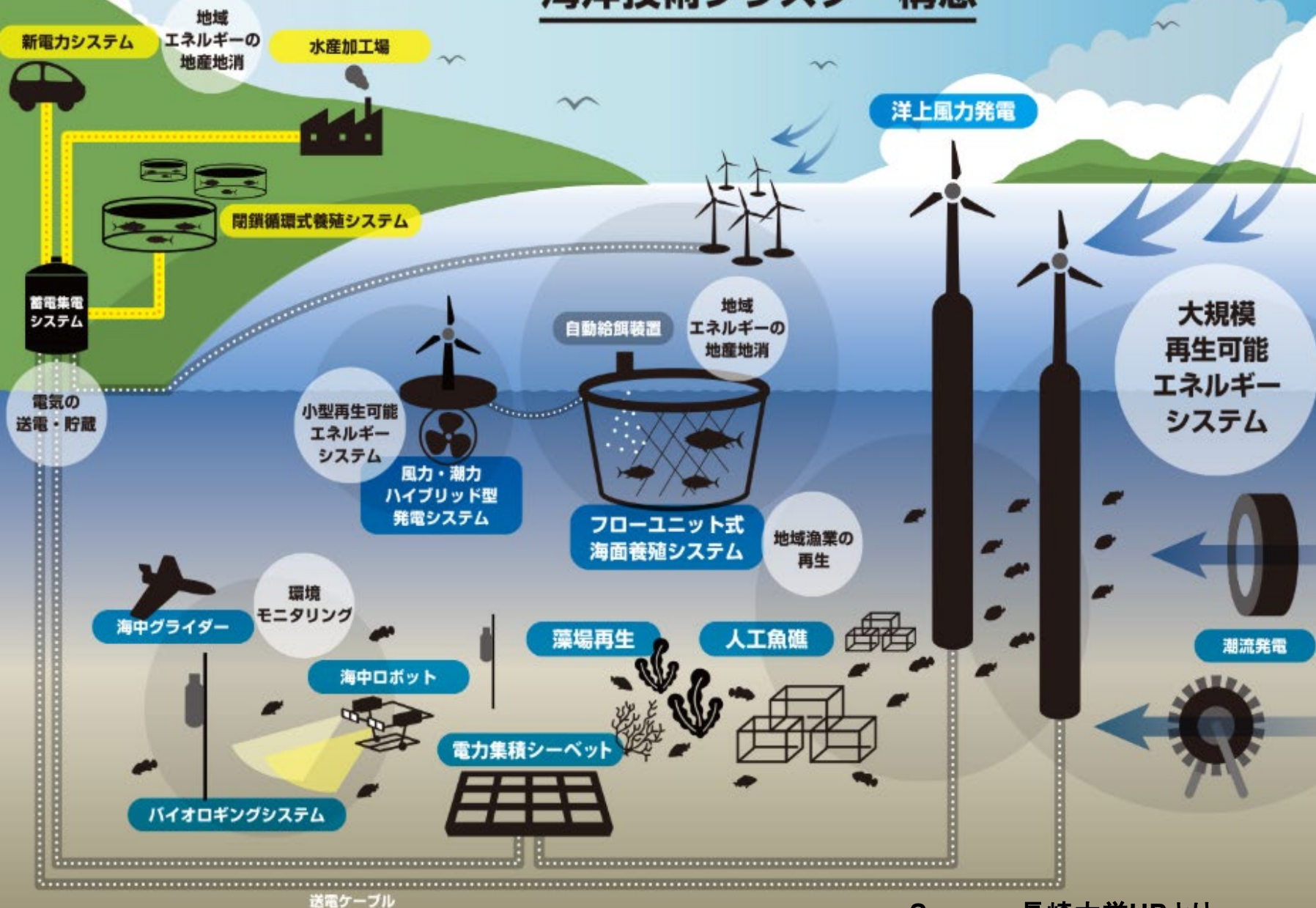
2.2 促進区域の策定における地域との連携を強固に

- 「セントラル方式」で促進区域を定めるといった表現が流布している。本来の意味は、「政府が長期的・挑戦的な導入目標を掲げたうえで、洋上の開発区を定め、系統接続や各種許認可など必要な手続きを国が済ませたうえで、そのエリアでの発電事業者を入札で決める」という欧州の仕組みを説明したものである。
- しかし、「セントラル」は東京を意味し、地域の住民にとっては、中央集権的な色合いを感じ、強い不安・不満を持つことになる。
- 「セントラル方式」という用語を使いたい時は、一息おいて、「地域と政府の共同作業方式」と言い換えてほしいものであり、地域とともに歩み、共発展することを丁寧に述べていただきたい。

2.2 促進区域の策定における地域との連携を強固に (つづき)

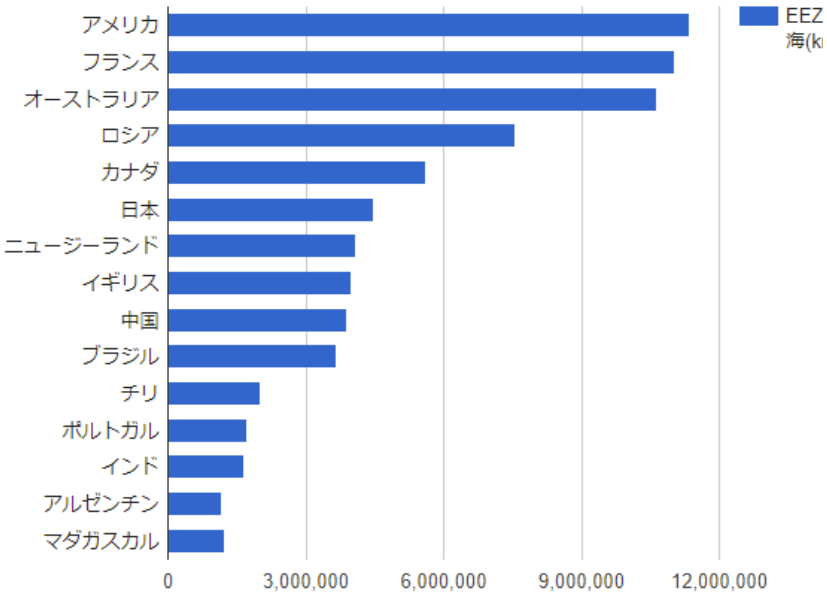
- 多くの候補区域の選定を
 - 現在、1GW /年を想定した指定を行っている。
 - 事業者、地域の希望の候補区域は多数ある。
 - 将来の主力電源化を踏まえて、少なくとも、倍増する必要がある。
- 利害関係者との議論の促進
 - 利害関係者は漁業者とは限らない
 - 防衛関係の施設との干渉
 - 世界遺産や自然公園との共存・共栄の道を探る
 - 観光との共存
- 漁業関係者との丁寧な議論
 - 基金の創設により、地域とともに支援の体制
 - 新しい漁法や、養殖漁業への可能性を探る
 - 漁業者・地域ともに、経済活動がさらに活発となる体制作り
- 地域からのグリーン・ニューディールへ

海洋エネルギーと水産業を基盤とした 海洋技術クラスター構想



2.3 領海から排他的経済水域への拡張

- 現在の再エネ海域利用法の適用範囲を、一日も早く、領海から排他的経済水域（EEZ）に広げることが重要である。
- さまざまな制約が存在するため、現在は12海里（約22km）の領海内に同法の適用が限られる。しかし、領海の外外部から200海里（約370km）までの水域、つまり、世界6位の圧倒的な面積を有するEEZを活用すべきである。
- EEZの深い海における浮体式洋上風力の大規模発電所を、長崎・五島に続いて、一日も早く、スタートさせることを提案する。
- 海底ケーブルが長距離になるときは、水素との組み合わせ、Power to X を検討する。



排他的経済水域

- ✓ 日本は世界6位
- ✓ 陸は世界61位
- ✓ 洋上風力発電は無限の可能性を有する



<http://td-architects.eu/projects/show/exclusive-economic-zone/#txt>

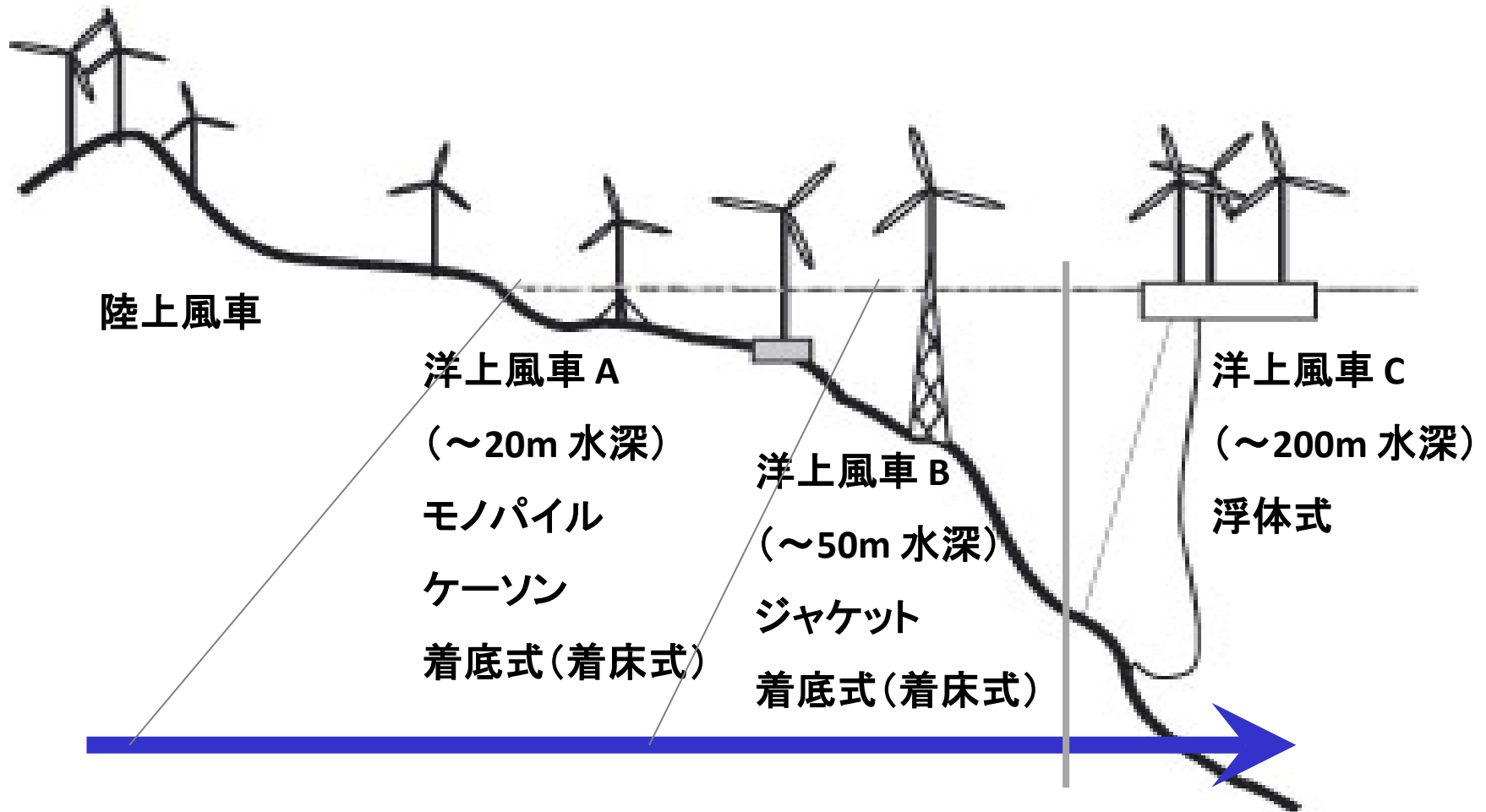
According to the Antarctic Treaty (1959) no country can claim ownership of Antarctica. Exploitation of natural and maritime resources is prohibited. The here mentioned land claims are frozen by the Arctic Treaty.

世界に誇る日本の洋上風車(1)

ウィンド・パワーかみす

- 震災・津波に耐える
- 翌日から送電を再開
- 世界から「津波に耐えた風車」
として広く知られる
- 災害時の再生可能エネルギーの
重要性を認識させる

洋上風車の概念図

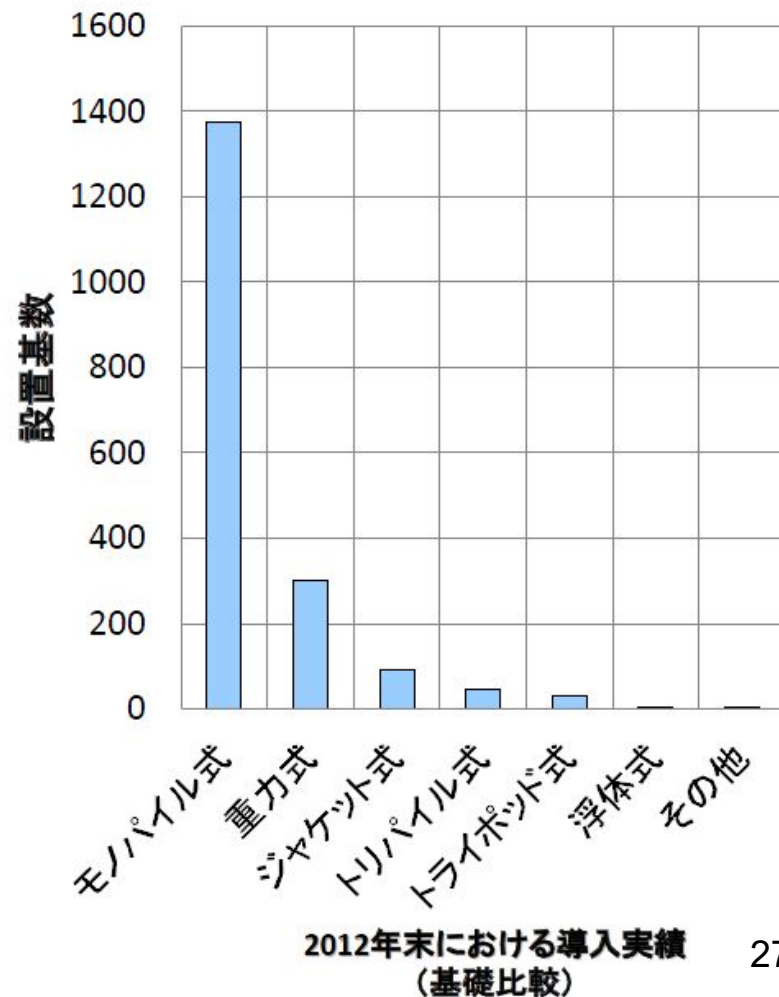
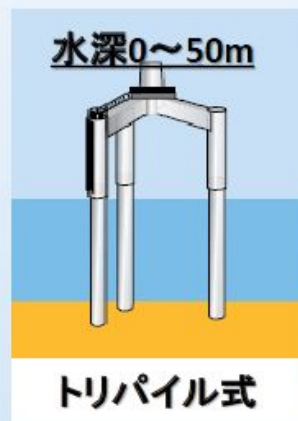
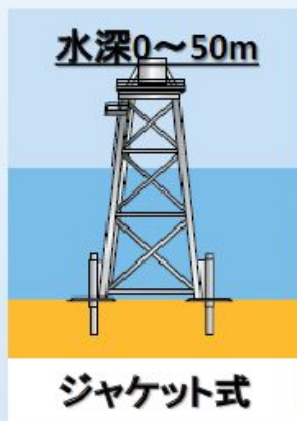
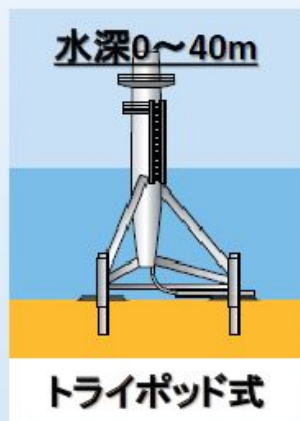
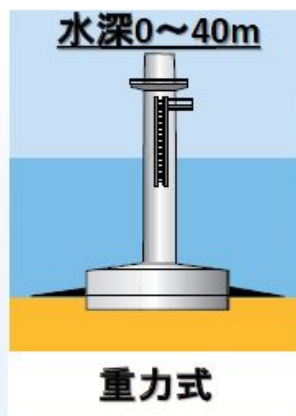
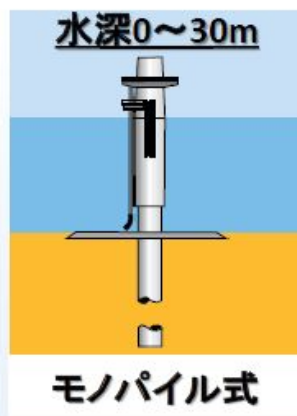


現在の商業運転

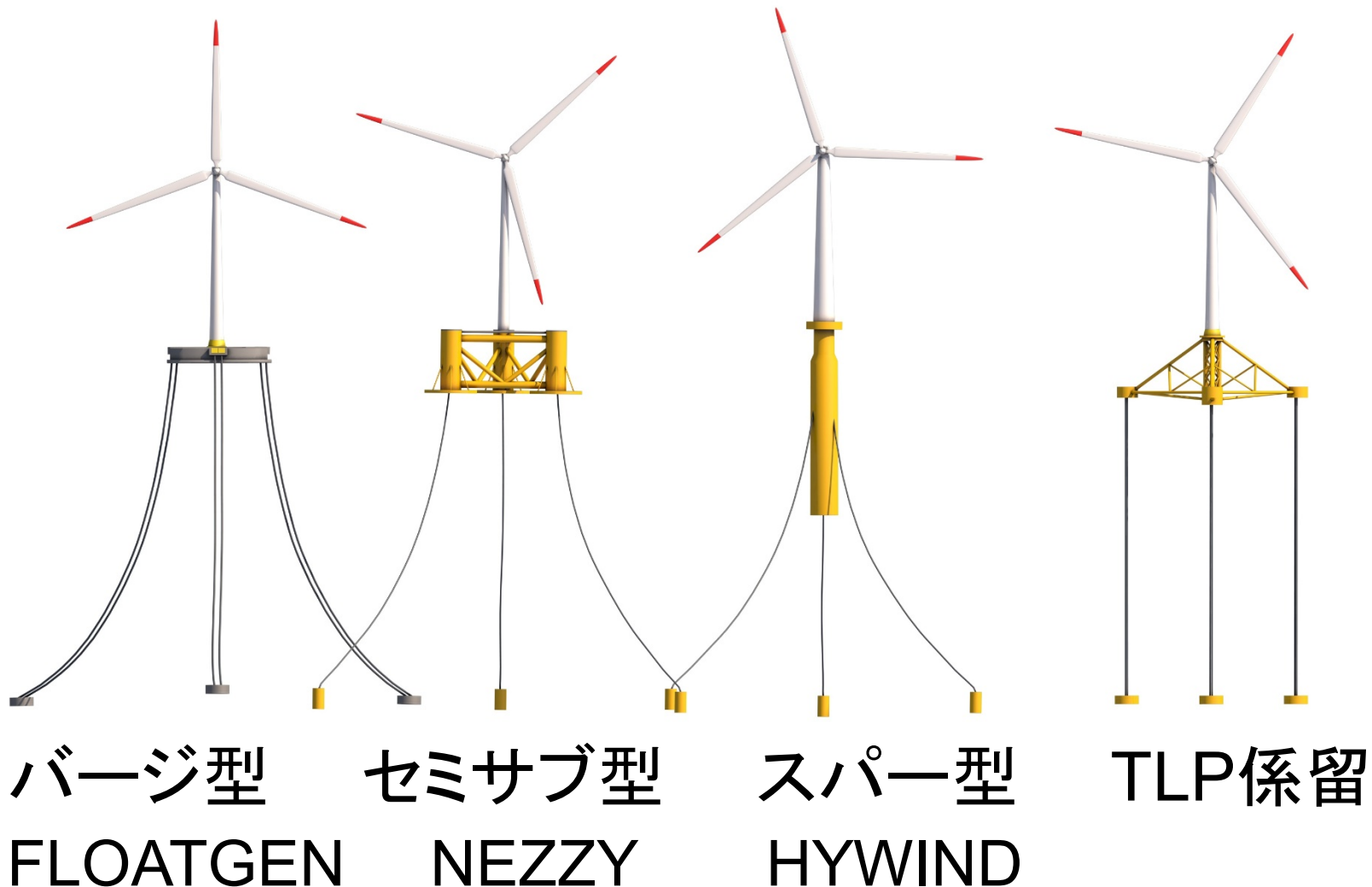
最先端の洋上風車

洋上風力発電の導入実績(欧州)

- モノパイルが中心(水深~30m、風車出力:~3.6MW)
- 大型風車や大水深対応として、重力式やジャケット式等を適用



浮体式洋上風車の分類



世界に誇る日本の浮体式洋上風車

環境省 長崎県五島 2012, 2013

Source; MOE Project consortium



- 戸田建設・九州大学を主体、SUBARU-100kW, HITACHI-2MW
- 風況観測塔

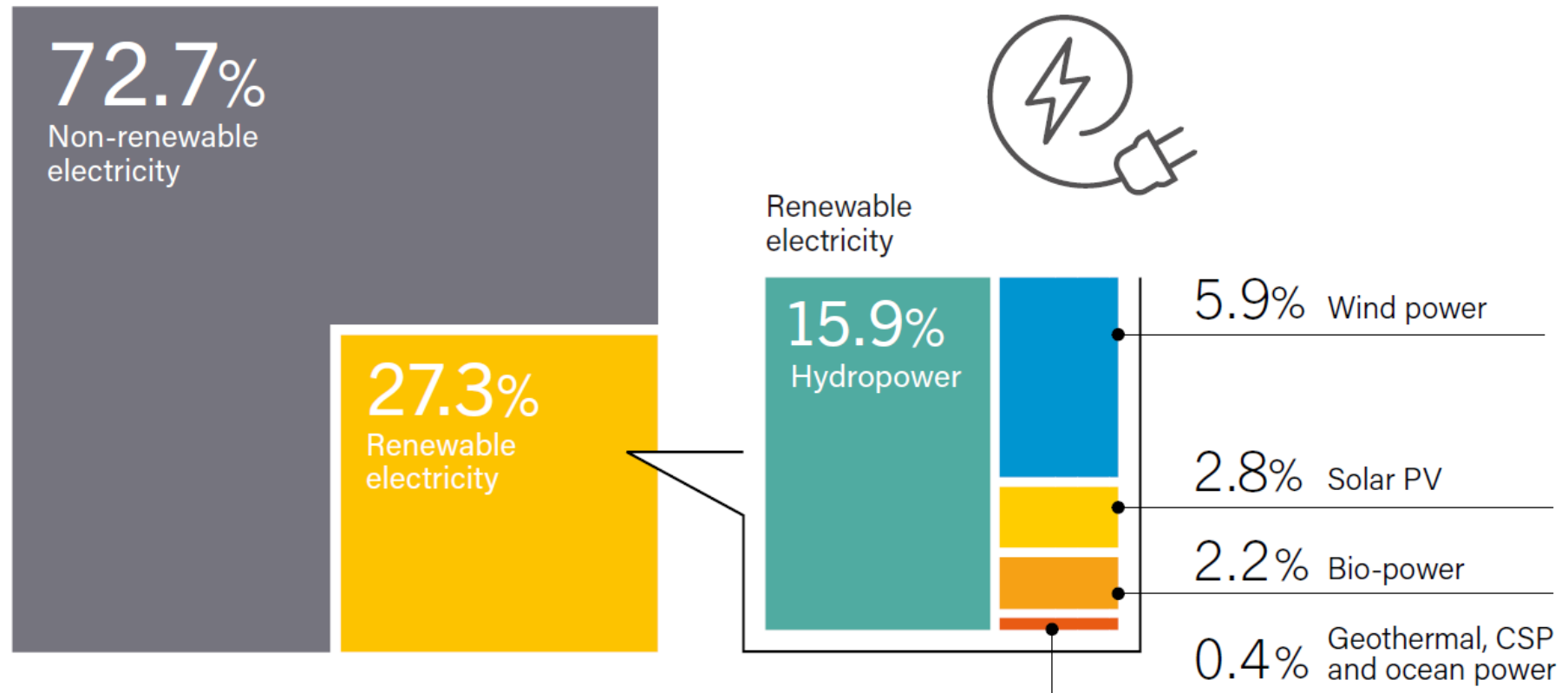


福島・浮体式洋上風車
筆者撮影(2017年7月)

電力における再生可能エネルギーの割合

風力5.9%、太陽光2.8%、バイオ2.2%の順、
大型水力は15.9%、全体で27.3%

FIGURE 10. Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2019



Note: Data should not be compared with previous versions of this figure due to revisions in data and methodology.

“全”エネルギーにおける再生可能エネルギーの割合

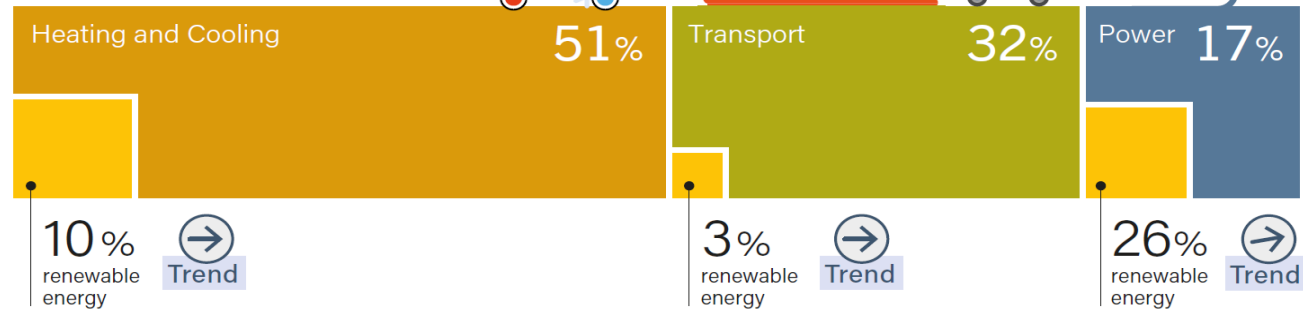
冷暖房、輸送、電力を合計する

再生可能エネルギー11.0%，
伝統的バイオマス6.9%，原子力2.2%

さらに再生可能エネルギーの普及拡大が必要

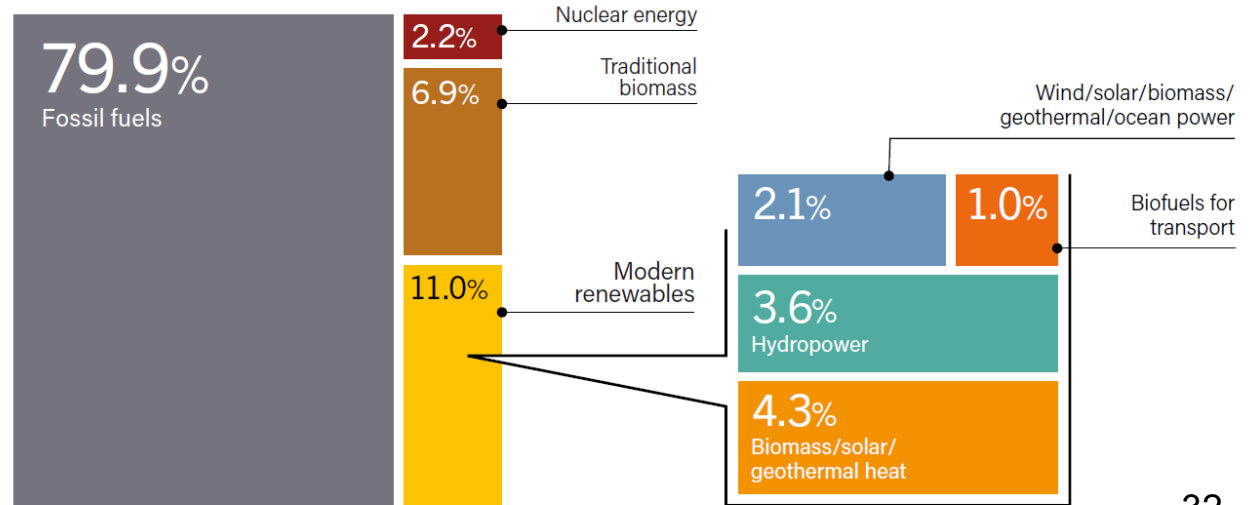
WE MUST MOVE FROM AN ELECTRICITY TRANSITION TO AN ENERGY SYSTEM TRANSFORMATION

We consume the most energy for heating, cooling and transport



RENEWABLE ENERGY... is **STAGNATING** in the heating, cooling and transport sectors ... and **NOT PROGRESSING FAST ENOUGH** in the power sector

FIGURE 1. Estimated Renewable Share of Total Final Energy Consumption, 2018



Note: Data should not be compared with previous years because of revisions due to improved or adjusted data or methodology. Totals may not add up due to rounding.

Source: Based on IEA data. See endnote 41 for this chapter.

海外の浮体式洋上風車(1)

ノルウェー Hywind 挑戦的な浮体式洋上風車(2009年)
水深 200m (120 – 700m) , 100mの浮体構造, 2.3 MW風車
現在、Hywind-Scotland (6MW, 5機) の商業運転に進む

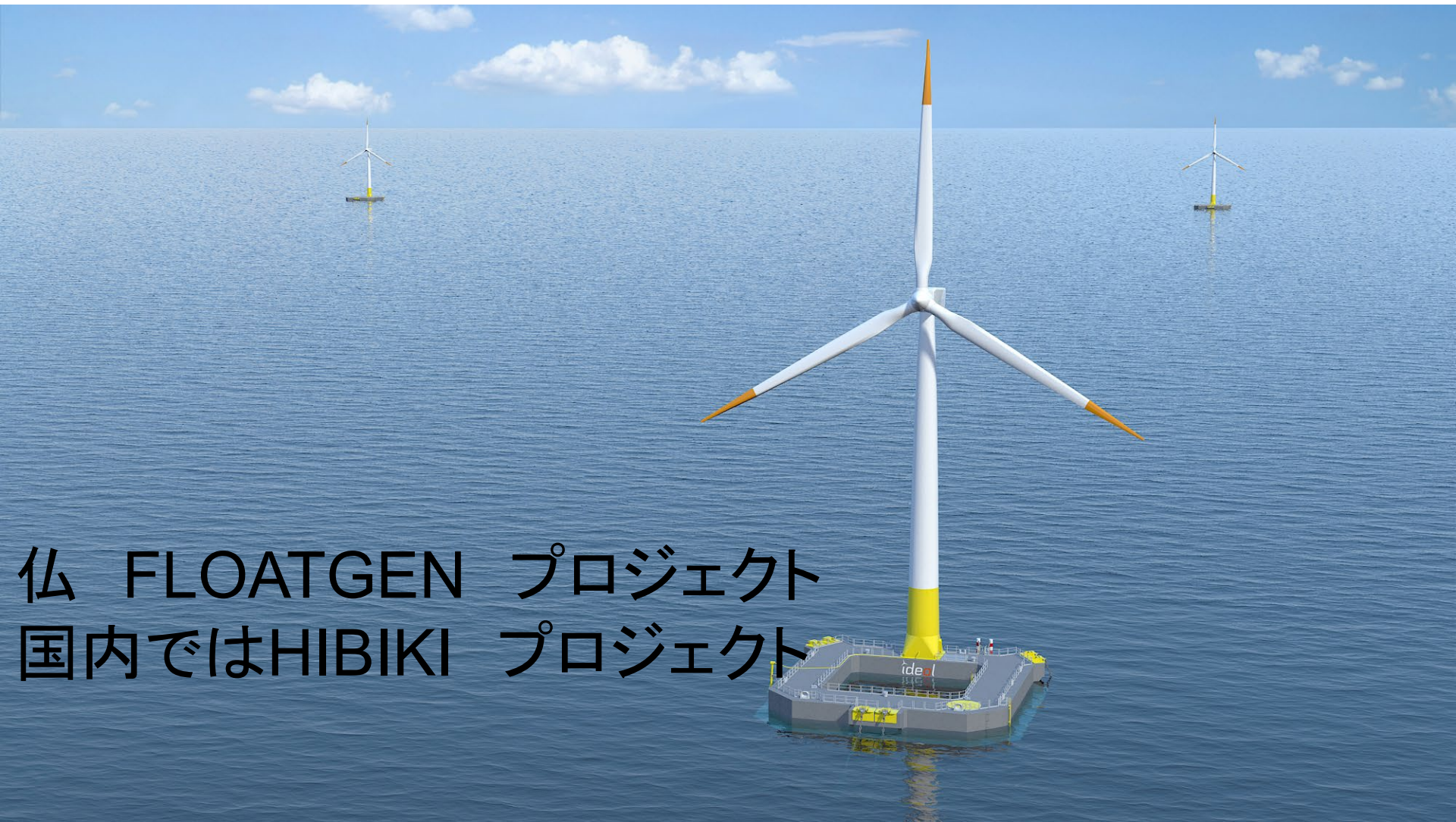


Statoil社協力

Photo: Øyvind Hagen / Statoil



海外の浮体式洋上風車(2)



仏 FLOATGEN プロジェクト
国内ではHIBIKI プロジェクト

コンクリート浮体で低廉なシステムへ

海外の浮体式洋上風車(3)

新しい浮体式洋上風力の提案
2枚翼の採用



SCD[®] nezzy 8.0 MW

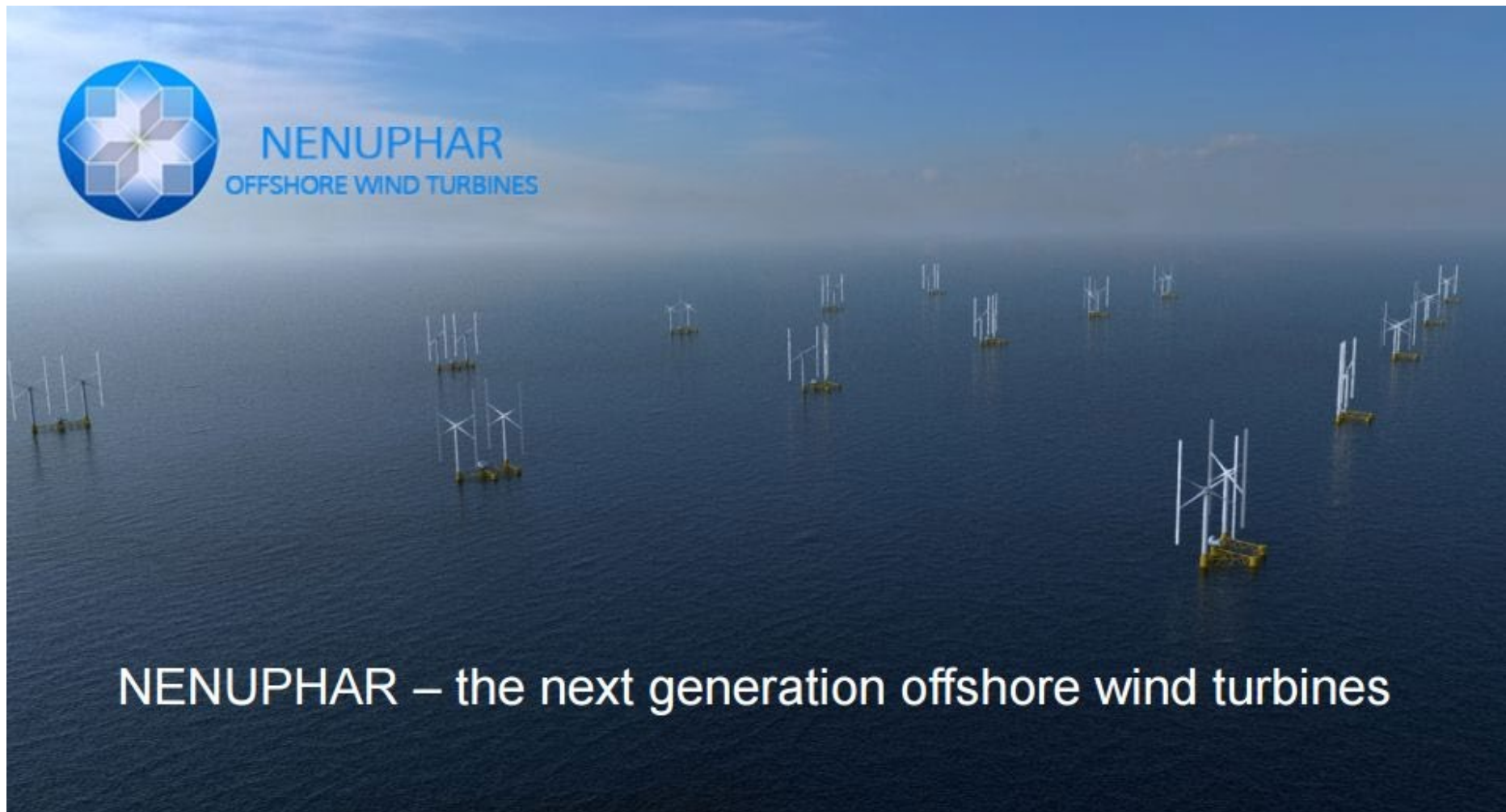
New revolutionary floating solution
reduces the costs by 40% due to:

- concrete foundation design
- guided leaning profiled tower
- self-adjusting downwind rotor
- stabilised by 3 flexible floaters
- installation without crane ships



縦軸風車, Vertiwind

重心が低く、浮体式洋上風力への導入が容易



2.3 領海から排他的経済水域への拡張(つづき)

- 発電電力を水素に変換し利用することになれば、電力のみならず、輸送や暖房などに利用されるエネルギーを、EEZ内の豊富な風資源で賄うことも現実味を帯びてくる。
- 普及は発電価格に依存することになるが、欧州では着底式でおよそ6円/kWhの低価格で落札される現状を考慮すると、水素製造の損失を入れても、浮体式洋上風力の技術の進歩と大型化によって十分に商業化できる。
- エネルギー基本計画の2030年以降の議論については、この浮体式洋上風力の大規模導入を視野に入れたエネルギー政策を謳ってほしいと願っている。
- まさしく、日本の洋上風力発電は、長期的な視野で俯瞰すると、いわゆる「ブルー・オーシャン」である。

2-X. 大規模普及へのその他の課題

- 電力系統、電力市場の一層の整備と効率化が必要
- 日本には大型風車メーカーがもはや存在しない・・・
 - 風力を主要電源と位置付けるためにも、エネルギー安全保障の観点からの対応が必要
 - 英国と同様に、国内部品調達を60%以上とする
 - 国産風車メーカーの再構築を探る
- 浮体式洋上風力の活用へ
 - 国際的な動きとして、2000年陸上風力、2010年洋上風力の技術が確立し、その後10年単位で急成長を続けている。
 - 2020年は浮体式洋上風力のスタートであり、EEZの利用に向けて、その後の普及を期待できる。

3. 結語：日本のブルー・オーシャン、洋上風力発電！

- 洋上風力は、日本でも大きな産業に発展する可能性を秘め、これから競争が始まる巨大な市場、新しい経営戦略が必要な未開発な市場と、大きな期待を寄せた。
- もちろん、国際的に進んでいる洋上風力発電の市場は、日本を含めてすでに競争の激しい分野となりつつあり、当事者にとっては「レッド・オーシャン」がふさわしい呼称かもしれない。
- しかしながら、地球の7割を占める海洋がもたらす風力、波力、潮流、海流、温度差などの再生可能エネルギーのほとんどは手付かずである。日本が先頭に立って、まだ開発が進んでいない沖合海域の洋上風力発電を、経済性を考慮しつつ、地域との共発展を図りながら、「ブルー・オーシャン」として開発を進めたい

