

洋上風力発電のカーボンニュートラルにおける役割

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. はじめに、地域との共発展
2. 洋上風力発電の現状
3. 洋上風力発電のプロジェクト
4. 着床（着底）式洋上風力発電の技術
5. 浮体式洋上風力発電の技術
6. ブルーオーシャン、日本の洋上風力の将来
7. 結語

1. はじめに、地域との共発展



- 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
- 5台の風車は市民らが所有し、地域と発電事業者の共存が進む₂

景観とみごとに適合したオランダ風車(1)
地域の灌漑に利用、社会受容性への糸口を示唆
近代風車、洋上風車もその心を引き継ぎたい！



世界遺産：キンデルダイク-エルスハウトの風車
September 9, 2011

景観とみごとに適合したオランダ風車(2)

「300年つづく風車の絶景、19基の巨大風車群！キンデルダイク」

「世界は神が創ったが、オランダはオランダ人が創った」

3月7日(日)18時、TBS、世界遺産「300年現役！、オランダ風車の絶景」より



Mills in Floodlight

<https://www.kinderdijk.com/>

Evening on September 9, 2011 4

景観とみごとに適合したオランダ風車(3)

風車でポンプを回し、地域の灌漑に利用。

乳牛を放牧、ゴーダチーズの産地
地域への貢献、地産地消、地産他消！



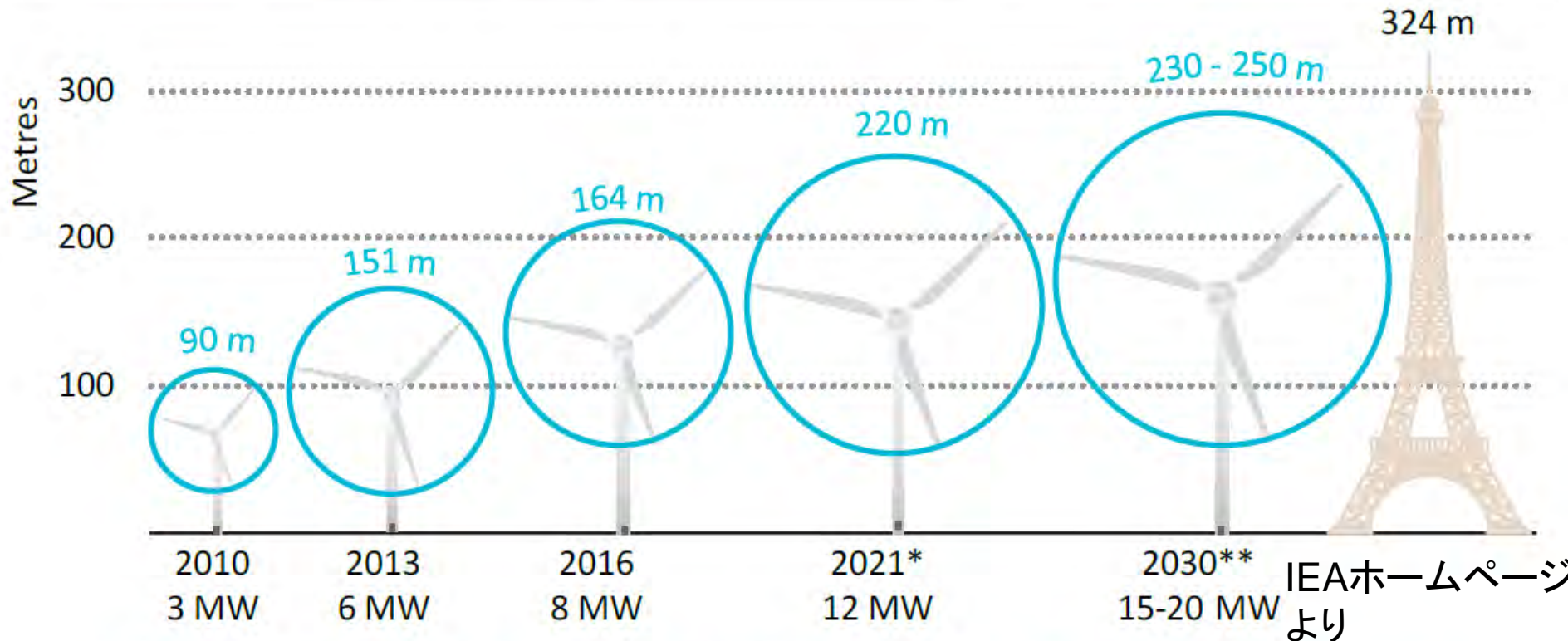
世界遺産：キンデルダイク・エルスハウトの風車

September 10, 2011、土曜は帆を張って回転

風車の大型化

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

Figure 3 ▶ Evolution of the largest commercially available wind turbines



Technology advances enabled offshore wind turbines to become much bigger in just a few years and are supporting ongoing increases in scale

洋上風力発電は日本のブルー・オーシャン

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

1. はじめに、地域との共発展
- 2. 洋上風力発電の現状**
3. 洋上風力発電のプロジェクト
4. 着床（着底）式洋上風力発電の技術
5. 浮体式洋上風力発電の技術
6. ブルーオーシャン、日本の洋上風力の将来
7. 結語

世界の風力発電の設備容量の推移

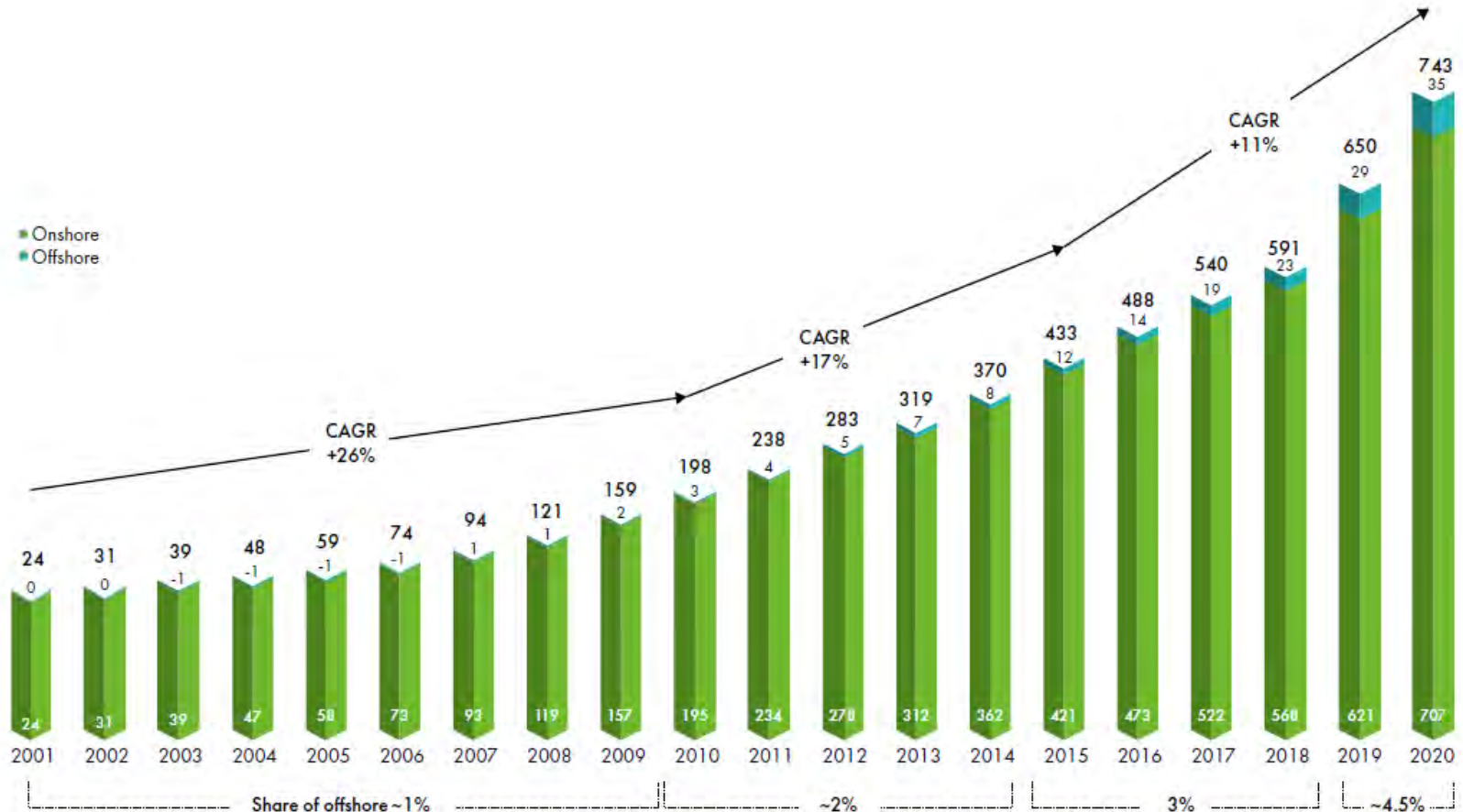
2020年末で744GWに達する

GWECホームページより

年間成長率は26%から11%へ鈍化

原子力発電の設備容量400GWを大きく上回る

洋上風力発電(青色)も35GW、全体の5%までに成長



風力発電の国別の設備容量、2020年

設備容量は、中国、米国、ドイツ、インド、スペインの順である。

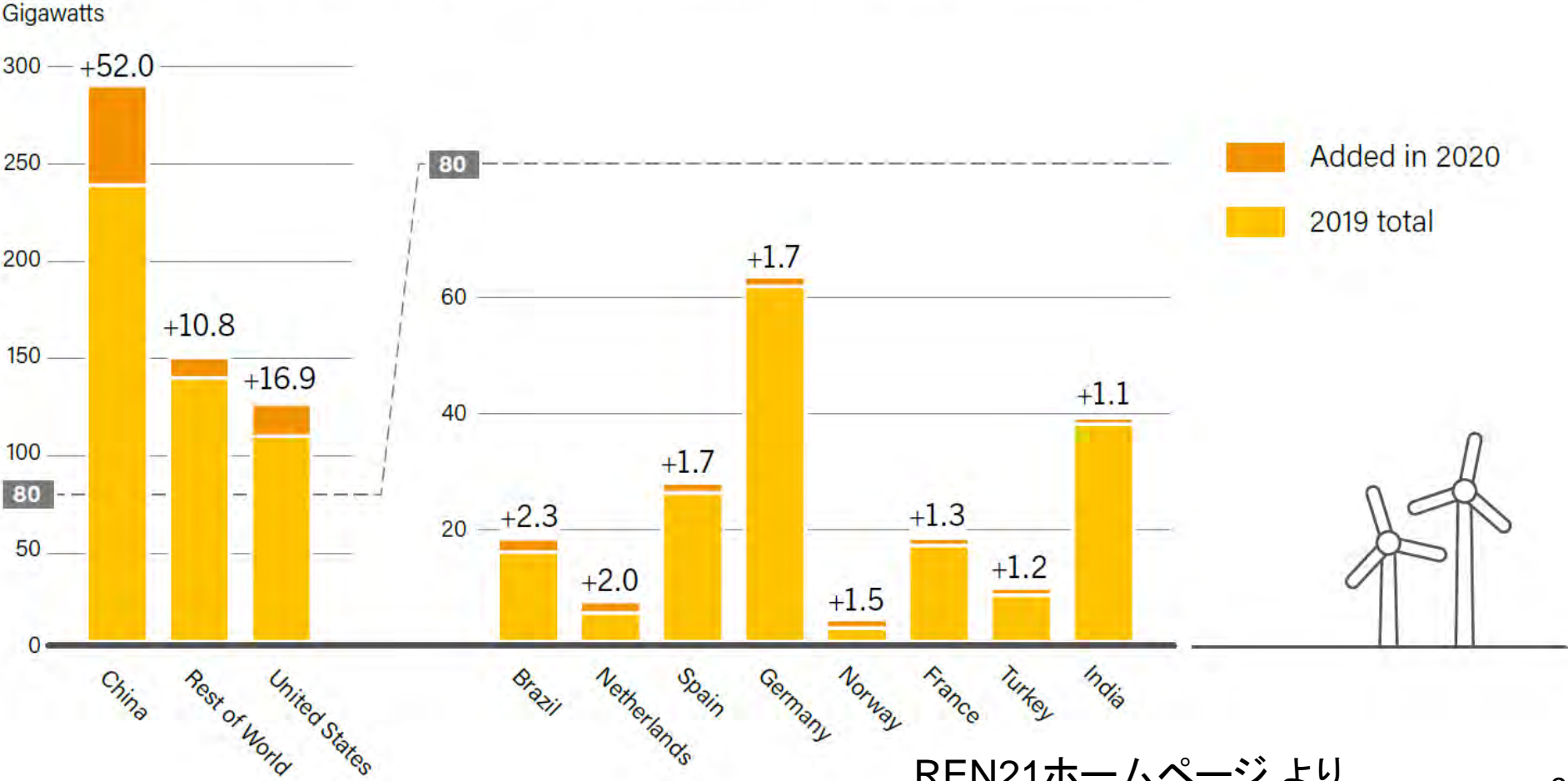
日本はトップ10には入らず。

新設量は 中国、米国、ブラジル、オランダ、スペイン、ドイツと続く。



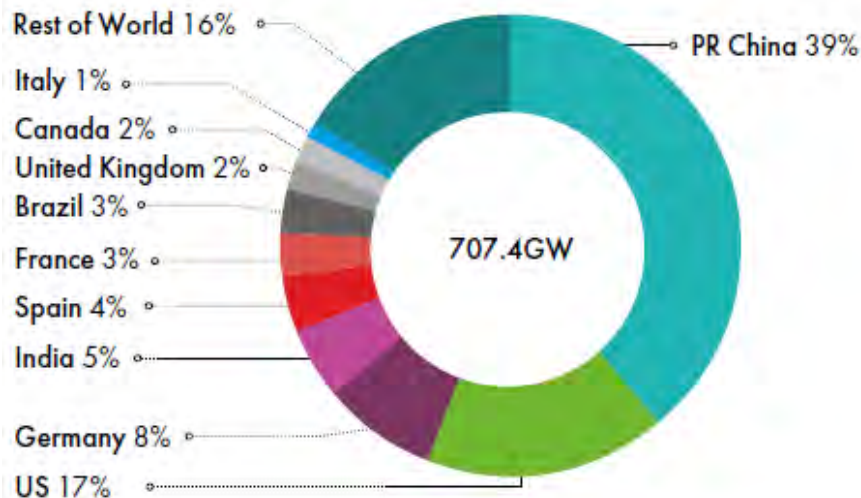
FIGURE 35.

Wind Power Capacity and Additions, Top 10 Countries for Capacity Added, 2020

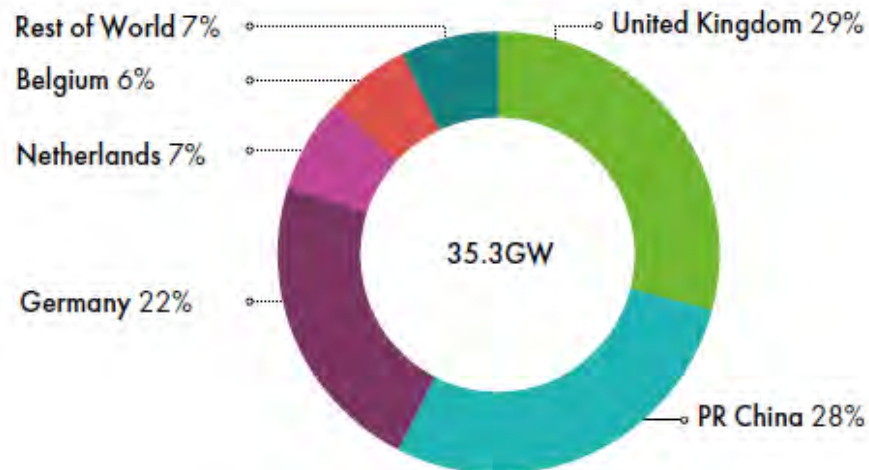


陸上および洋上風力発電の国別トップ10 2020年末設備容量

Total installations onshore (%)



Total installations offshore (%)



Detailed data sheet available in GWEC's member only area. For definition of region see Global Wind Report – Methodology and Terminology ([Link to page](#))

洋上風力では英国がトップ、しかし、来年の統計では中国が陸上風力と同様にトップの予定

GWECホームページより

日本の風力発電の設備容量の推移

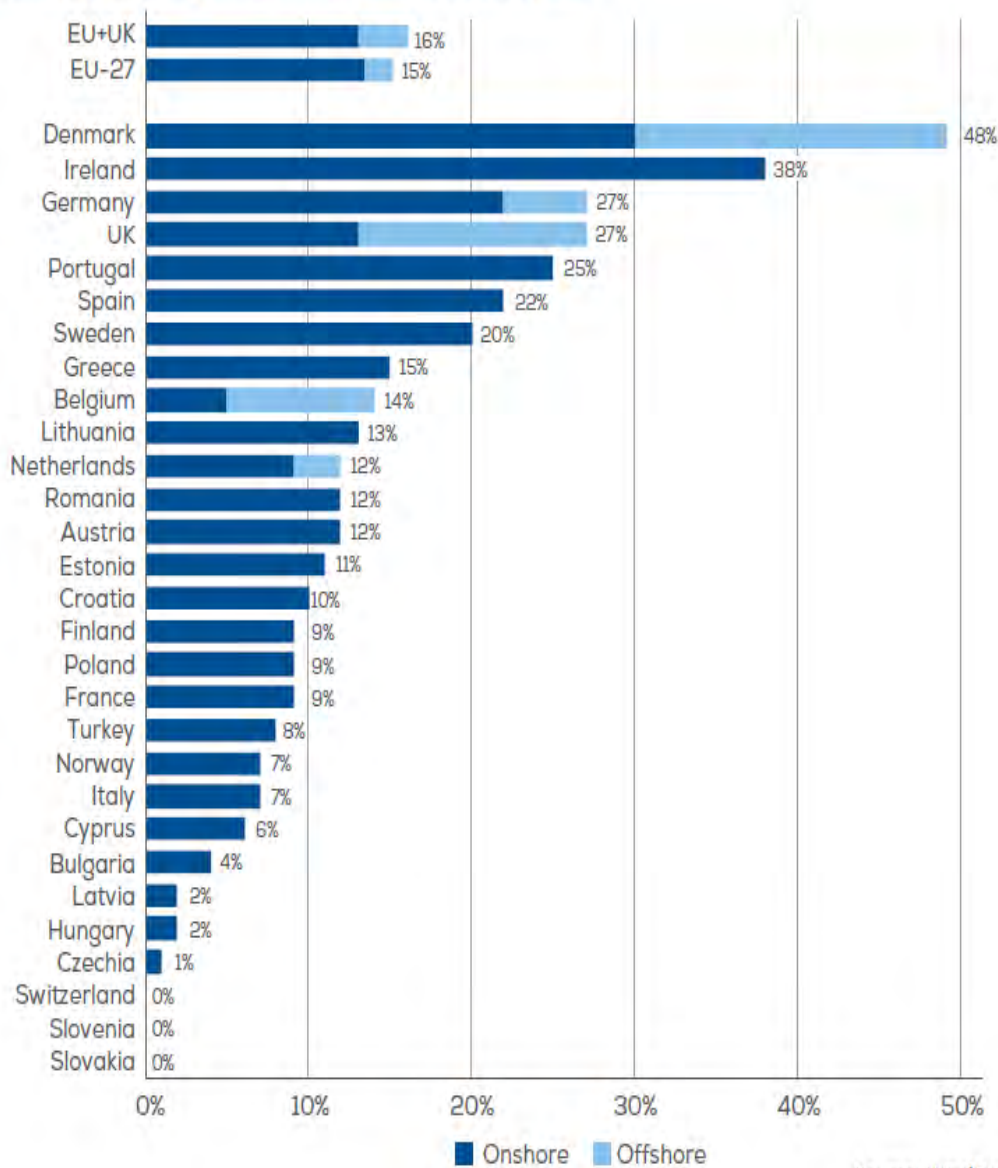
2020年末で4.4GW(世界は744GW、わずか0.6%)、成長はしているものの伸びは小さい。

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量の割合、2020年

Percentage of the average annual electricity demand covered by wind¹⁾



欧州平均で電力比16%
最大のデンマークで48%
島国の英国で27%

参照：

日本はわずか0.7%

2030年政府目標も~~1.7%~~

5%に改訂

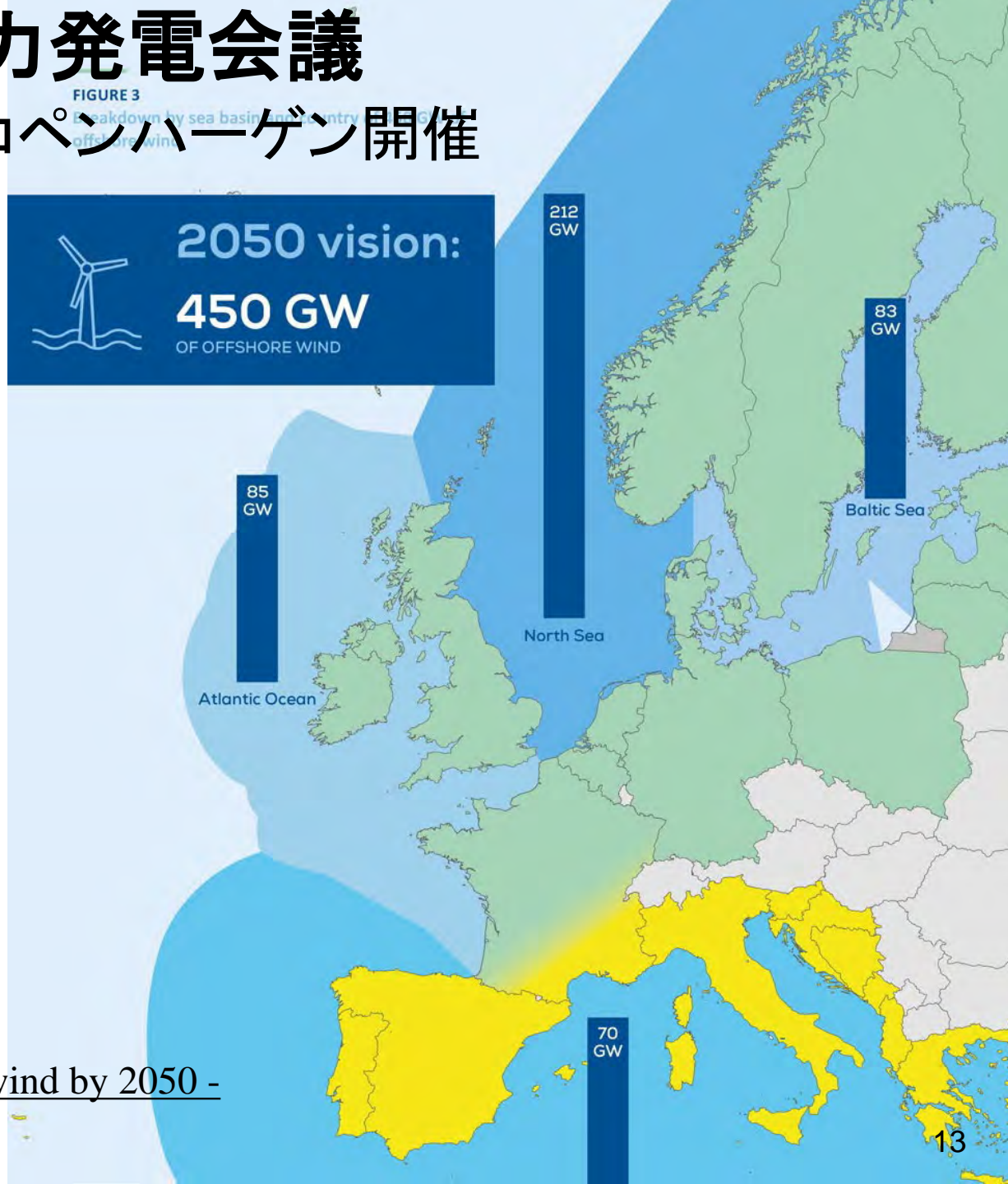
2周回から1周回遅れへ

日本は風力発電では後進国、ガラパゴス化している。

欧州洋上風力発電会議

2019年11月26-28日コペンハーゲン開催

- 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
- COP25との連携



How to deploy 450 GW offshore wind by 2050 -
WindEurope Offshore 2019 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

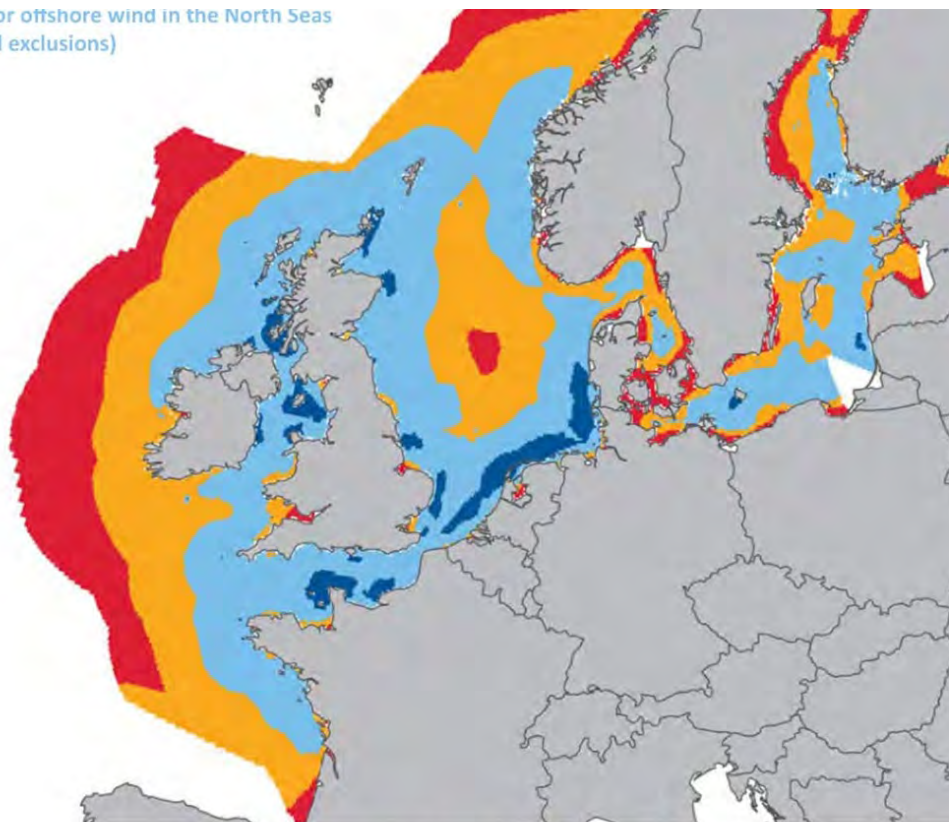
水色: 50€/MWhと65€/MWhの間の低価格の領域

桃色: 65€/MWhと80€/MWhの間の中間価格の領域

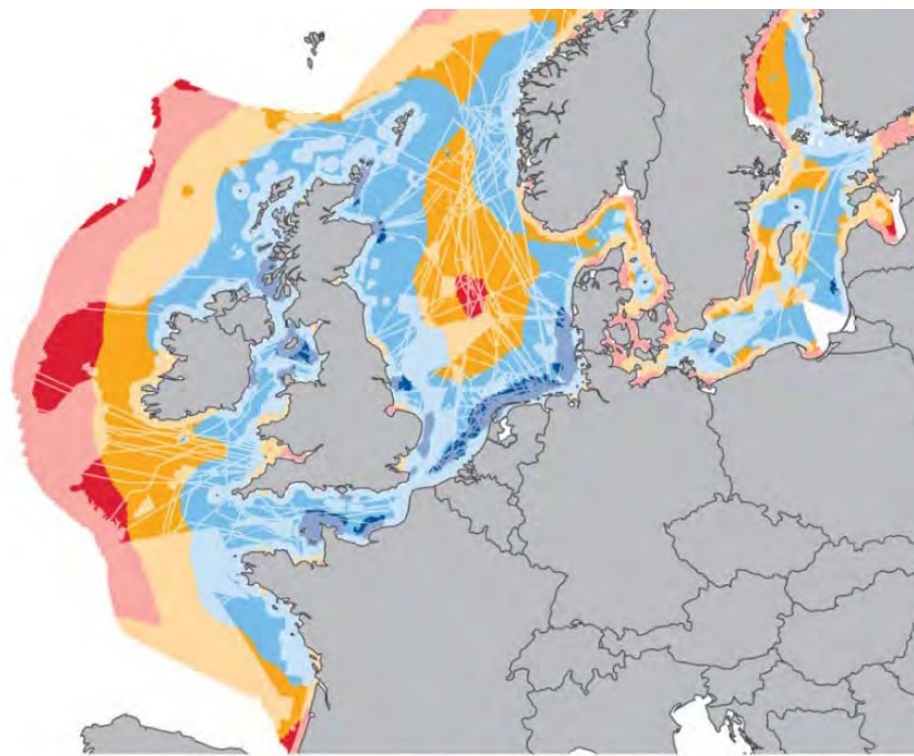
赤色: 80€/MWh(およそ10円/kWh) 以上の 高価格の領域

右図は、左図に対して除外区域を、本来の色を一段薄くして表現

E for offshore wind in the North Seas
(partial 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

洋上風力発電の世界のさらなる大きな目標

2050年 世界で1,400GW 全電力の10%

- 「海洋再生可能エネルギー連合:OREAC (Ocean Renewable Energy Action Coalition)」は、2050年、洋上風力で1,400GWを世界の目標とすることを提案
- COVID-19 からのグリーンリカバリーと、大規模な脱炭素化を推進する
- OREACは、「持続可能な海洋経済:High Level Panel for a Sustainable Ocean Economy (Ocean Panel)」の要請、1分野として活動している

<https://www.oceanpanel.org/>

- Ocean Panel のメンバーとして、菅前首相を含めて、14か国の首相と国連事務総長海洋特使が参加している
- 国連、主要国首脳に支えられたOcean Panel のもとで活動するOREACの今後の活動に期待したい
- OREACは現在、MHI-Vestasや日本のJERAを含む会社、およびGWECなどの団体が参加している
- 日本も、Ocean Panel およびOREACと共に歩みたい

洋上風力発電は日本のブルー・オーシャン

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

1. はじめに、地域との共発展
2. 洋上風力発電の現状
- 3. 洋上風力発電のプロジェクト**
4. 着床（着底）式洋上風力発電の技術
5. 浮体式洋上風力発電の技術
6. ブルーオーシャン、日本の洋上風力の将来
7. 結語

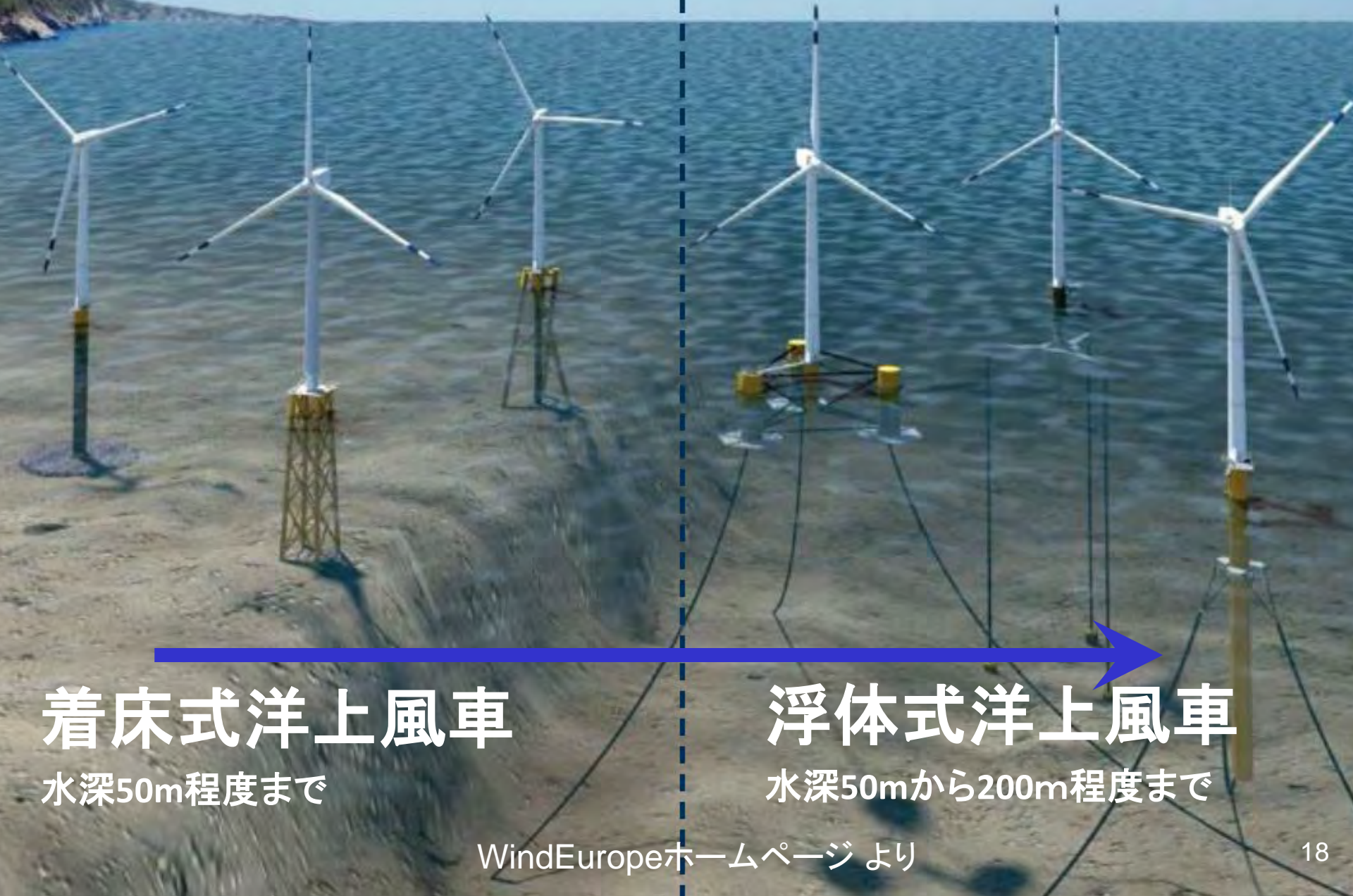
3. 洋上風力発電のプロジェクト

世界に誇る日本の洋上風車

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



着床式洋上風車

水深50m程度まで

浮体式洋上風車

水深50mから200m程度まで

デンマーク ホーンズ・レフ洋上風車の後流

1) 80基、160MW, 2) 91基、209MW



Photo by Christian Steiness / Vattenfall (Horns Rev Offshore Wind Farm, Denmark)

Original Image Link: <http://i.imgur.com/qruVcnu.jpg>

<https://www.windpowerengineering.com/optimizing-energy-production-addressing-rotor-wakes-wind-farms/>

大規模な洋上風車 ロンドン・アレイ 175基、630MW



<http://www.londonarray.com/> より

世界最大の洋上風力発電 Hornsea One 174基、1.2GW

これからの洋上風力の計画は1GW規模のサイズとなる



Credit: Orsted

<https://www.nenergybusiness.com/features/what-is-hornsea-offshore-wind/#>

世界における再生可能エネルギーの価格

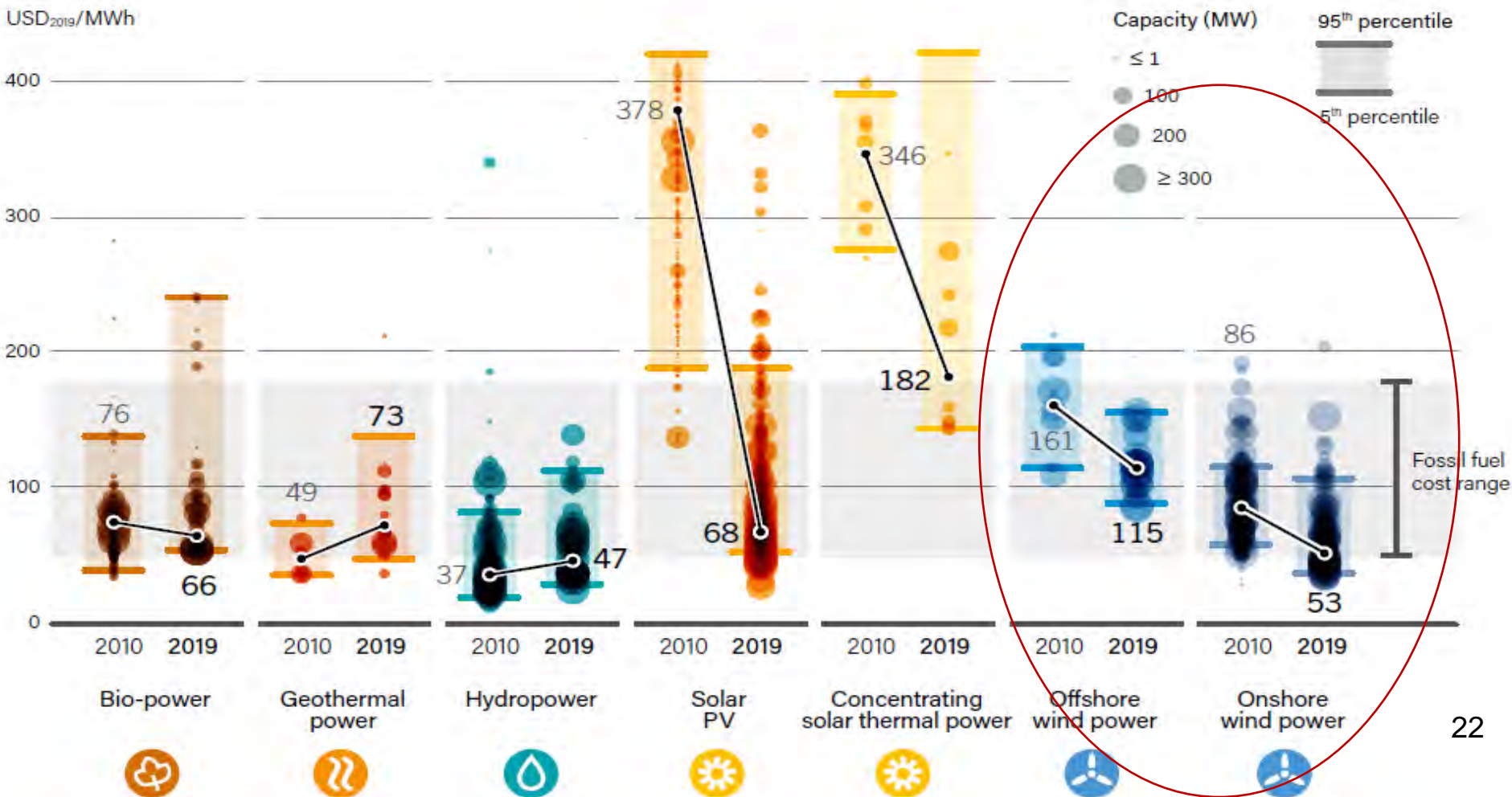
1ドル100円換算で100USD/MWh = 10円/kWh

風力発電が5円/kWh、経済性がもっとも大きい

なお、大型水力発電の開発余地は日本では少ない

FIGURE 40. Global Levelised Cost of Electricity from Newly Commissioned, Utility-scale Renewable Power Generation Technologies, 2010 and 2019

REN21ホームページより



日本における再生可能エネルギーの価格

再エネ、特に風力発電は、世界に比べて高い

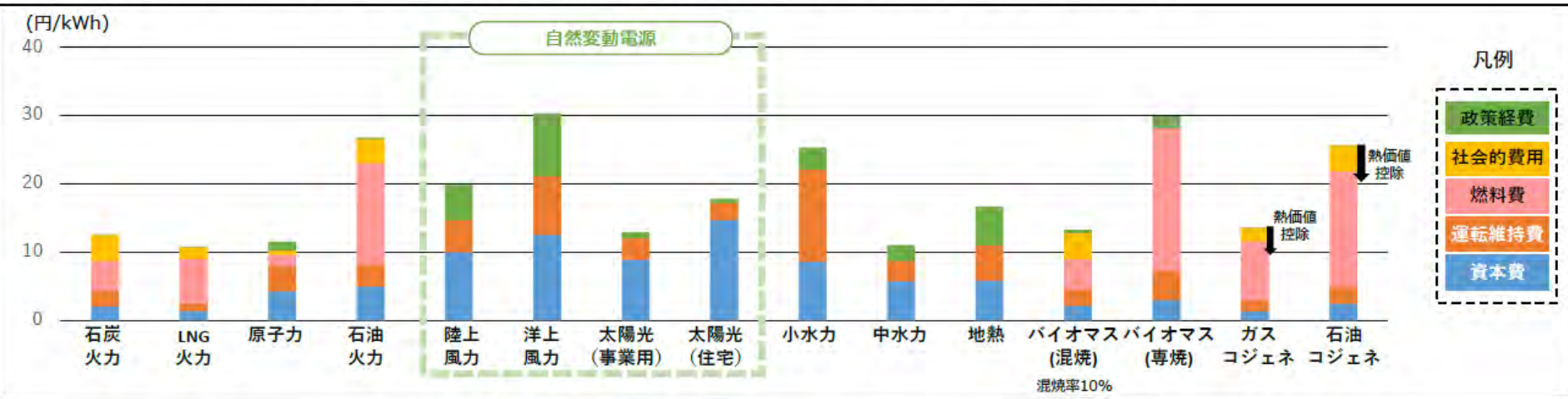
2020年の電源別発電コスト試算の結果概要

均等化発電原価(LCOE)は、標準的な発電所を立地条件等を考慮せずに新規に建設し所定期間運用した場合の「総発電コスト」の試算値。政策支援を前提に達成すべき性能や価格目標とも一致しない。

- 各電源のコスト面での特徴を踏まえ、どの電源に政策の力点を置かかといった、**2030年に向けたエネルギー政策の議論の参考材料**とする。
- 2020年に、新たな発電設備を更地に建設・運転した際のkWh当たりのコストを、一定の前提で機械的に試算。**
(既存の発電設備を運転するコストではない)。
- 事業者が**現実**に**発電設備を建設**する際は、ここで示す**発電コストだけでなく、立地地点毎に異なる条件を勘案して総合的に判断**される。

電源	石炭火力	LNG火力	原子力	石油火力	陸上風力	洋上風力	太陽光(事業用)	太陽光(住宅)	小水力	中水力	地熱	バイオマス(混焼)	バイオマス(専焼)	ガスコジェネ	石油コジェネ
発電コスト(円/kWh) ※()内は政策経費なしの値	12円台後半 (12円台後半)	10円台後半 (10円台後半)	11円台後半～ (10円台前半～)	26円台後半 (26円台後半)	19円台後半 (14円台後半)	30円台前半 (21円台前半)	12円台後半 (12円台前半)	17円台後半 (17円台前半)	25円台前半 (22円台前半)	10円台後半 (8円台後半)	16円台後半 (10円台後半)	13円台前半 (12円台後半)	29円台後半 (28円台前半)	9円台前半～ 10円台後半 (9円台前半～ 10円台後半)	19円台後半～ 24円台前半 (19円台後半～ 24円台前半)
設備利用率	70%	70%	70%	30%	25.4%	30%	17.2%	13.8%	60%	60%	83%	70%	87%	72.3%	36%
稼働年数	40年	40年	40年	40年	25年	25年	25年	25年	40年	40年	40年	40年	40年	30年	30年

(注1) グラフの値はOECD (2020) 「World Energy Outlook 2020」の公表済政策シナリオの数値を表示。コジェネは、CIF価格で計算したコストを使用。



原子力の感度分析 (円/kWh)	
廃止措置費用2倍	試算中
事故廃炉・賠償費用等1兆円増	試算中
再処理費用及びMOX燃料加工費用2倍	試算中

化石燃料価格の感度分析 (円/kWh)			
燃料価格10%の変化に伴う影響 (円/kWh)	石炭 試算中	LNG 試算中	石油 試算中

2030年度におけるエネルギー需給の見通し(関連資料)
令和3年10月、資源エネルギー庁HPより

(注2) OECD (2020) 「Projected Cost of Generating Electricity 2020」等を参考にして試算

洋上風力発電は日本のブルー・オーシャン

東京大学名誉教授・京都大学特任教授

世界風力エネルギー学会副会長

荒川 忠一

1. はじめに、地域との共発展
2. 洋上風力発電の現状
3. 洋上風力発電のプロジェクト
- 4. 着床（着底）式洋上風力発電の技術**
5. 浮体式洋上風力発電の技術
6. ブルーオーシャン、日本の洋上風力の将来
7. 結語

着床式洋上風力発電導入ガイドブック

- NEDOにより、着床式洋上風力発電の環境影響評価手法に関する基礎資料(最終版)として、2019年に発行
- 着床式の教科書として利用いただきたい
- 内容が古くなっていることもあり、継続的な改訂が必要
- https://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku_d.html



国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

お問い合わせ窓口 委託・助成事業者の方へ アクセス



English

ニュース イベント 実施者募集(公募) 事業紹介 刊行物・資料 調達 NEDOについて



ホーム > 刊行物・資料 > データベースなど > 報告書 > 着床式洋上風力発電導入ガイドブック(最終版) 着床式洋上風力発電の環境影響評価手法に関する基礎資料(最終版)


着床式洋上風力発電導入ガイドブック(最終版) 着床式洋上風力発電の環境影響評価手法に関する基礎資料(最終版)

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)は、洋上風力発電の導入促進を図るため、2015年9月に公開した「着床式洋上風力発電導入ガイドブック(第一版)」において、着床式洋上風力発電の概要、洋上風力発電の定義と種類、ポテンシャル、国内外の現状と動向などの基礎情報や、着床式洋上風力発電を導入する上で参考となる洋上風力発電等技術研究開発の成果の一部を含めた国内外の知見を取りまとめ、導入計画の策定に沿った手引きとしても活用できるように整理しました。

今回、千葉県銚子沖と福岡県北九州市沖での洋上風力発電等技術研究開発が完了したことに伴い、「着床式洋上風力発電導入ガイドブック(最終版)」を公開しました。最終版では、第一版公開以降の情報更新を行うとともに、洋上風力発電等技術研究開発で得られた風況や設備利用率などのデータ、洋上風力発電設備メンテナンス手法などの内容を、別冊という形で取りまとめました。

また、国内における着床式洋上風力発電に係る環境影響評価の事例を取りまとめた「着床式洋上風力発電の環境影響評価手法に関する基礎資料(最終版)」では、着床式洋上風力発電の円滑な導入のために、国内初の沖合洋上風力発電の試みとなった銚子沖と北九州市沖の着床式洋上風力発電実証研究に加えて、風力発電等導入支援事業などの事業者による環境影響評価事例などを取りまとめました。

1. 着床式洋上風力発電導入ガイドブック(最終版)

 [ガイドブック\(最終版\)](#) (25.7MB)

 [要約版](#) (1.6MB)

NEDO資料より Source: https://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku_d.html

支持構造物

- モノパイル、ジャケツト、重力の3基本形
- 土質、水深、風車重量などに依存
- 現在はモノパイルが優勢(下図)
- 50m以深は浮体式へ

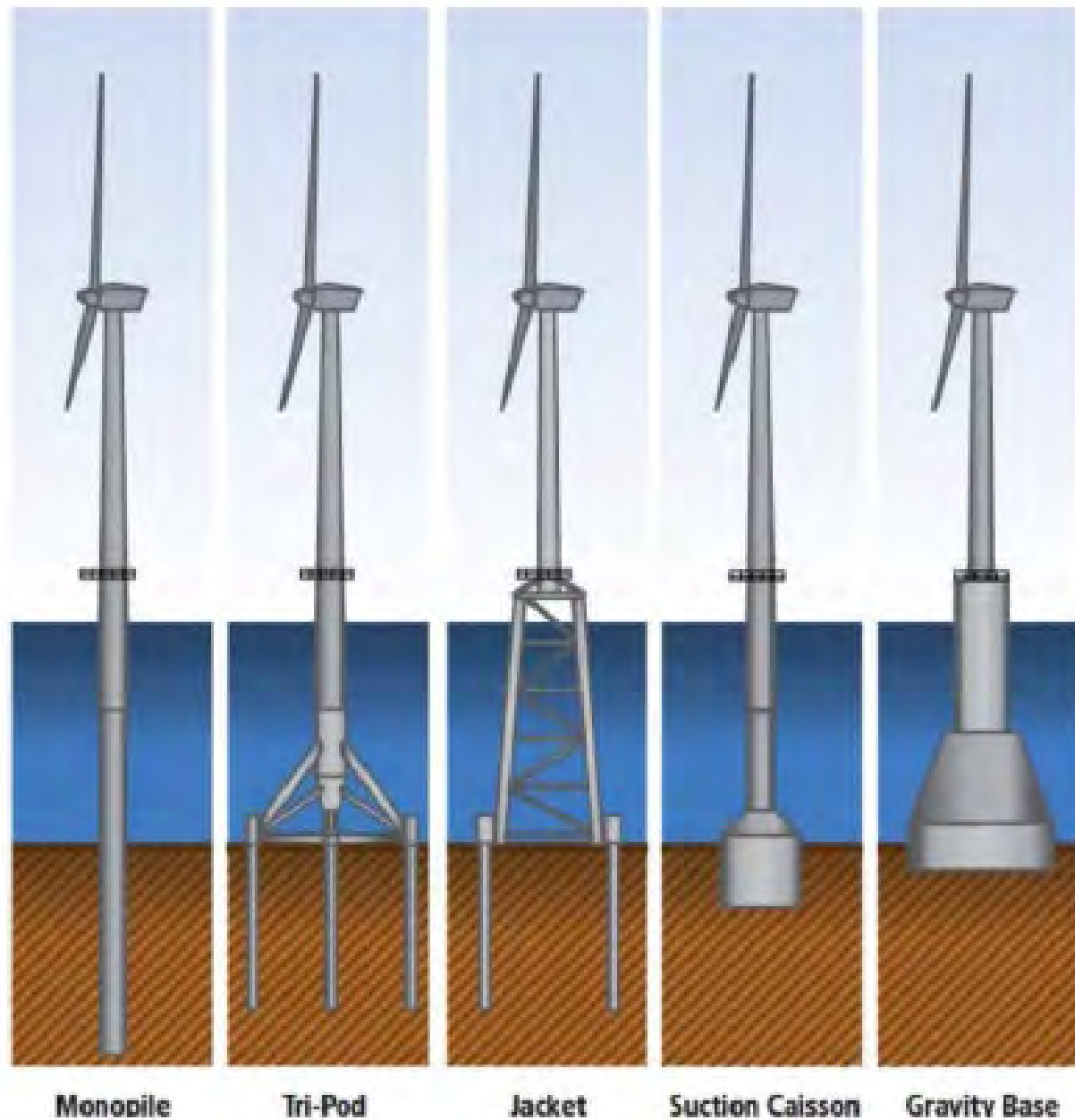


図 II. 1. 2-1 支持構造形式の代表例 (Navigant, 2013)

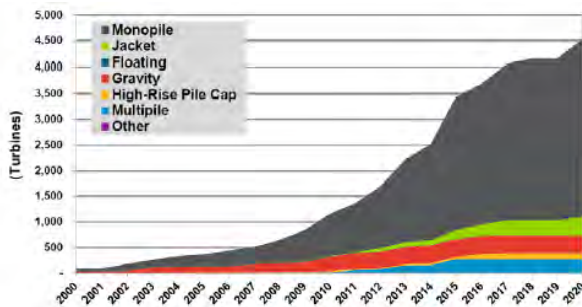
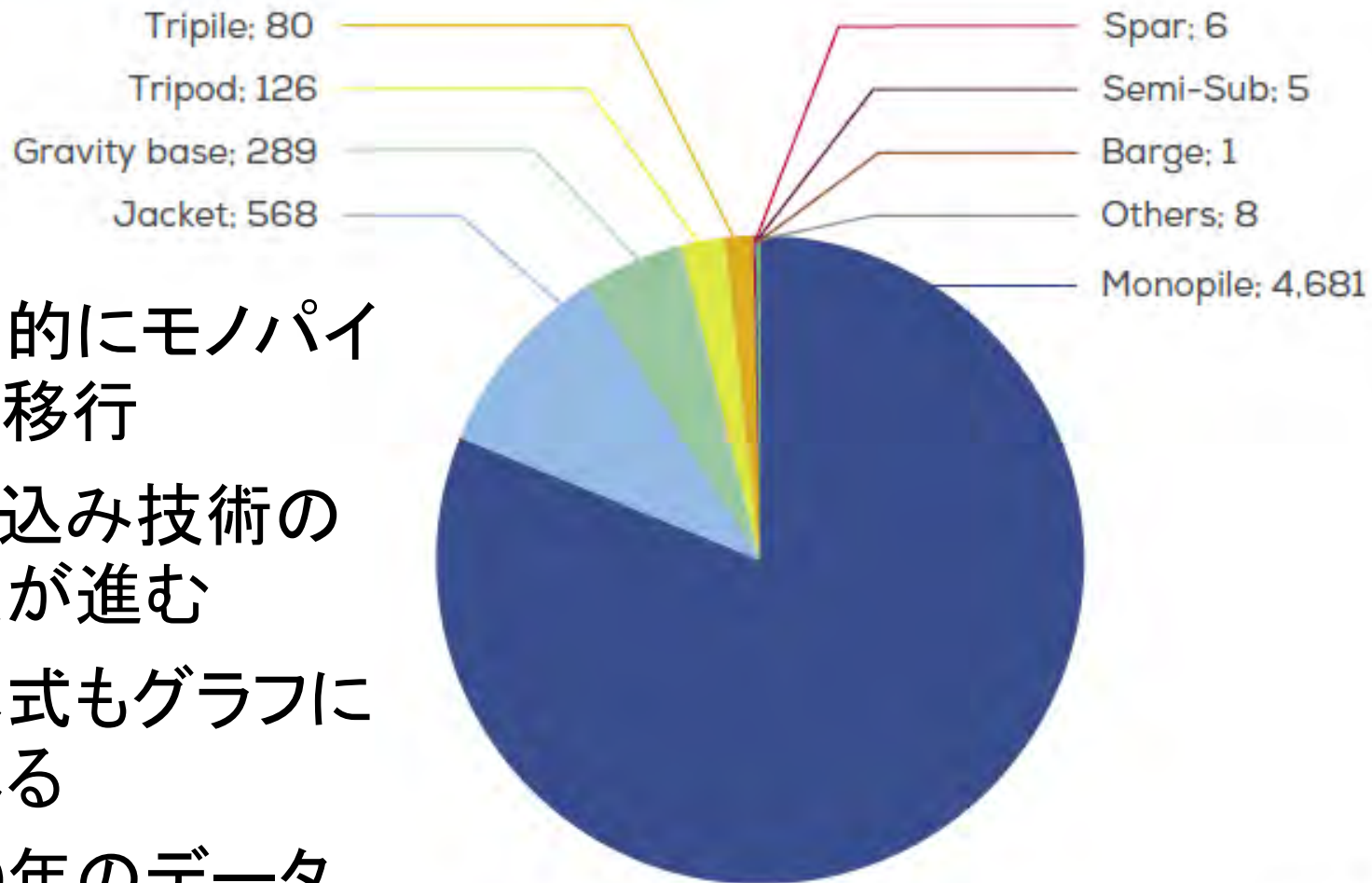


図 II. 1. 2-3 洋上風力発電設備の支持構造物形式の設置割合 (2000-2020 年)

(NAVIGANT, 2016)

支持構造物形式の設置割合

FIGURE 15
Cumulative number of foundations installed by substructure type⁷

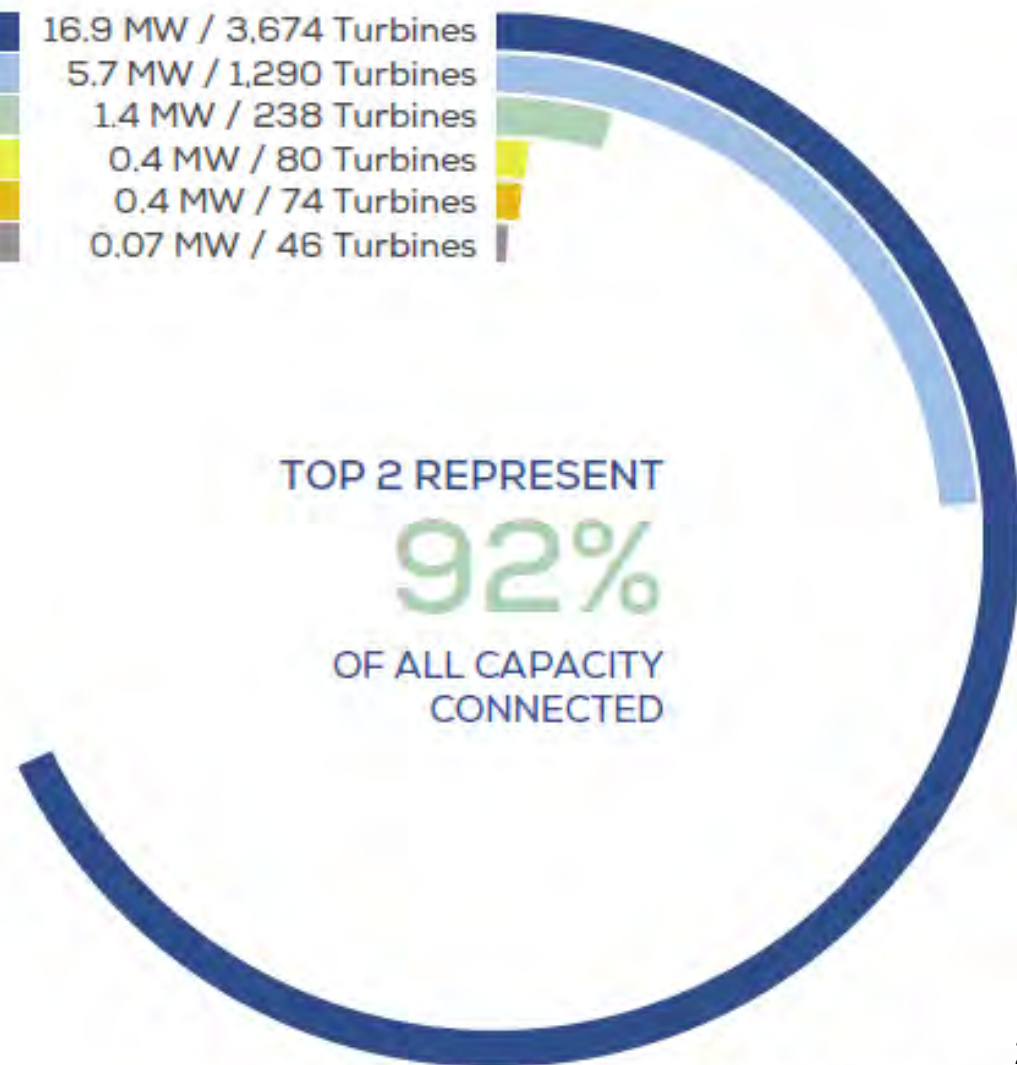


- 圧倒的にモノパイ
ルに移行
- 打ち込み技術の
改良が進む
- 浮体式もグラフに
現れる
- 2020年のデータ

洋上における風車メーカーの市場構成

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

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



- Siemens, Vestasが
欧州市場を席捲
- GEの成長を期待
- 3社体制でよいか？
- 日の丸風車は？
- エネルギーの安全
保障問題

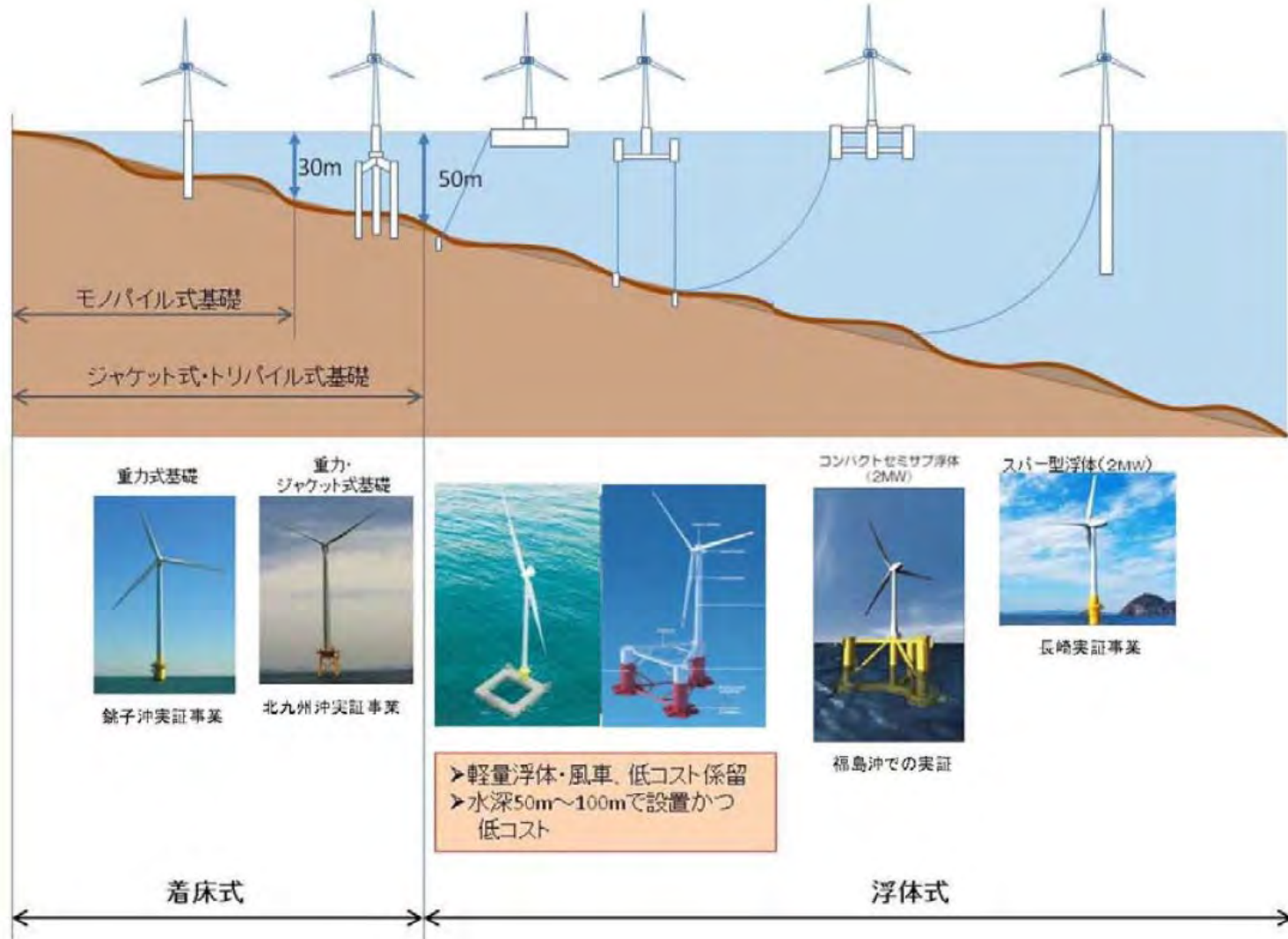
洋上風力発電の技術開発・事業動向と 日本の採るべき方向性 ～国内外の最新情報と展望～

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

1. はじめに、地域と共発展
2. 洋上風力発電の現状
3. 洋上風力発電のプロジェクト
4. 着床（着底）式洋上風力発電の技術
5. **浮体式洋上風力発電の技術**
6. ブルーオーシャン、日本の洋上風力の将来
7. 結語

浮体式洋上風力発電技術ガイドブック

- NEDOにより、浮体式洋上風力発電施設の導入を計画する事業者らが浮体式洋上風力発電施設の設計を進めるうえで、実務的に参照でき、さらには技術的解決策を体系的に紹介する資料として、2019年に発行。



世界に誇る日本の浮体式洋上風車(1) スーパー型

環境省 長崎県五島 2012, 2013

再エネ海域利用法ラウンド1で採用!

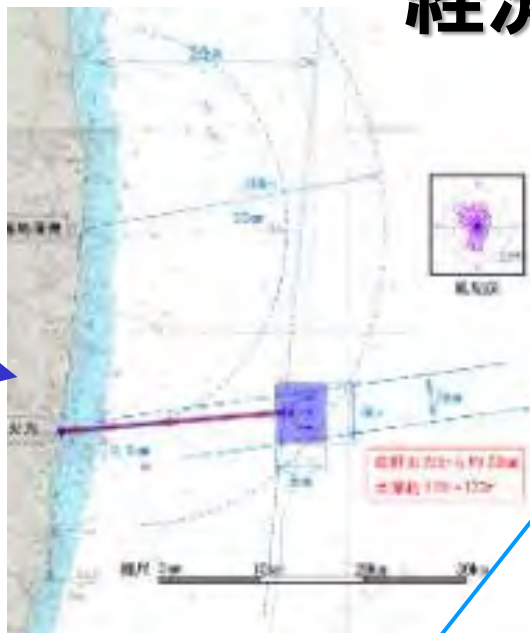


- 戸田建設・九州大学を主体、SUBARU-100kW, HITACHI-2MW
- 風況観測塔

世界に誇る日本の浮体式洋上風車(2)

経済産業省 福島PJ

PJ開始時に提供のあった資料より



Project Consortium: 11 members

- Marubeni (Project integrator)
- MHI
- University of Tokyo
- Mitsubishi Corp.
- IHI Marine United
- MES
- Nippon Steel
- Hitachi
- Furukawa Electric
- Shimizu Corp.
- Mizuho Information & Research

2013

2013

2014

2014



Hitachi
JMU Spar



Hitachi 2MW
Mitsui semi-sub



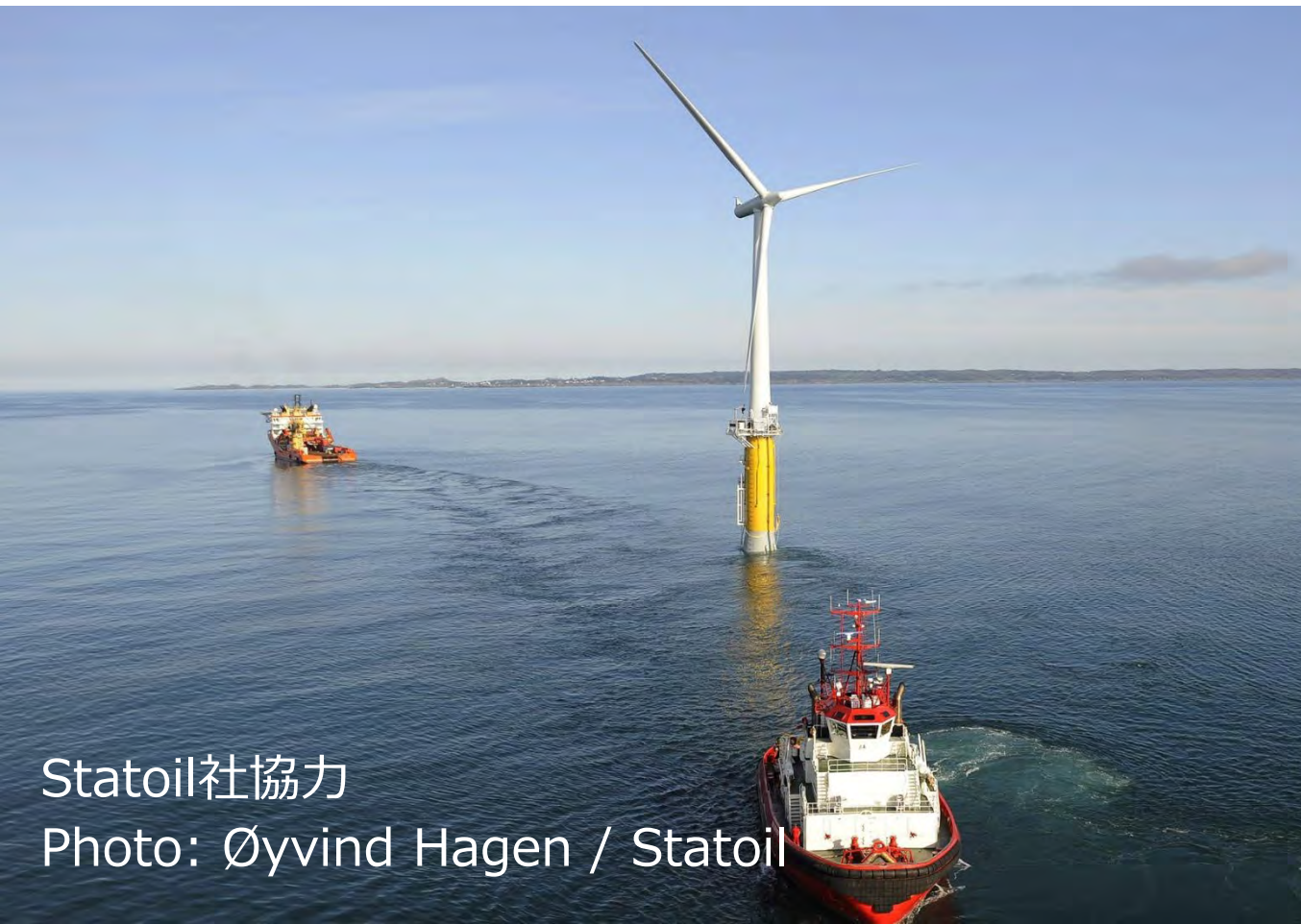
MHI 7MW
JMU Spar



MHI 7MW
MHI semi-sub

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)、スパー型
水深 200m (120-700m) , 100mの浮体構造, 2.3 MW風車



Statoil社協力

Photo: Øyvind Hagen / Statoil



Hywind つづき **Hywind Scotland**

6MW風車5台, 年間設備容量50%超, 2017年運開, Hywind Tampen 8MW11台へ



Image: Hywind Scotland (Equinor)

海外の浮体式洋上風車(2)

Windfloat セミサブ型浮体

WindFloat 1 Prototype: 2MW

WindFloat Atlantic: 25MW

Kincardine Offshore Windfarm: 50MW (soon)

海外の浮体式洋上風車(3)

Ideol社によるバージ型浮体

ideol

2基の実証機

Floatgen プロジェクト

場所：仏国 大西洋
設計：IDEOL
施工：ブイーグ (大手ゼネコン)
浮体材料：コンクリート
係留：繊維ロープ
離岸・水深：20km, 32m
設置：2018年
容量：2 MW

NEDO

次世代浮体式洋上風力実証機

場所：北九州沖合
設計：IDEOL
ライセンス提供：IDEOL
施工：日立造船
浮体材料：スチール
係留：チェーン
離岸・水深：15km, 50m
設置：2018年
容量：3 MW

Availability Rate: 94.6%
(2019 3Q-4Q)

Capacity Factor: 66.3 % Power
production: 923.2 MWh
(2020 Feb)



浮体式洋上風車の大規模普及の可能性

- 世界的に、価格において、着床式洋上風力は既に陸上風力と同等に近づきつつある。海上の風速が陸上のそれよりも大きいことに起因する。
- 浮体式洋上風力は、まだ、陸上に比べて高い価格であるものの、技術革新と風速が大きいことにより、将来的には、着床式に遜色ないものとなる。
- 日本において、着床式に対して、浮体式の賦存量は5倍、あるいは10倍はあると言われており、市場が確立すると、価格の低減が期待できる。
- 地域に適合した浮体式システムの確立が望まれる。漁業との共存、浮体などの設備の一部を地域で生産する体制などが望まれる。

洋上風力発電の技術開発・事業動向と 日本の採るべき方向性 ～国内外の最新情報と展望～

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

1. はじめに、地域との共発展
2. 洋上風力発電の現状
3. 洋上風力発電のプロジェクト
4. 着床（着底）式洋上風力発電の技術
5. 浮体式洋上風力発電の技術
6. **ブルーオーシャン、日本の洋上風力の将来**
7. 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、2020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の池畑修平氏が締めくくった。
- 「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。

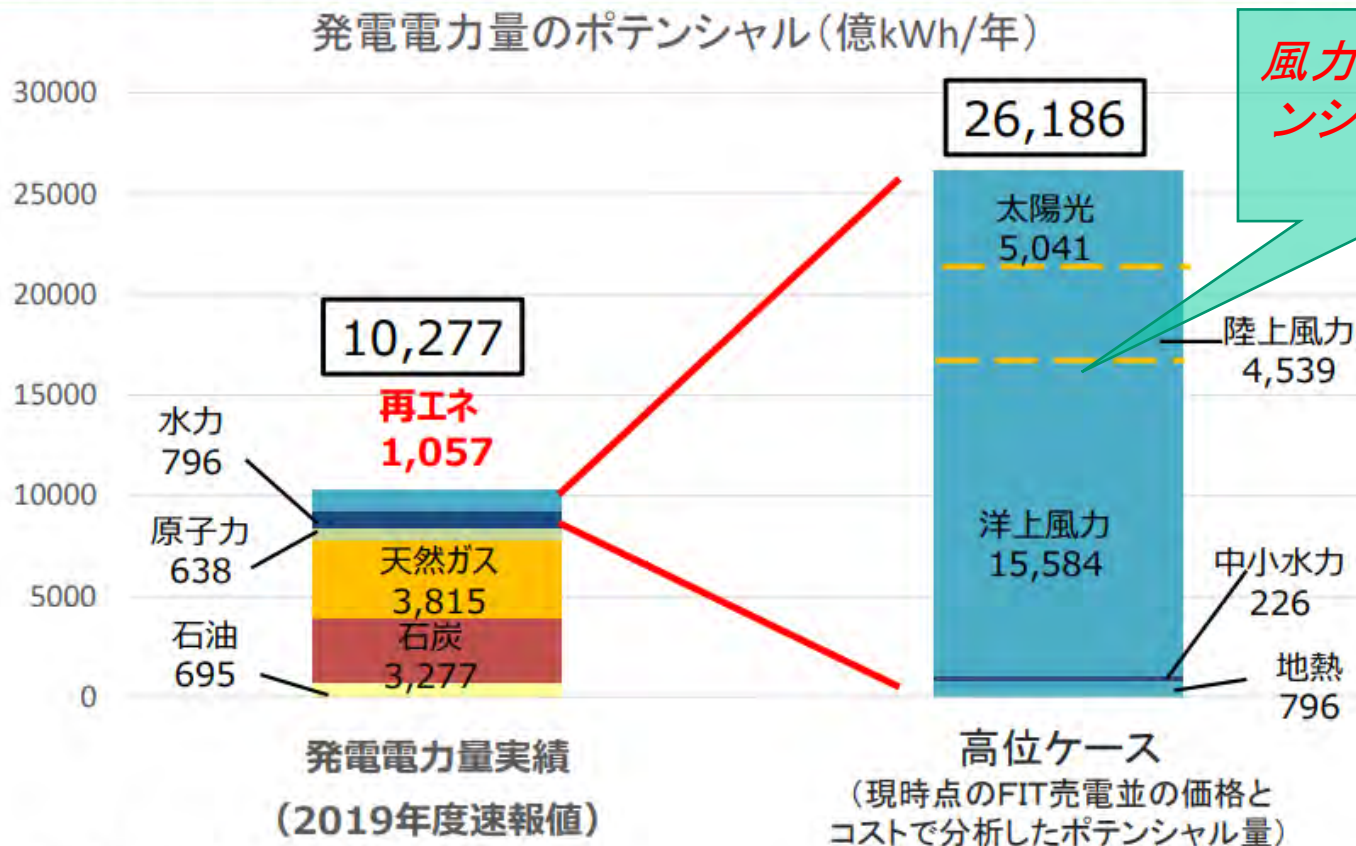


再生可能エネルギーのポテンシャル



(参考) 再エネポテンシャルは現在の電力供給量の最大2倍

- 環境省試算では、我が国には電力供給量の**最大2倍**の再エネポテンシャルが存在
- 再エネの最大限の導入に向け、課題をクリアしながら、着実に前進していく必要



風力発電のポテンシャルが最も大きい

※出典: 総合エネルギー統計

※ポテンシャルは、賦存量(面積等から理論的に算出できるエネルギー資源量)から、法令等による制約や事業採算性などを除き環境省算出。導入可能量ではないため、技術や採算性などの課題を克服しながら、ポテンシャルを最大限に活かしていく必要がある。

※この試算以外にも様々な試算あり

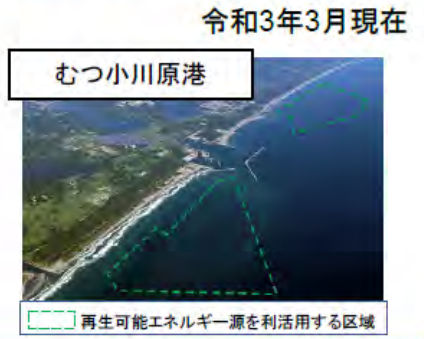
国・地方脱炭素実現会議(第1回)、2050年カーボンニュートラル実現に向けた環境省の取組について、令和2年12月25日、小泉環境大臣 提出資料、内閣官房HPより

2020年末における国内洋上ウィンドファームの計画

港湾における洋上風力発電の主な導入計画等(事業者選定済港湾) 国土交通省



石狩湾新港内
＜導入エリア 約500ha(11.2万kW程度)＞
事業主体: 合同会社グリーンパワー石狩
事業スケジュール:
令和4(2022)年春 海上工事着工(予定)
令和5(2023)年春 運転開始(予定)

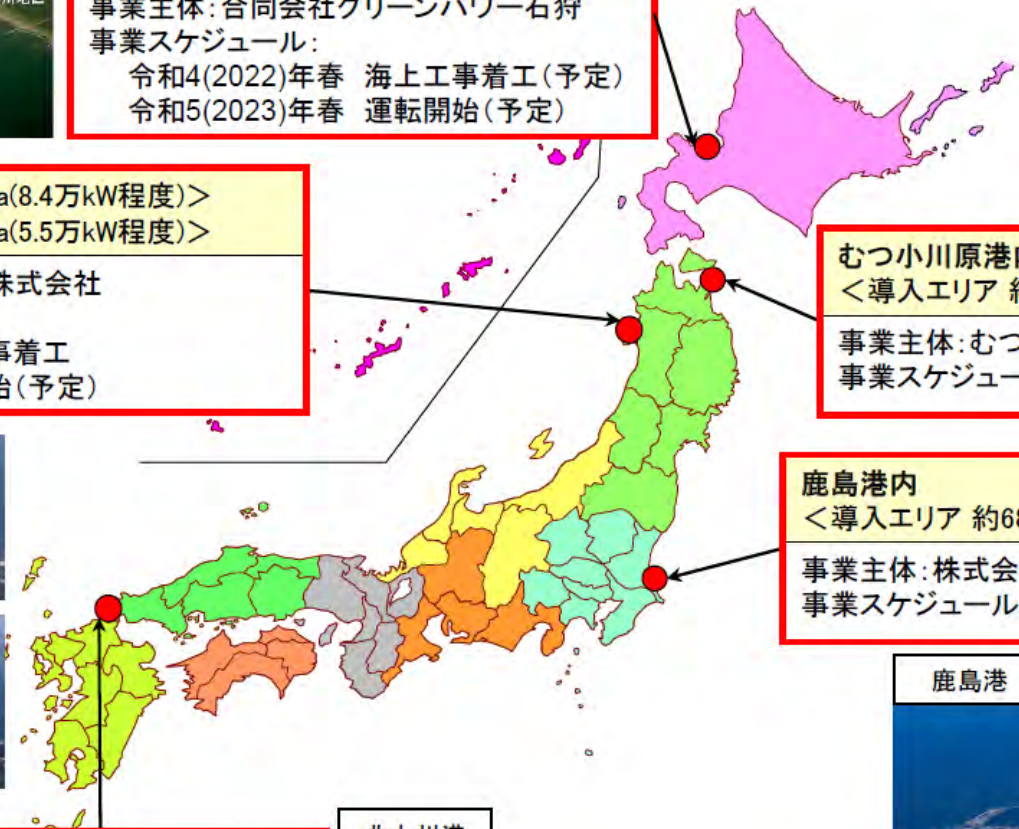


能代港内＜導入エリア 約380ha(8.4万kW程度)＞
秋田港内＜導入エリア 約350ha(5.5万kW程度)＞
事業主体: 秋田洋上風力発電株式会社
事業スケジュール:
令和3(2021)年度 海上工事着工
令和4(2022)年末 運転開始(予定)

むつ小川原港内
＜導入エリア 約1,000ha(最大8万kW程度)＞
事業主体: むつ小川原港洋上風力開発株式会社
事業スケジュール: (未定)



鹿島港内
＜導入エリア 約680ha(18.7万kW程度)＞
事業主体: 株式会社ウィンド・パワー・エナジー
事業スケジュール: (未定)



北九州港内
＜導入エリア 約2,700ha(最大22万kW程度)＞
事業主体: ひびきウインドエナジー株式会社
事業スケジュール:
令和5(2023)年度 海上工事着工(予定)
令和7(2025)年度 運転開始(予定)



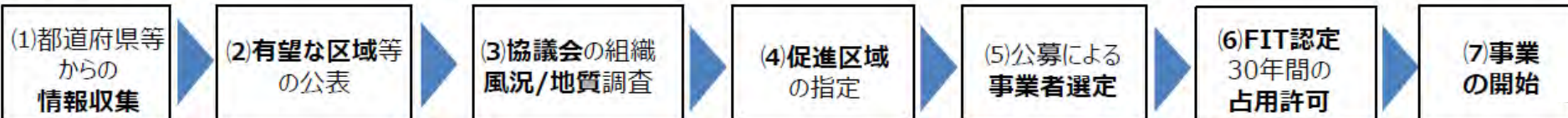
再エネ海域法による一般海域の洋上風力発電へ!

(参考) 再エネ海域利用法の施行等の状況

- **再エネ海域利用法に基づき**、2019年7月に、下図①～④の区域を有望な区域として整理し、①は2019年12月、②～④は2020年7月にそれぞれ促進区域として指定。
- このうち、①は2020年12月に公募受付期間が終了し、提出された公募占用計画の審査・評価を経て、2021年6月に事業者を選定。②～④の各区域についても、2021年5月に公募受付期間が終了し、提出された公募占用計画の審査に着手。
- また、⑤～⑧の各区域は2020年7月に新たな有望な区域として整理。協議会の設置や国による風況・地質調査の準備に着手。



プロセス



第6次エネルギー基本計画

電力需要・電源構成

電力需要

再エネが従来の
24%から38%に増加

省エネの野心的な深掘り
2,280億kWh程度
(対策前比▲21%程度)

(2013→2030)
経済成長 1.4%/年
人口 0.6%減
旅客輸送量 2%減

9,896億kWh

8,640億kWh
程度

9,808億kWh
程度

2013年度

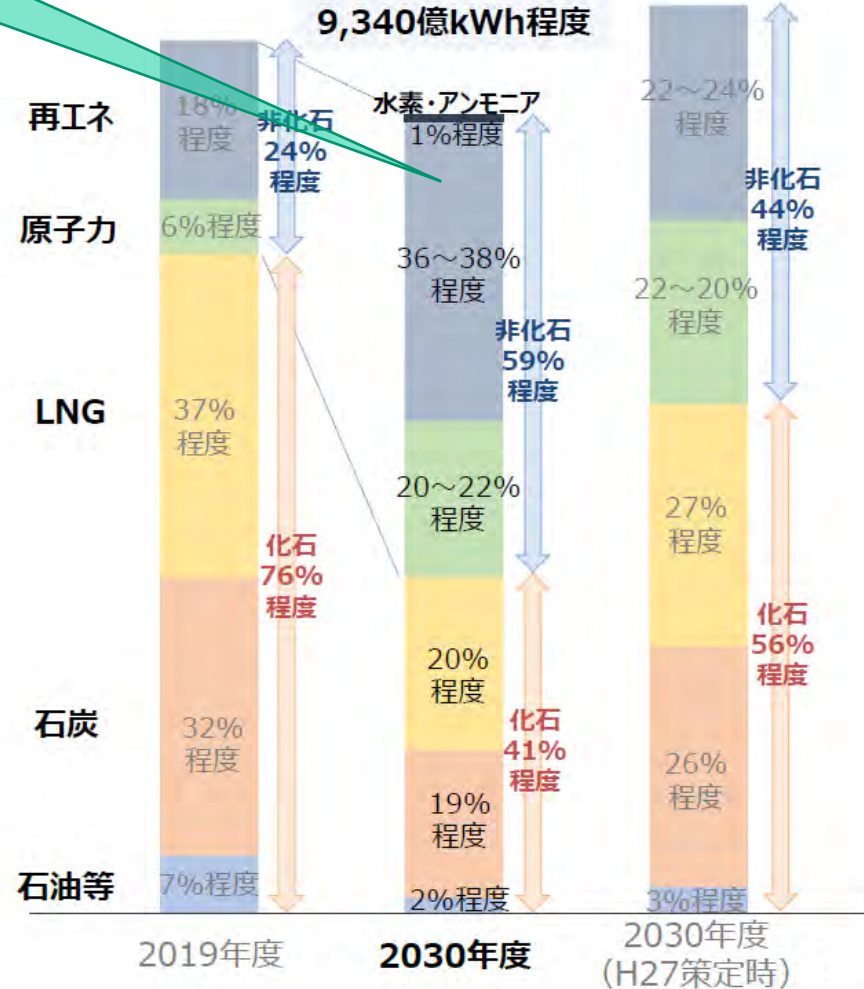
2030年度

2030年度
(H27策定時)

電源構成

10,240億kWh程度

10,650億kWh程度



2030年度の発電電力量・電源構成

[億kWh]	発電電力量	電源構成
石油等	190	2%
石炭	1,780	19%
L N G	1,870	20%
原子力	1,880~2,060	20~22%
再エネ	3,360~3,530	36~38%
水素・アンモニア	90	1%
合計	9,340	100%

※数値は概数であり、合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある

[億kWh]	発電電力量	電源構成
太陽光	1,290~1,460	14%~16%
風力	510	5%
地熱	110	1%
水力	980	11%
バイオマス	470	5%

※数値は概数。

風力が従来の
目標の1.7%から
5%に増加

風力5.4%の内訳は陸上3.6%、洋上1.8%、陸上が大きい

■ 2030年度の再生可能エネルギーの導入見込量

*全発電容量(億kWh) に対する比率

	2019年度導入量		現行ミックス水準		2030年度の野心的水準	
	GW (億kWh)	割合*	GW (億kWh)	割合*	GW (億kWh)	割合*
太陽光	55.8 (690)	6.7%	64 (749)	7.0%	103.5~117.6 (1,290~1,460)	14~16%
風力	4.2 (77)	0.8%	10.0 (183)	1.7%	23.6 (510)	5.4%
陸上風力	4.2 (77)	0.8%	9.2 (161)	1.5%	17.9 (340)	3.6%
洋上風力	—	0.0%	0.8 (22)	0.2%	5.7 (170)	1.8%
地熱	0.6 (38)	0.4%	1.4~1.6 (102~113)	1.0%	1.5 (110)	1.0%
水力	50.0 (796)	7.8%	48.5~49.3 (939~981)	8.8~9.2%	50.7 (980)	11.0%
バイオマス	4.5 (262)	2.6%	6~7 (394~490)	3.7~4.6%	8.0 (470)	5.0%
再生可能エネルギー 発電容量	115.1 (1,853)	18.1%	129.9~131.9 (2,366~2,515)	22.2%	187.3~201.4 (3,360~3,530)	36~38%
全発電容量	(10,240)	100.0%	(10,650)	100.0%	(9,340)	100.0%

出典：経済産業省 資源エネルギー庁「2030年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）」2021年10月 一部追記

IEAによる2050年カーボンニュートラルの電源構成

世界は再エネ88%、風力35%を提案。日本は再エネおよそ50%、風力は10%に過ぎない！

	Electricity Generation (TWh)					Shares (%)			CAAGR (%)	
	2019	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2050	2020-2030	2020-2050
Total generation	26 922	26 778	37 316	56 553	71 164	100	100	100	3.4	3.3
Renewables	7 153	7 660	22 817	47 521	62 333	29	61	88	12	7.2
Solar PV	665	821	6 970	17 031	23 469	3	19	33	24	12
Wind	1 423	1 592	8 008	18 787	24 785	6	21	35	18	9.6
Hydro	4 294	4 418	5 870	7 445	8 461	17	16	12	2.9	2.2
Bioenergy	665	718	1 407	2 676	3 279	3	4	5	7.0	5.2
<i>of which BECCS</i>	-	-	129	673	842	-	0	1	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
CSP	14	14	204	880	1 386	0	1	2	31	17
Geothermal	92	94	330	625	821	0	1	1	13	7.5
Marine	1	2	27	77	132	0	0	0	28	14
Nuclear	2 792	2 698	3 777	4 855	5 497	10	10	8	3.4	2.4
Hydrogen-based	-	-	875	1 857	1 713	-	2	2	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Fossil fuels with CCUS	1	4	459	1 659	1 332	0	1	2	61	21
Coal with CCUS	1	4	289	966	663	0	1	1	54	19
Natural gas with CCUS	-	-	170	694	669	-	0	1	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Unabated fossil fuels	16 941	16 382	9 358	632	259	61	25	0	-5.4	-13
Coal	9 832	9 426	2 947	0	0	35	8	0	-11	-40
Natural gas	6 314	6 200	6 222	626	253	23	17	0	0.0	-10
Oil	795	756	189	6	6	3	1	0	-13	-15

2050年カーボンニュートラルの電源構成における 世界と日本の比較

議論された内容であり、まだ、
公的には決定されていないと
理解

■ 2050年の電源シェアの比較

Net Zero by 2050(IEA)と日本の資源エネルギー庁 基本政策分科会で示された2050年の電源シェアを比較すると、両者には大きな差がある。

	Net Zero by 2050
再生可能エネルギー	88%
原子力	8%
化石+CCUS	2%
水素・アンモニア	2%
化石燃料	0%
計	100%

日本の数値は
低すぎる

日本の数値は
高すぎる

総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会	
資源エネルギー庁 *1	RITE(参考値) *2
約50~60%	54%
約30~40%	10%
上記に含む	23%
約10%	13%
—	—
100%	100%

出典：経済産業省資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会

*1 第35回会合 資料1「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討」(2020年12月21日)

*2 第43回会合 資料2「2050年カーボンニュートラルのシナリオ分析(中間報告)」(2021年5月13日)

風力産業界 (JWPA)の数値目標

(3) JWPAの洋上風力・陸上風力の目標

■ 意欲的で明確な中長期導入目標の設定

- **2030年：洋上風力10GW + 陸上風力26GW**
 - 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(洋上は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 + 陸上風力40GW = 130GW**
 - 政府目標：温室効果ガス排出量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により30%以上を供給

「2050年カーボンニュートラルの実現」を目指し、より意欲的な導入目標を！

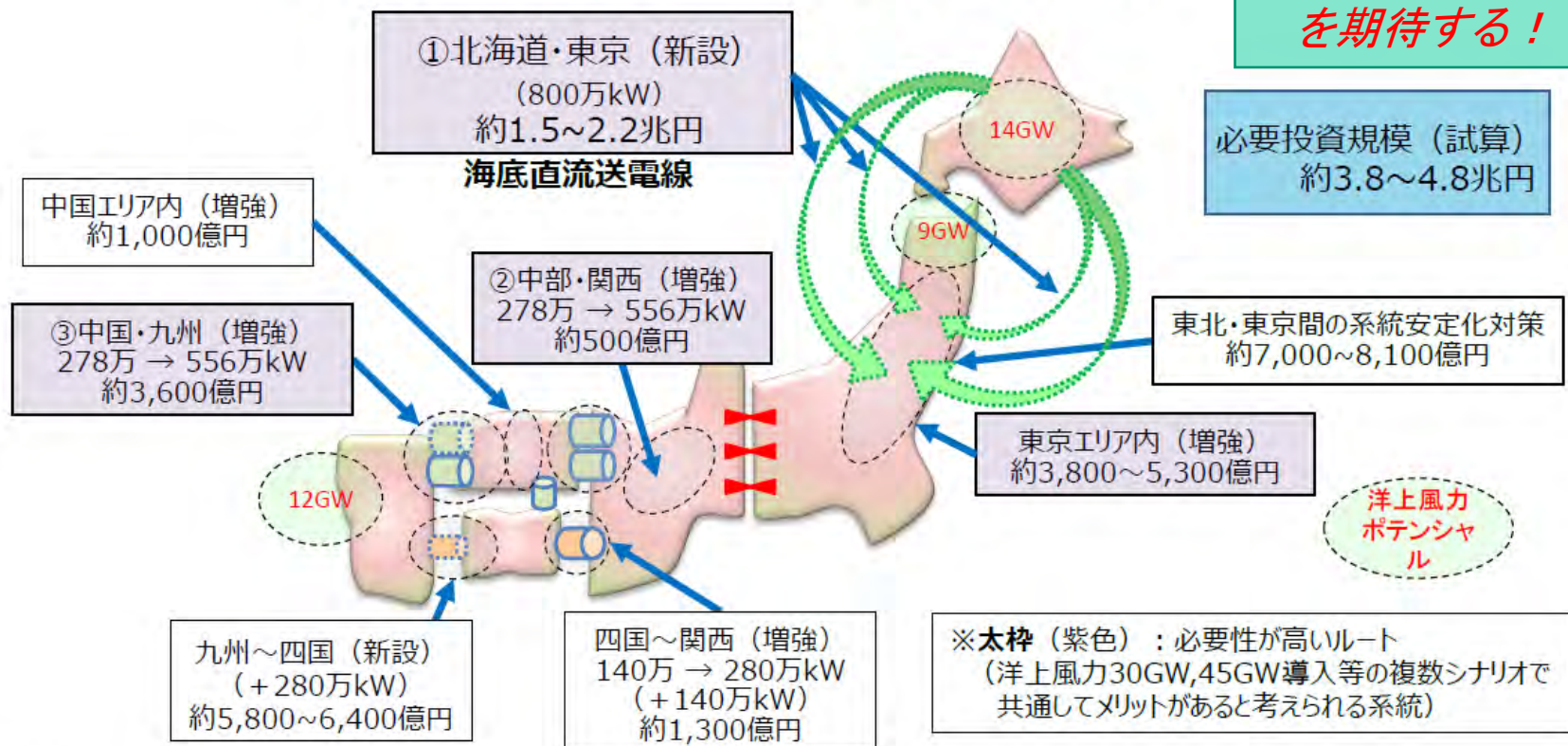
京都大学再生可能エネルギー経済学講座、第2回再エネ講座シンポジウム2021、(2021年12月10日開催)、「2050年NET ZEROにむけて 鍵を握るのは洋上風力」、祓川 清氏発表資料より

6年前の筆者の主張：2030年50GW (10%)、2050年140GW(40%)に近づく

送電網の増強

- 再エネ主力電源化に向けて、系統制約を克服する取組は重要。
- 再エネポテンシャルへの対応、電力融通の円滑化によるレジリエンス向上に向けて、全国大での広域連系システムの形成を計画的に進めるため、マスタープランの中間整理を2021年5月にとりまとめた。新たなエネルギーミックス等をベースに、2022年度中を目途に完成を目指す。
- 北海道と本州を結ぶ海底直流送電等の必要性が高いルートは、順次、具体化を検討。

マスタープランの中間整理（電源偏在シナリオ45GWの例）



出典：広域連系システムのマスタープラン及び系統利用ルールの在り方等に関する検討委員会 中間整理

2030年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）、「第6次エネルギー基本計画が閣議決定されました」、2021年10月22日、経産省HPより

洋上風力発電の大規模普及への課題

- 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、日の丸風車の実現
- 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年着床式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年代は浮体式洋上風力のスタートであり、広大な排他的経済水域（EEZ）の利用に向けて、大きな普及を期待できる。
- ローカルコンテンツの活用で案件形成へ
 - － 地域との連携が必須、基金のみでは不十分。現状では、将来の案件形成が見込まれない。
 - － 国際的な動きとして、ローカルコンテンツ利用宣言は英国を含め、複数国で行われている。
 - － 国に限らず、都道府県などの自治体単位での制度の導入も考えられる。
 - － 貿易協定の制約があるにせよ、再エネでは、地域振興とともに歩む必要がある。
 - － 太陽光発電の導入歴史の失敗を繰り返してはいけない。
 - － 地産地消、コミュニティパワー、バナキュラーなデザインなど、地域振興、共発展を目指す必要がある。
- 風力発電のより大きな導入目標を政府が決定・示唆することが重要。
 - － 2040年については、洋上風力45GWを担当大臣が発言
 - － 2050年風力発電の電源構成比40%、設備容量140GWを目指し、カーボンニュートラルを再エネ100%を実現するなどの目標を共有したい。

7. 結語

- 風力は再生可能エネルギーのトップランナー
- 無限の可能性があり、経済性で魅力ある洋上風力へ、さらに浮体式洋上風力発電へ。ブルーオーシャン！
- 第6次エネルギー基本計画の今回の策定、その2030年ロードマップにより、風力発電が世界から2周回遅れだったものが、1周回遅れには回復
- しかし、カーボンニュートラルを目指す2050年目標の内容、石炭火力の扱いなどに問題があり、再度「化石賞」を受賞
- 2050年風力発電の電源構成比40%、設備容量140GWを目指し、カーボンニュートラルを再エネ100%で達成しよう！
- 地域との連携、地産地消、コミュニティパワー、バナキュラーなデザインなど、地域振興、共発展を確実に進めよう！

京都大学・再エネ講座の洋上風力発電の直近の報告・発表

コラム一覧 https://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/stage2/contents/column.html

- No.281 CN実現のカギを握る洋上風力 京大再エネ講座シンポジウム報告①
 - 京都大学大学院経済学研究科特任教授 山家公雄 (12月16日更新)
- No.276 浮体式風力発電
 - 京都大学大学院経済学研究科特任教授 内藤克彦 (10月14日更新)
- No.270 洋上風力発電のカーボンニュートラルにおける役割
 - 京都大学大学院経済学研究科特任教授・世界風力エネルギー学会副会長 荒川忠一 (10月7日更新)
- No.269 国内産業化のカギを握る風車メーカー選定
 - 京都大学大学院経済学研究科特任教授 山家公雄 (9月30日更新)
- No.268 洋上風力R3／高まる促進区域への期待
 - 京都大学大学院経済学研究科特任教授 山家公雄 (9月24日更新)

第2回 再エネ講座シンポジウム2021

https://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/stage2/contents/page0388.html

- 15:10-15:45 2050年 NET ZEROにむけて(洋上風力)(祓川 清)