資料２

和歌山県洋上風力発電に係るゾーニング検討会

2019年2月19日

風力発電の国内外の最新動向と日本の採るべき方向性

東京大学名誉教授・京都大学特任教授・名古屋大学客員教授

荒川　忠一

１．風力発電の現状

２．日本における洋上風力プロジェクト

３．欧州における洋上風力プロジェクト

４．日本の採るべき方向性

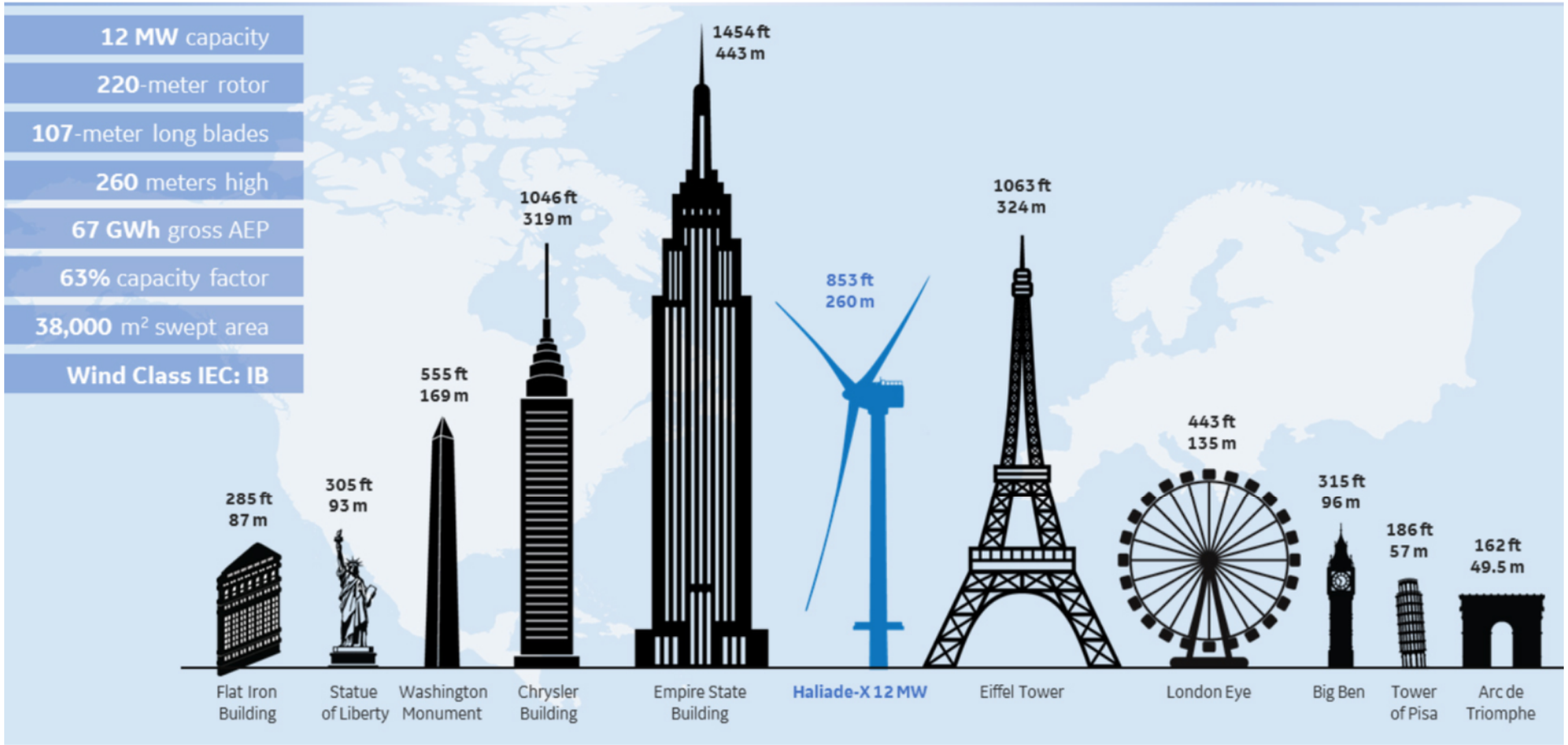
５．結語

１．風力発電の現状

- 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
- 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

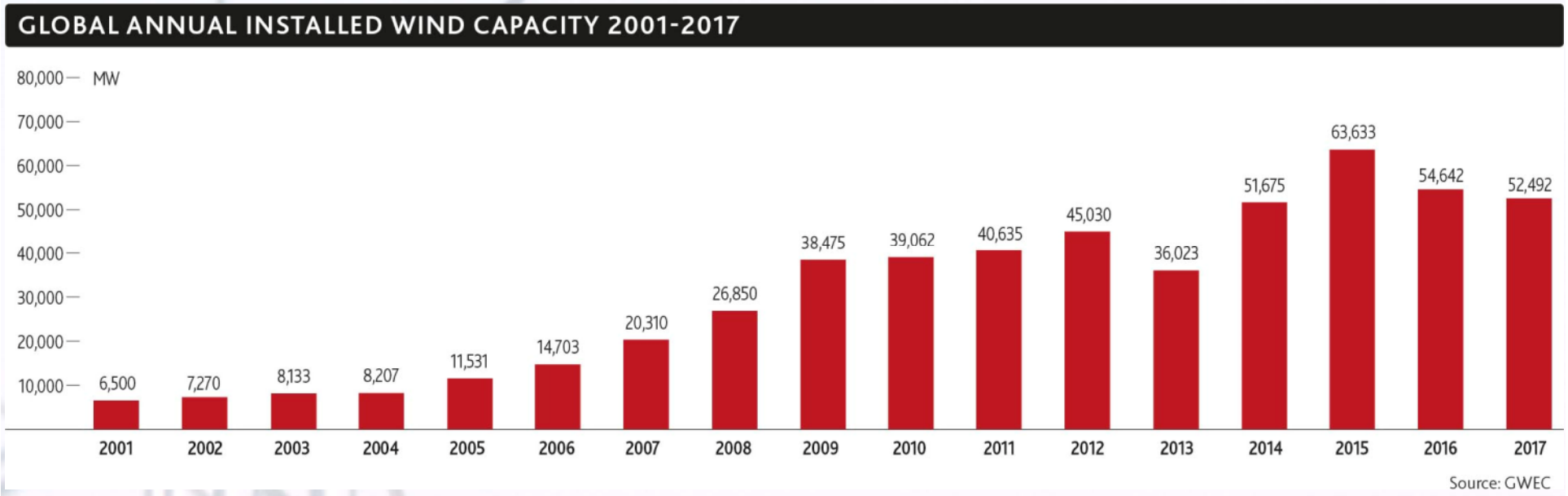
風車の大型化

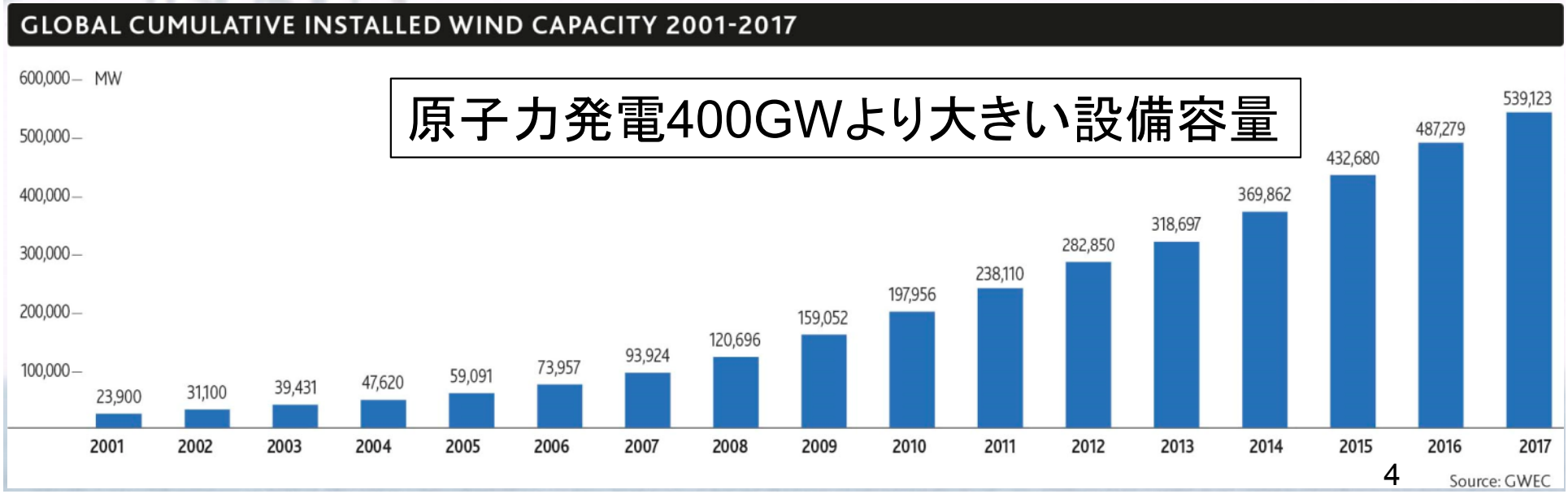
大型化→風車回転中心の位置が高い→風が地上より強い
→風速の3乗に比例する出力が大→発電単価が小さい効果



世界の新設量と風車設備容量の増加

1年で30%の増加、10年で10倍





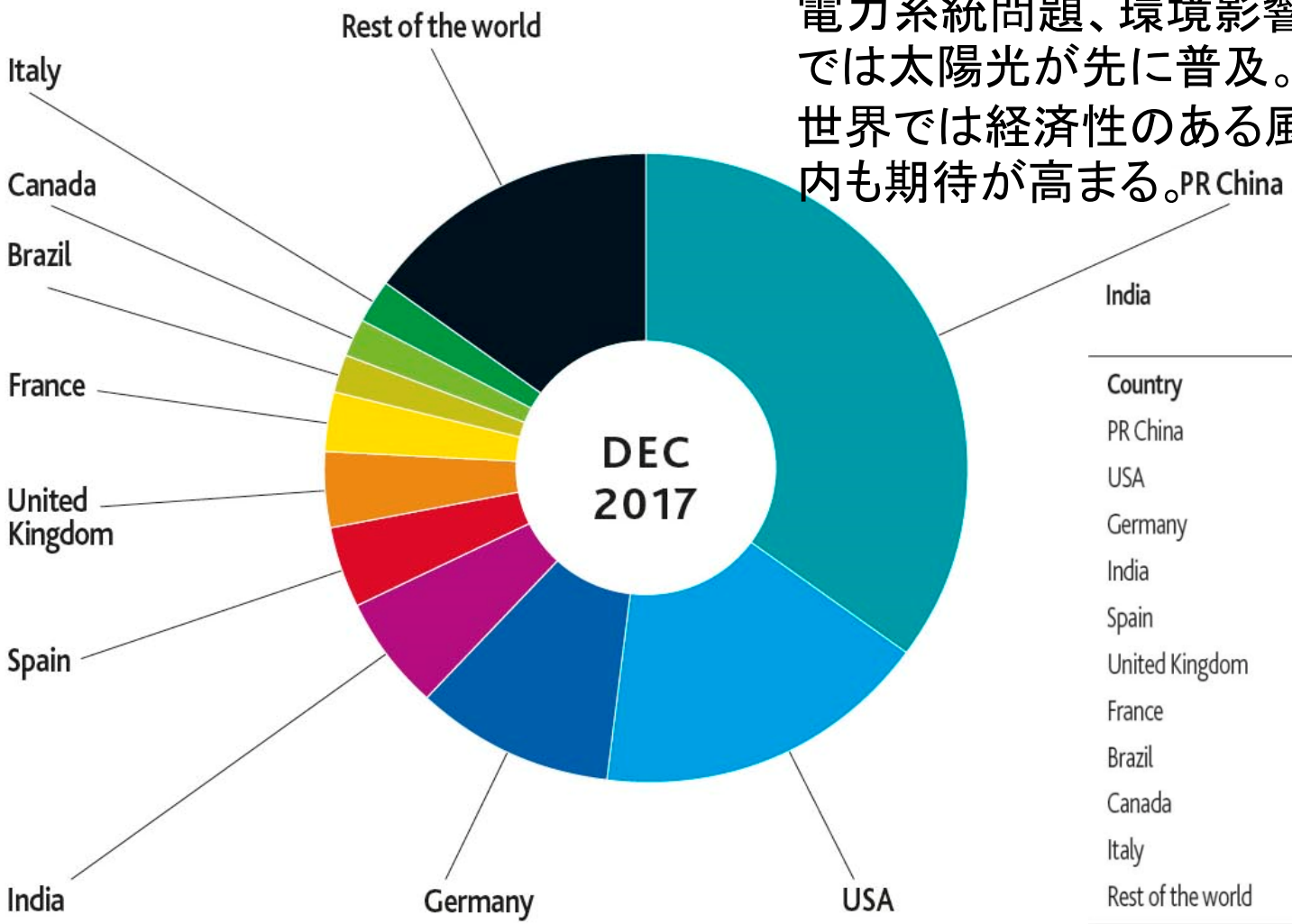
原子力発電400GWより大きい設備容量

風力エネルギーの国別の設備容量

日本はトップ10に入っていない・・・3.5GW（19位？）

TOP 10 CUMULATIVE CAPACITY DEC 2017

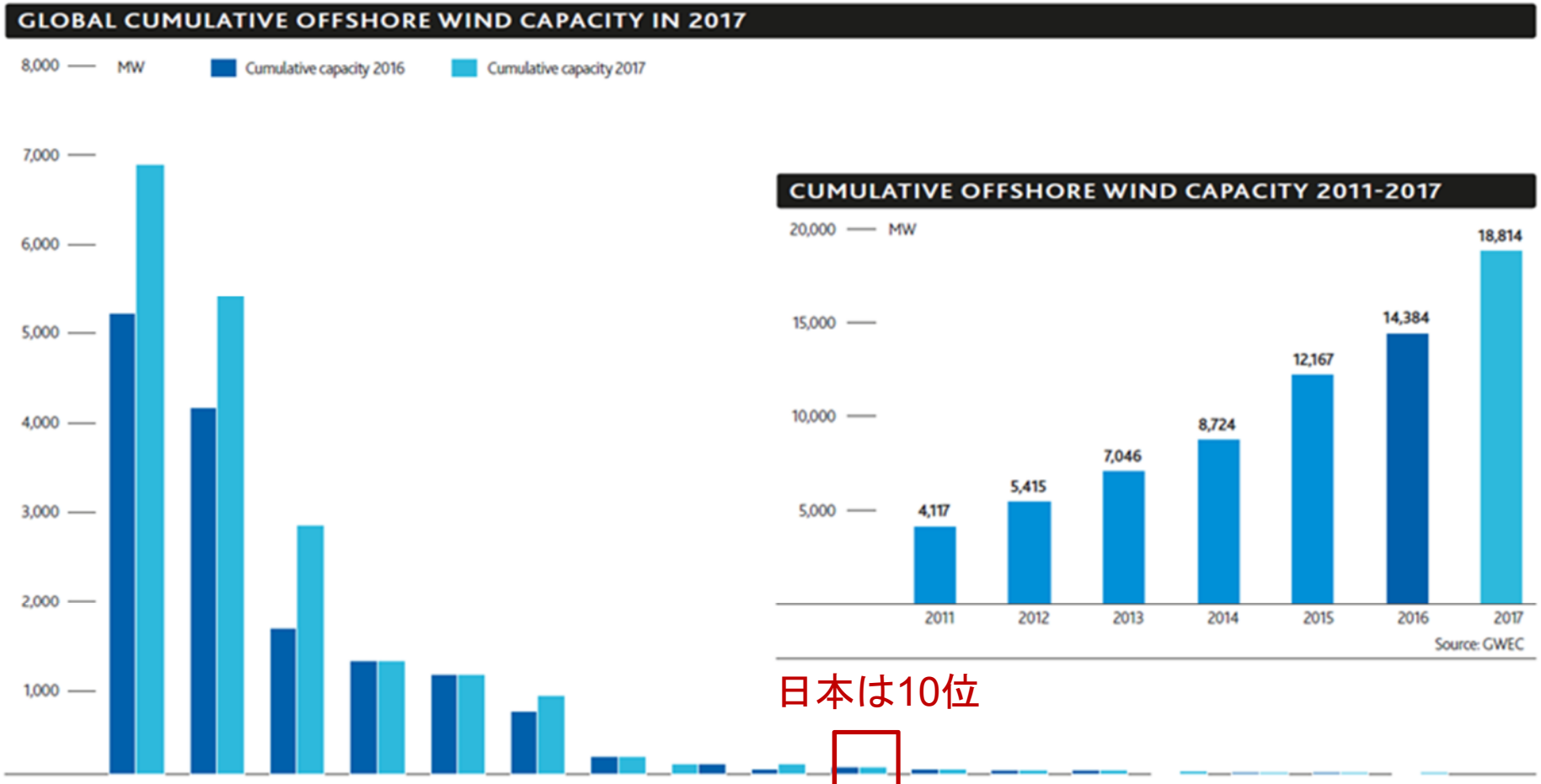
電力系統問題、環境影響評価で、日本では太陽光が先に普及。
世界では経済性のある風力が先行、国内も期待が高まる。



Country	MW
PR China	188,392
USA	89,077
Germany	56,132
India	32,848
Spain	23,170
United Kingdom	18,872
France	13,759
Brazil	12,763
Canada	12,239
Italy	9,479
Rest of the world	82,391
Total TO P10	456,732

洋上風力発電の世界の設備容量

英国、ドイツなどの欧州の北海周辺で普及が進む。
現在20GWの洋上風力発電は陸上に10数年遅れながら同様の速さで成長する。
日本は排他的経済水域（EEZ)世界6位の海に囲まれていて、ポテンシャルは大きい

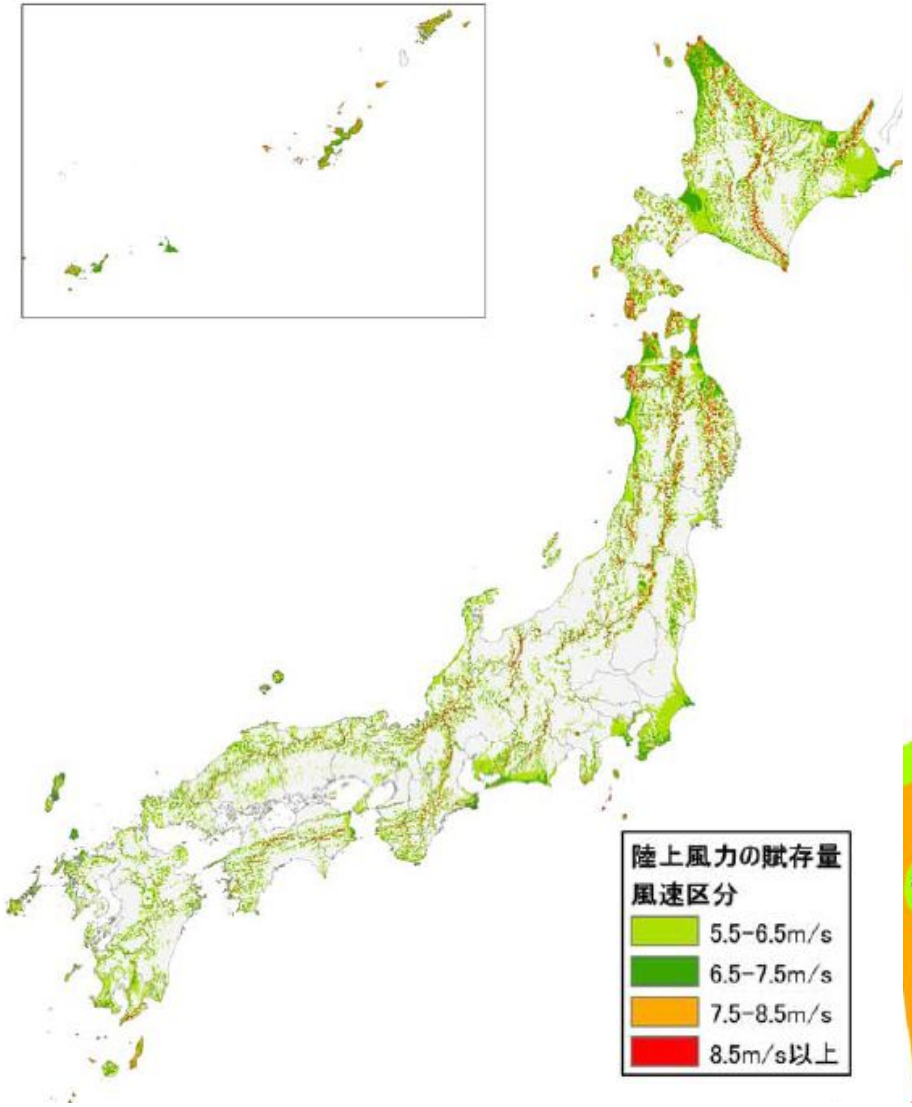


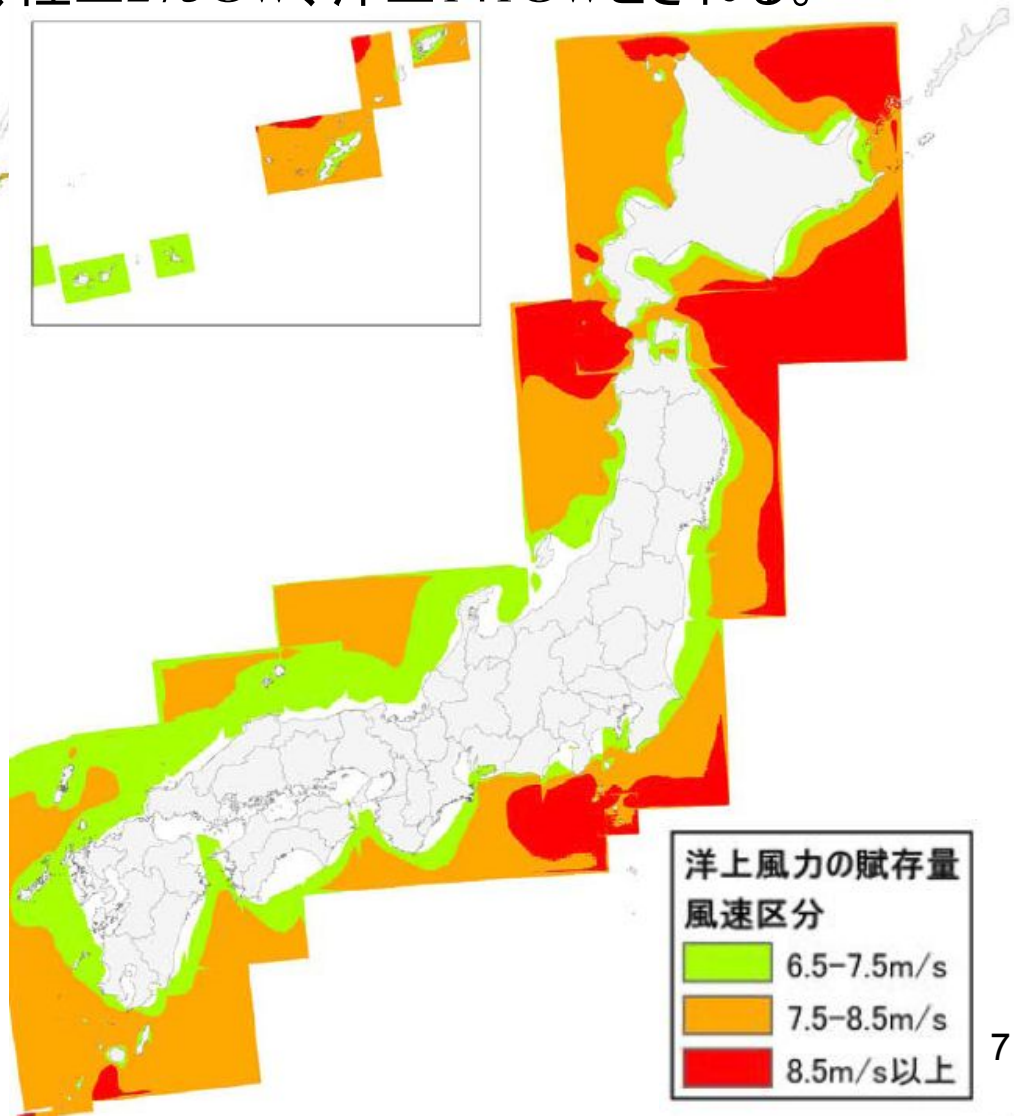
	UK	Germany	PR China	Denmark	Netherlands	Belgium	Sweden	Vietnam	Finland	Japan	South Korea	United States	Ireland	Taiwan	Spain	Norway	France	Total
Total 2016	5,156	4,108	1,627	1,271	1,118	712	202	99	32	60	35	30	25	0	5	2	0	14,483
New 2017	1,680	1,247	1,164	0	0	165	0	0	60	5	3	0	0	8	0	0	2	4,334
Total 2017	6,836	5,355	2,788	1,271	1,118	877	202	99	92	65	38	30	25	8	5	2	2	18,814

Source: GWEC

風力エネルギーの賦存量マップ

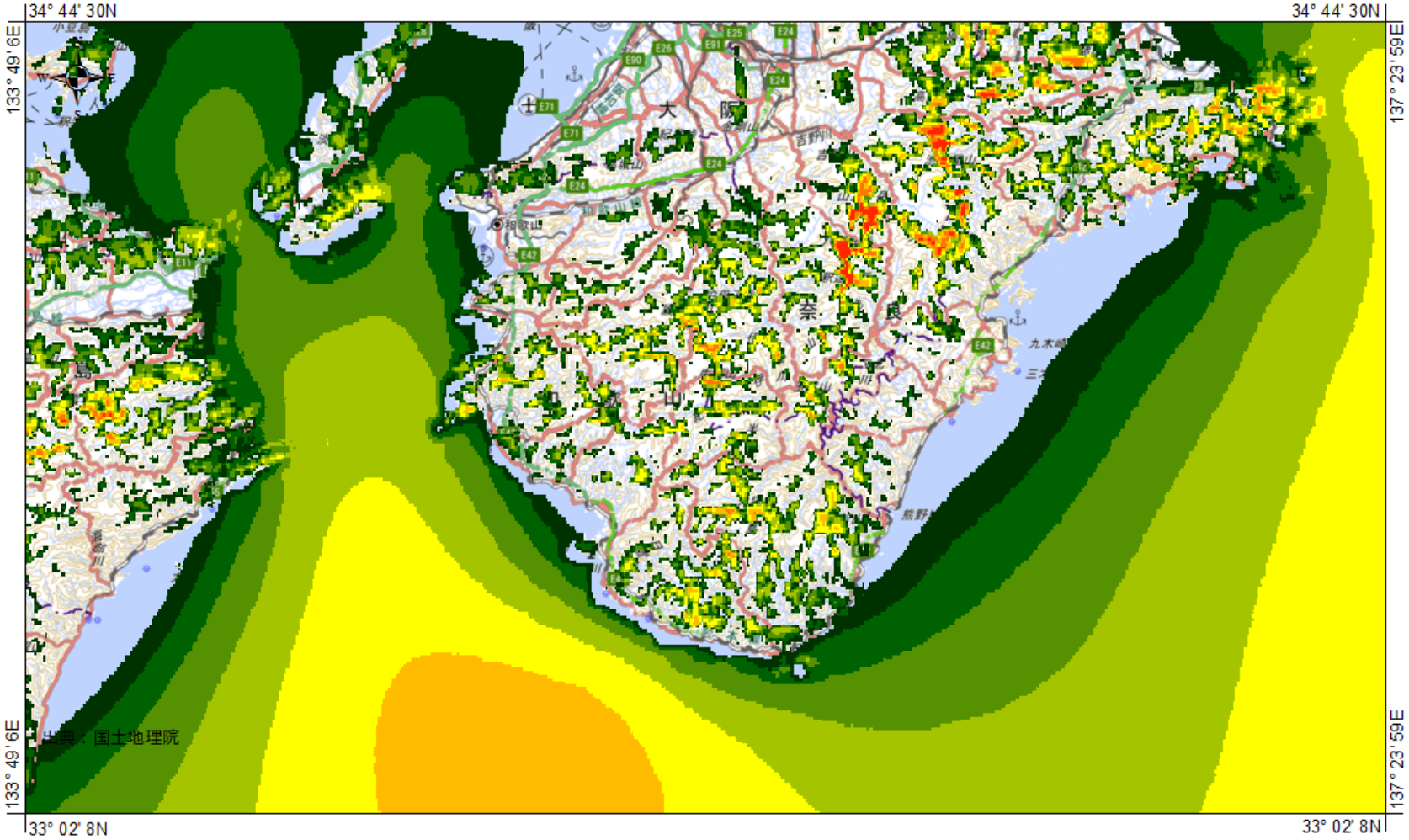
- 環境省平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査 報告書 より
- 導入ポテンシャルとして、陸上280GW、洋上1600GWと試算されている。
- 経済的に実現可能なシナリオでは、陸上273GW、洋上141GWとされる。





和歌山県の風力エネルギーのポテンシャル

洋上風力は年平均風速7m/s以上の海域を求めるが、本県は十分な可能性を有する。



風況マップ（全国）

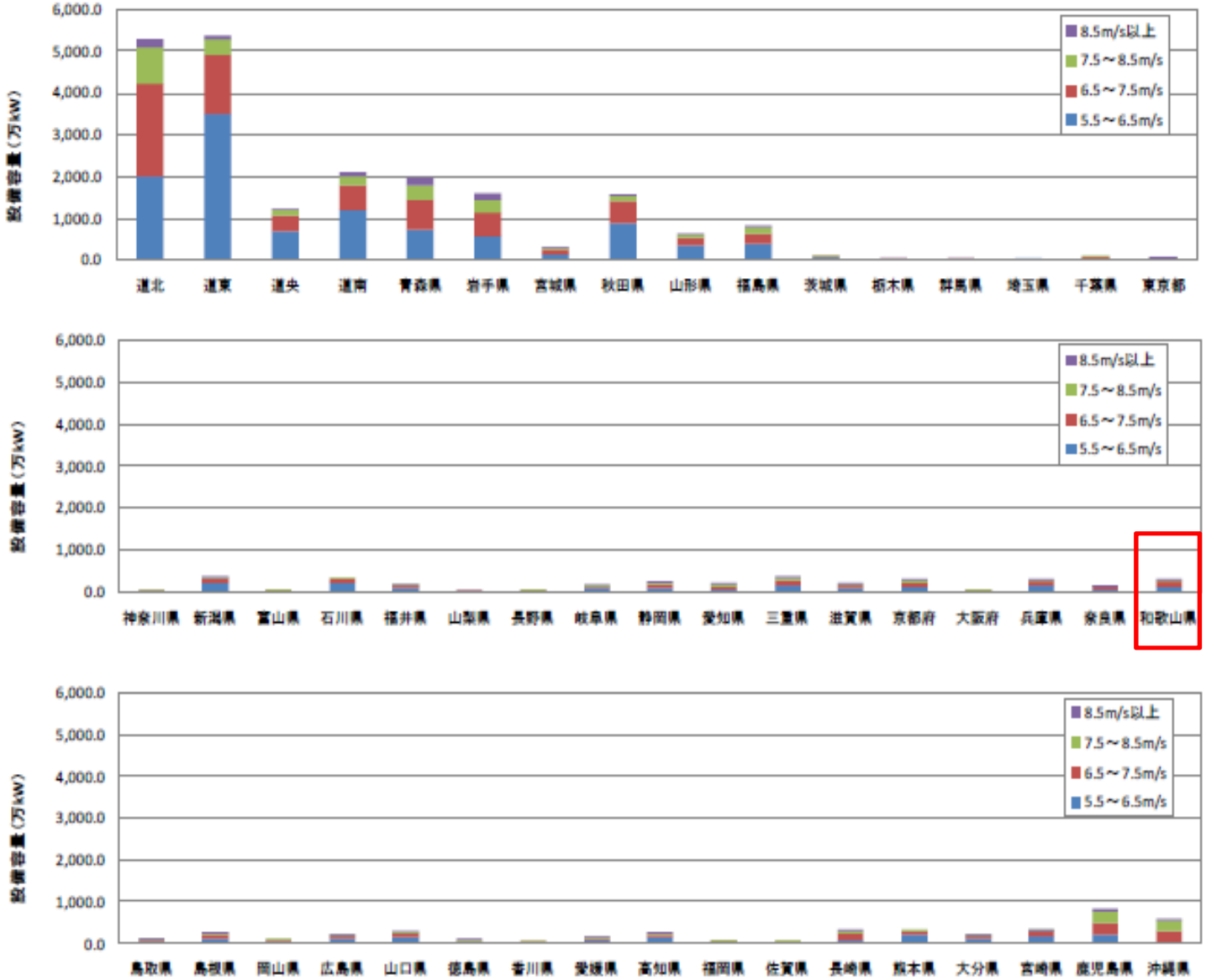
風速

- 5.5m/s～6.0.m/s
- 6.0m/s～6.5m/s
- 6.5m/s～7.0m/s
- 7.0m/s～7.5m/s
- 7.5m/s～8.0m/s
- 8.0m/s～8.5m/s
- 8.5m/s～9.0m/s
- 9.0m/s以上

環境省　環境アセスメントデータベース（EADAS）
https://www2.env.go.jp/eiadb/ebidbs/
（高度80mの年平均風速）

日本気象協会　協力

陸上風力発電の地域ごとのポテンシャル



和歌山県は陸上は小さい、しかし海上には大きなポテンシャルがある。

件名: 122% from the wind!

メッセージ | Energinet, Nov 4, 00.07. Wind energy covers 122%.docx (476 KB)

Dear Colleagues,

This is a sensation.

This evening, Nov 4 2013, 00:07, the wind turbines in Denmark covers 122% of the actual demand for electricity. The share gradually has increased from 80% earlier in the evening. The quality of power is maintained.

I have for many years registered the share of wind energy when the wind was strong all over the country. The 122% is the highest ever that I registered.

You can yourself follow the map and figures at http://www.energinet.dk/Flash/Forside/UK/index.html. which is up-dated every 10 minutes or so.

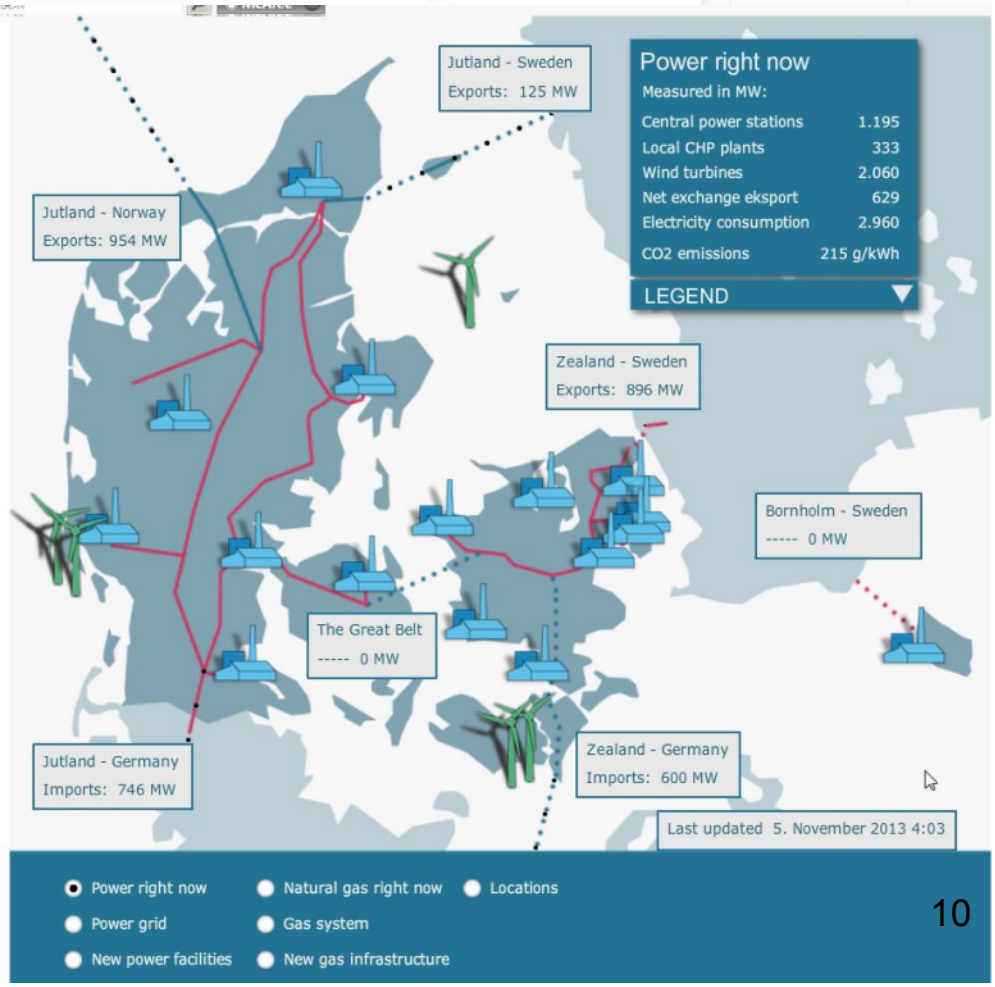
Kind regards

Preben Maegaard
++++++++++++++++++
Kind regards
Preben Maegaard,
Director emeritus, www.maegaard.net
Nordic Folkecenter for Renewable Energy, www.folkecenter.net

デンマーク、風力発電が全電力量の122%の出力を記録（2013年）

https://www.energinet.dk

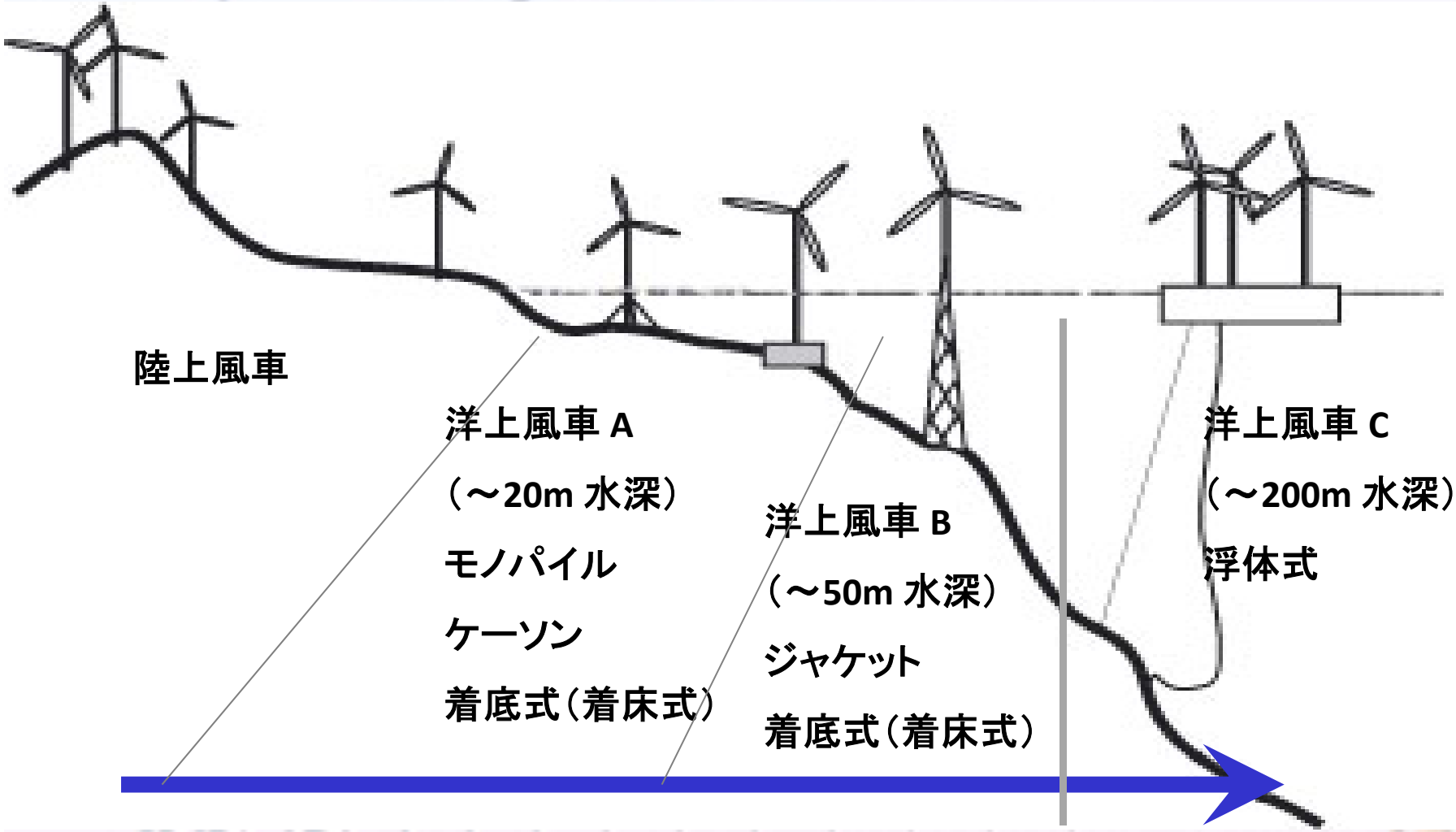
風力あるいは太陽光で、国あるいは地域を再生可能エネルギー100%で賄うことは日常的になった。もちろん、予測可能ではあるものの、出力が変動するなどの問題点は存在する



風力発電の国内外の最新動向と日本の採るべき方向性

1．風力発電の現状と研究
2．日本における洋上風力プロジェクト
3．欧州における洋上風力プロジェクト
4．日本の採るべき方向性
5．結語

洋上風車の概念図



現在の商業運転　　最先端の洋上風車

世界に誇る日本の洋上風車(1)
ウィンド・パワーかみす

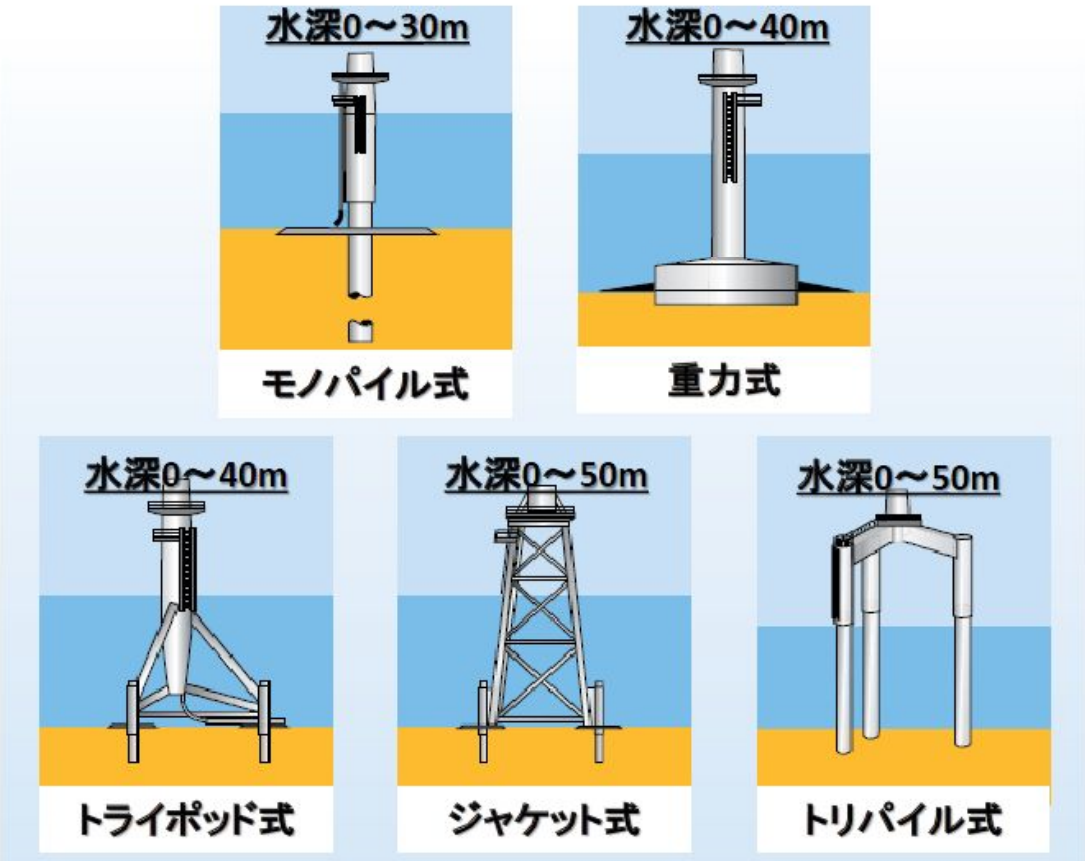
- 震災・津波に耐える
- 翌日から送電を再開
- 世界から「津波に耐えた風車」として広く知られる
- 災害時の再生可能エネルギーの重要性を認識させる

Kamisu, Japan / 2MW x15 小松崎さん提供

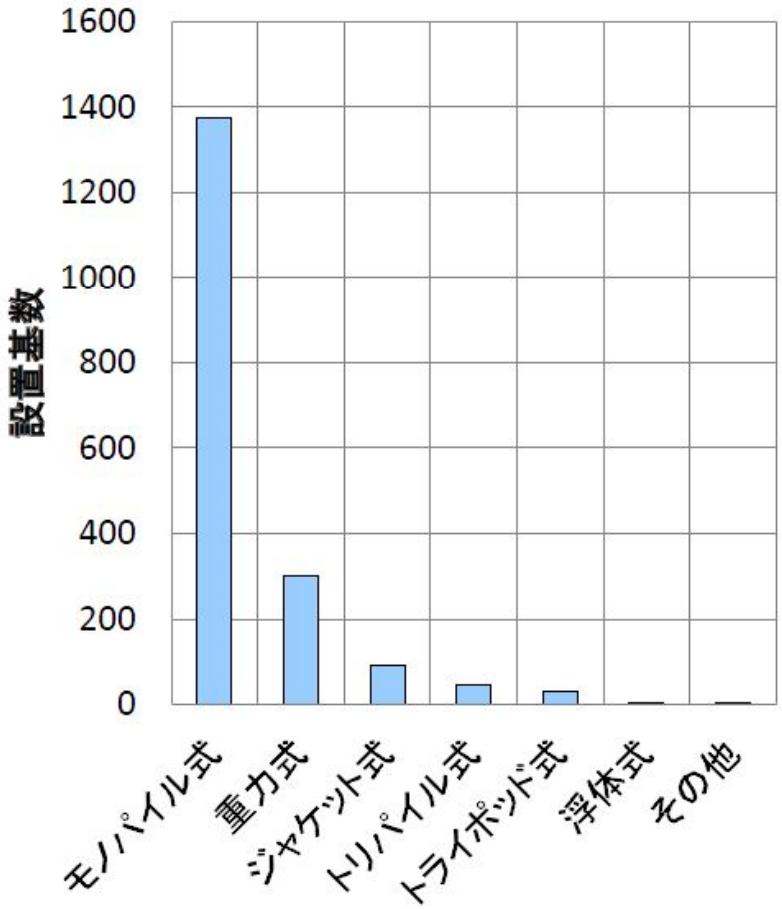
経済産業省HPより　http://www.meti.go.jp/press/2013/01/20140107001/20140107001.html

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



出典：EWEA "Deep Water"（2013）



2012年末における導入実績
（基礎比較）

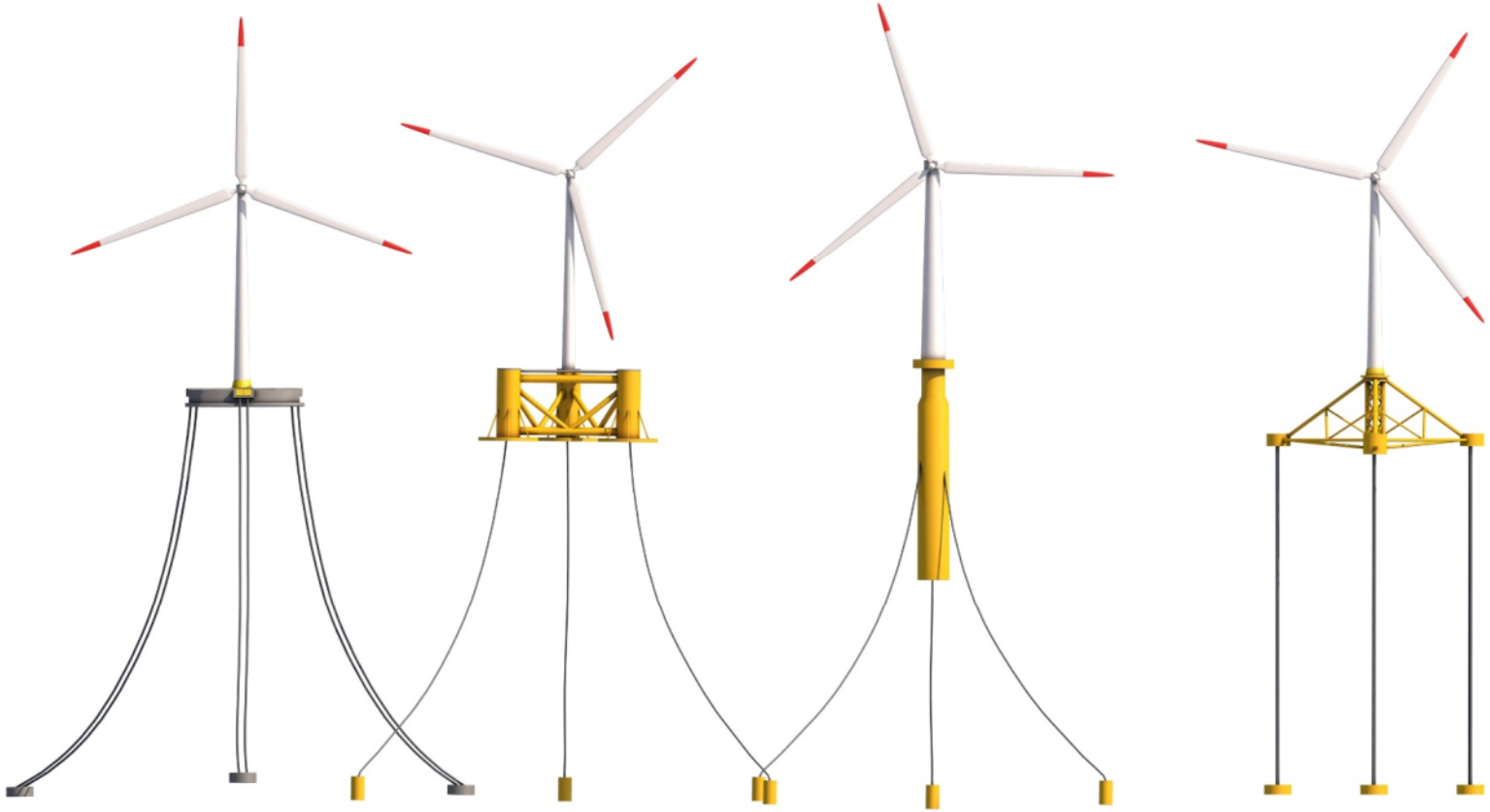
世界に誇る日本の洋上風車(2)
NEDO 千葉県銚子沖　2012

- 東電を主体、MHI-2.4MW
- 風況観測塔

世界に誇る日本の洋上風車（3）
NEDO 北九州市　2013

■ J-POWERを主体、JSW-2MW
■ 風況観測塔

浮体式洋上風車の分類



バージ型　セミサブ型　スパー型　TLP係留

FLOATGEN　NEZZY　HYWIND

IDEOL 山田睦氏提供

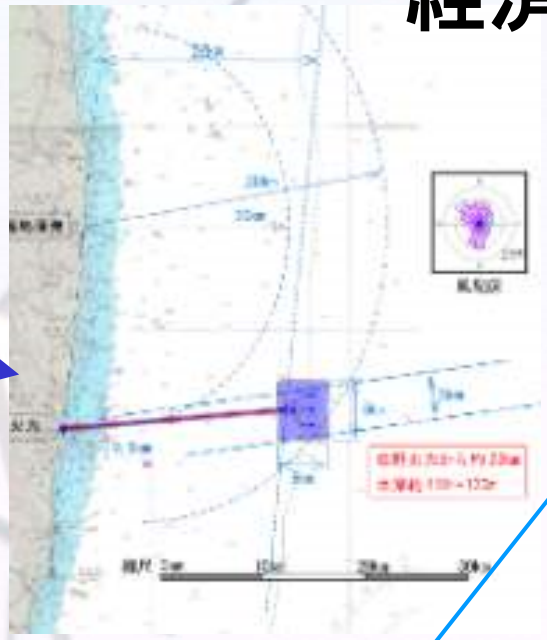
世界に誇る日本の浮体式洋上風車（1）
環境省　長崎県五島　2012, 2013

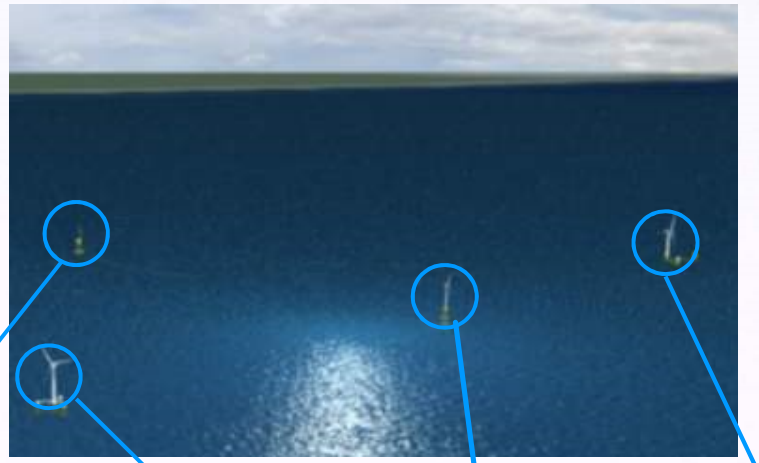
Source; MOE Project consortium

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

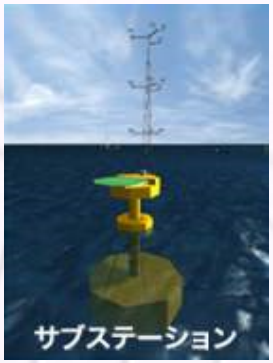
世界に誇る日本の浮体式洋上風車(2)
経済産業省　福島PJ

PJ開始時に提供のあった資料より





2013



Hitachi
JMU Spar

2013

Hitachi 2MW
Mitsui semi-sub

2014

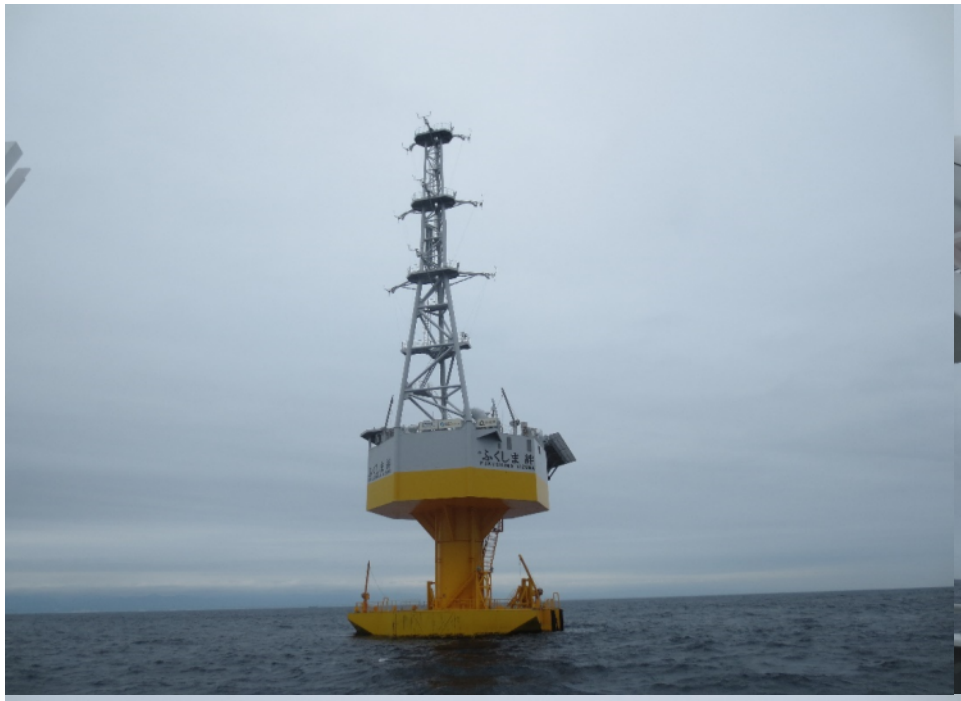
MHI 7MW
JMU Spar

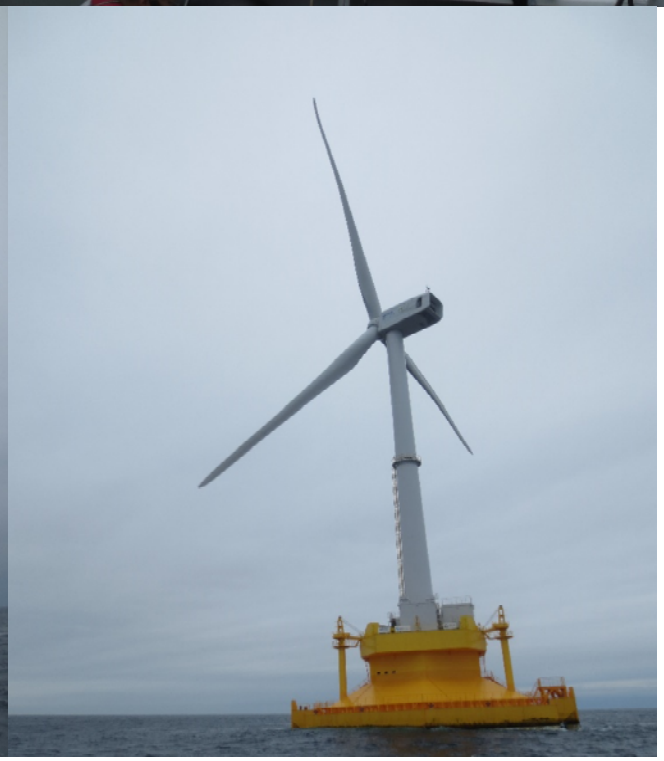
2014

MHI 7MW
MHI semi-sub

Source; Fukushima offshore wind consortium

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

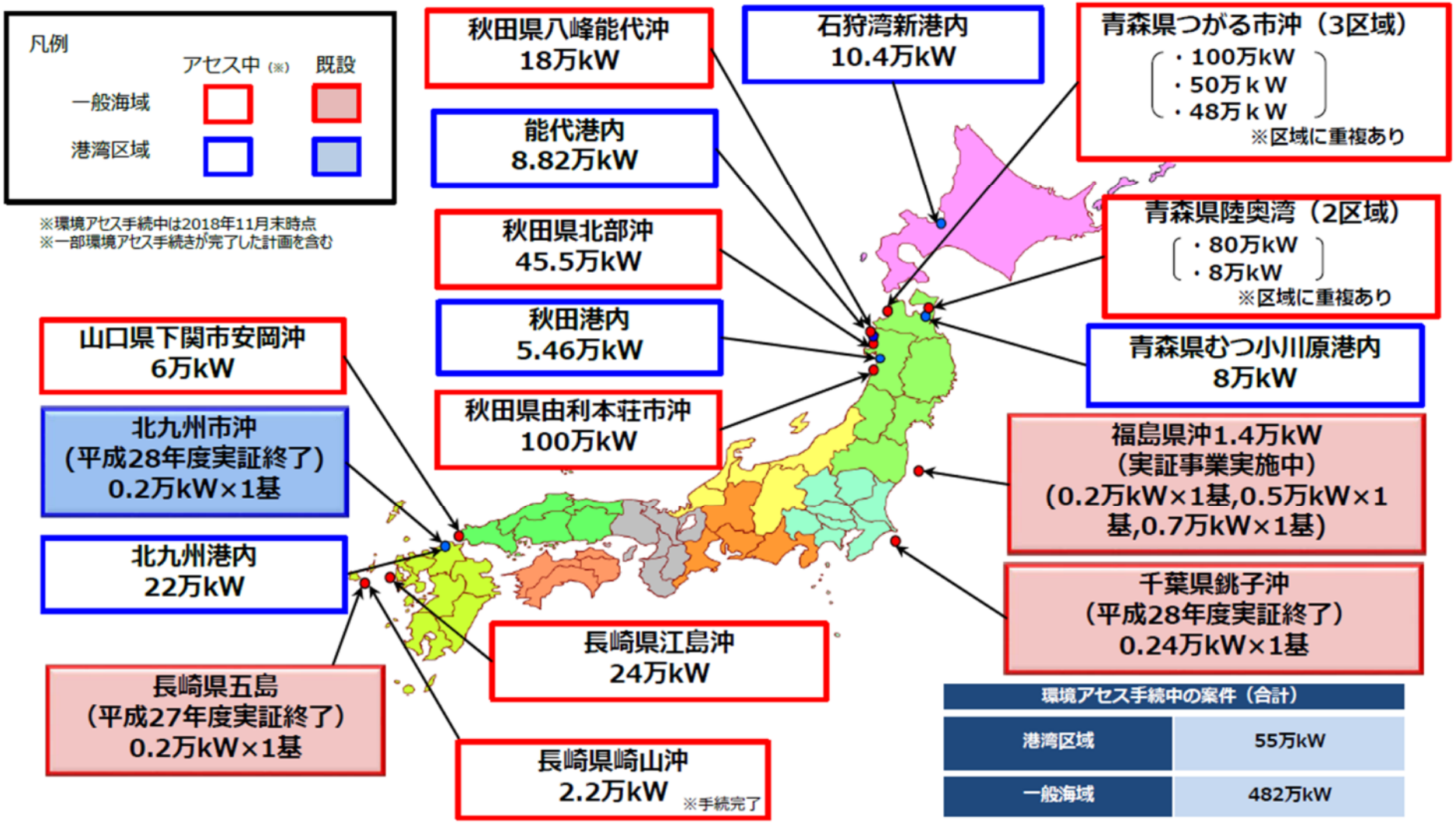




福島・浮体式洋上風車
筆者撮影(2017年7月)

国内の洋上ウィンドファームの計画

- 現在、我が国における導入状況と、環境アセスメント手続中（※一部完了したものを含む）の計画は以下のとおり。（**導入量は約２万kW**、**環境アセス手続中の案件は約５４０万kW**）



環境アセス手続中の案件（合計）	
港湾区域	55万kW
一般海域	482万kW

経済産業省HPより

一般海域における再エネ利用法の成立

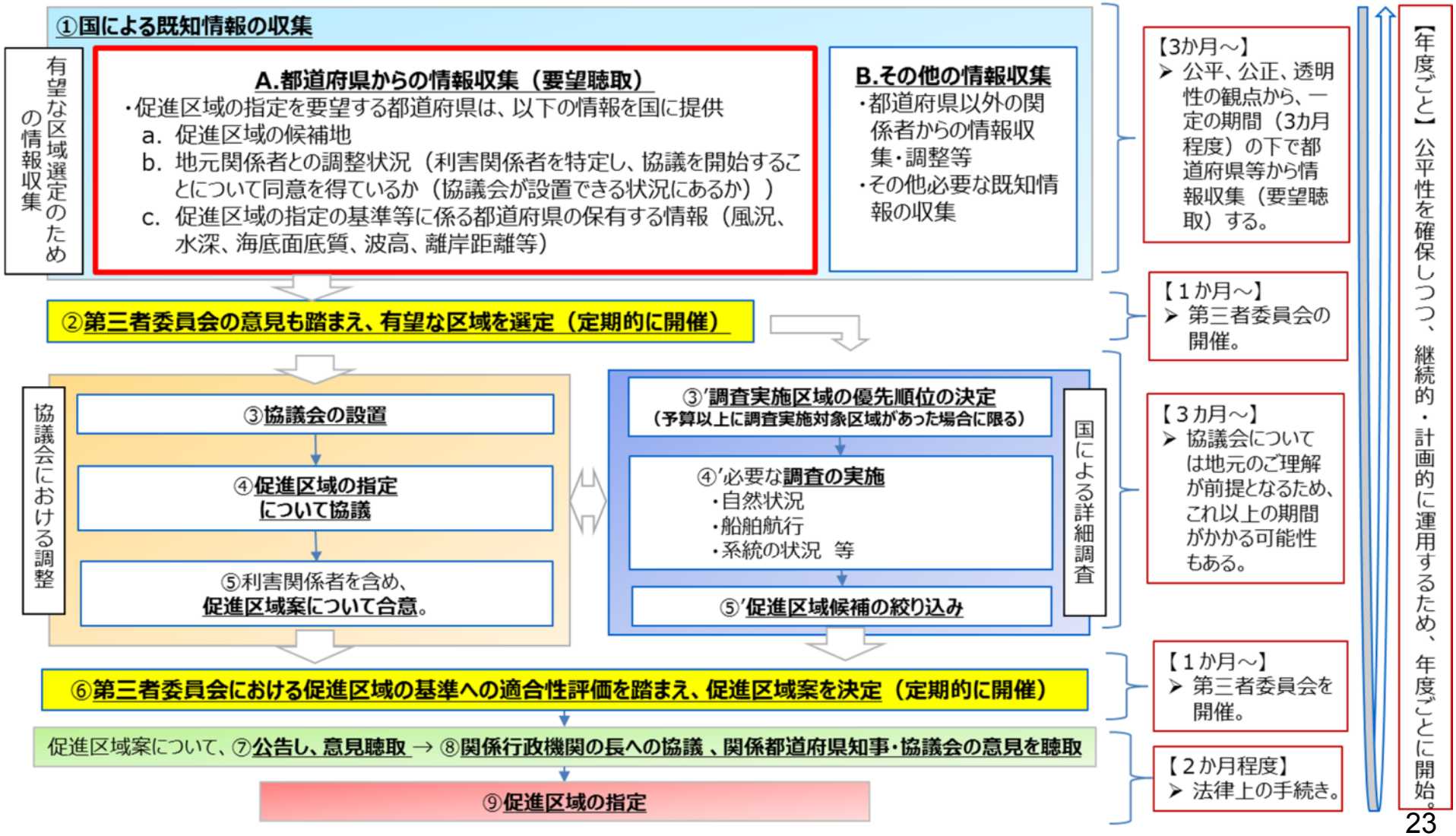
- このようなメリットがある洋上風力発電について、海域利用のルール整備などの必要性が指摘されていたところ。
- これを踏まえ、必要なルール整備を実施するため、内閣府が中心となり**「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（以下、再エネ海域利用法）案」を前臨時国会に提出し、可決された**（12月7日公布。公布から4月を超えない範囲で施行予定）。

【課題】	【対応】
課題① 占用に関する統一的なルールがない ・海域の大半を占める**一般海域**は海域利用（占用）の**統一ルールなし**（都道府県の**占用許可は通常３～５年と短期**） ・中長期的な事業**予見可能性が低く**、**資金調達が困難**。	・国が、洋上風力発電事業を実施可能な**促進区域を指定**し、公募を行って事業者を選定、**長期占用を可能とする制度**を創設。 →**ＦＩＴ期間**と**その前後に必要な工事期間**を合わせ、**十分な占用期間（30年間）を担保**し、**事業の安定性を確保**。
課題② 先行利用者との調整の枠組みが不明確 ・海運や漁業等の**地域の先行利用者**との**調整に係る枠組みが存在しない**。	・**関係者間の協議の場**である**協議会**を設置。**地元調整を円滑化**。 ・**区域指定の際、関係省庁とも協議**。他の**公益**との**整合性を確認**。 → **事業者の予見可能性を向上**、**負担を軽減**。
課題③ 高コスト ・FIT価格が欧州と比べ**36円/kWhと高額**。 ・国内に経験ある**事業者が不足**。	・**価格等**により**事業者を公募・選定**。 → **競争を促してコストを低減**。
課題④ 系統につなげない・負担が大きい ・洋上風力発電に適した地域において、**系統枠が確保できない懸念**。**系統の負担が過大**。	・**日本版コネクト＆マネージによる系統制約の解消**や**次世代電力ネットワークへの転換（託送制度改革等）**に取り組む。この成果を**洋上風力発電にも活用可能**。
課題⑤ 基地となる港湾が必要 ・洋上風力発電の導入計画に比べて洋上風力発電設備の**設置及び維持管理の基地となる港湾**が限定的。	・洋上風力発電に取り組もうとしている**事業者や港湾管理者の意見を聞きながら基地となる港湾の整備のあり方を検討**。
課題⑥ その他の関連制度でも洋上風力の促進を図るべき	・**環境アセスメント手続の迅速化**等、洋上風力発電事業関連の制度について、**洋上風力発電が促進されるよう、関係省庁と連携**。

再エネ海域利用法の創設により実現

経済産業省HPより

一般海域の洋上風力発電促進に向けた政府の最新の動き



風力発電の国内外の最新動向と日本の採るべき方向性

1．風力発電の現状と研究
2．日本における洋上風力プロジェクト
3．欧州における洋上風力プロジェクト
4．日本の採るべき方向性
5．結語

世界最大の洋上風車　ロンドン・アレイ　175基、630MW
http://www.londonarray.com/　より

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

Courtesy: Vattenfall. Photographer is Christian Steiness

海外の浮体式洋上風車(1)

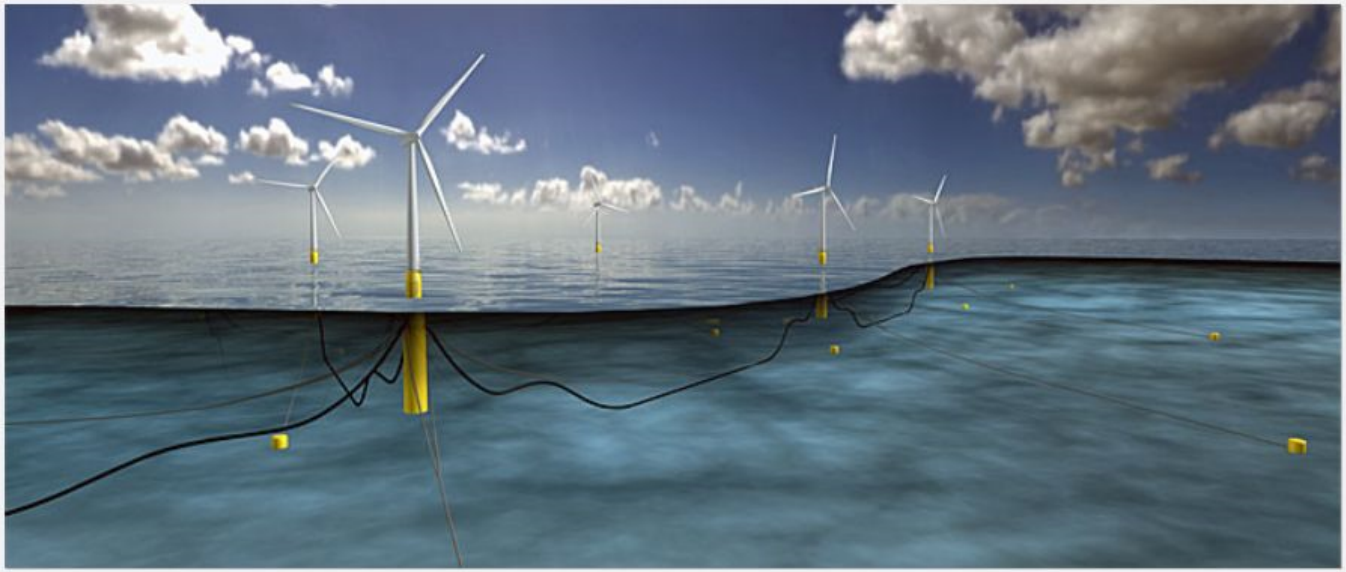
ノルウェー　Hywind 挑戦的な浮体式洋上風車(2009年)
水深 200m（120－700m），100mの浮体構造，2.3 MW風車

Hywind つづき (2017)

Source: STATOIL Website

Hywind Scotland Pilot Park

Statoil plan to build the first floating wind farm off the Scottish coast. The park will be located near Buchan Deep, approx. 25–30 km off the coast of Peterhead in Aberdeenshire.



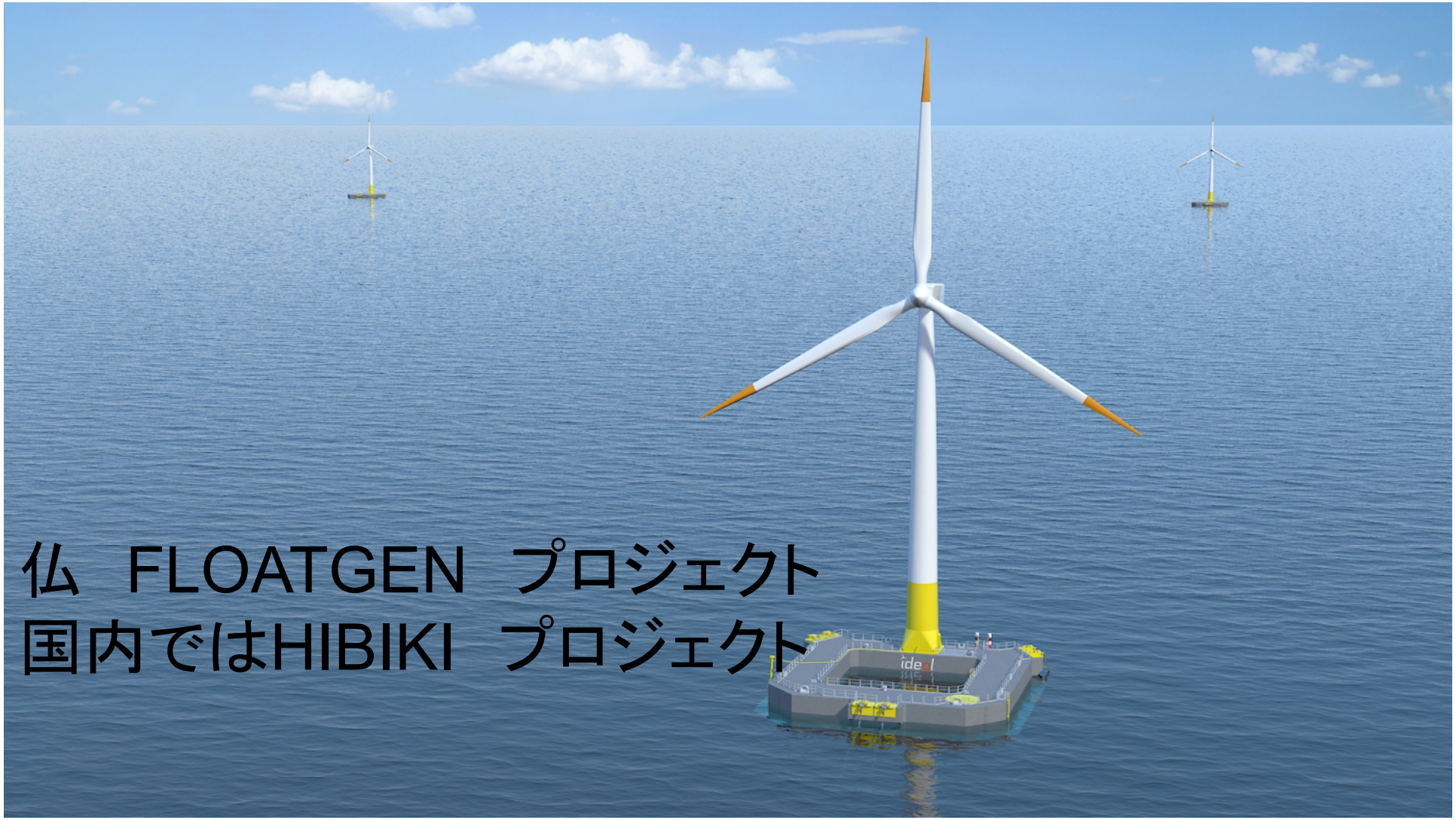
The 30 MW pilot project will consist of five, 6 MW floating turbines operating in waters exceeding 100m of depth. The Pilot Park objectives is to demonstrate cost efficient and low risk solutions for commercial scale parks.

The technology that will be used in the pilot project has been tested with excellent results in a demonstration project off the coast of Norway.

Floating wind represents a new and significant renewable energy source that will complement an existing and expanding array of alternative energy projects in Scotland.

This pilot project is expected to demonstrate the feasibility of multiple floating wind turbines in a region that has optimal wind conditions, a strong supply chain within oil and gas and supportive public policies such as enhanced support for floating offshore wind pilot parks under the Renewables Obligation (Scotland).

海外の浮体式洋上風車(2)



コンクリート浮体で低廉なシステムへ

IDEOL 山田睦氏提供

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 Technology SCD® nezzy 8.0 MW

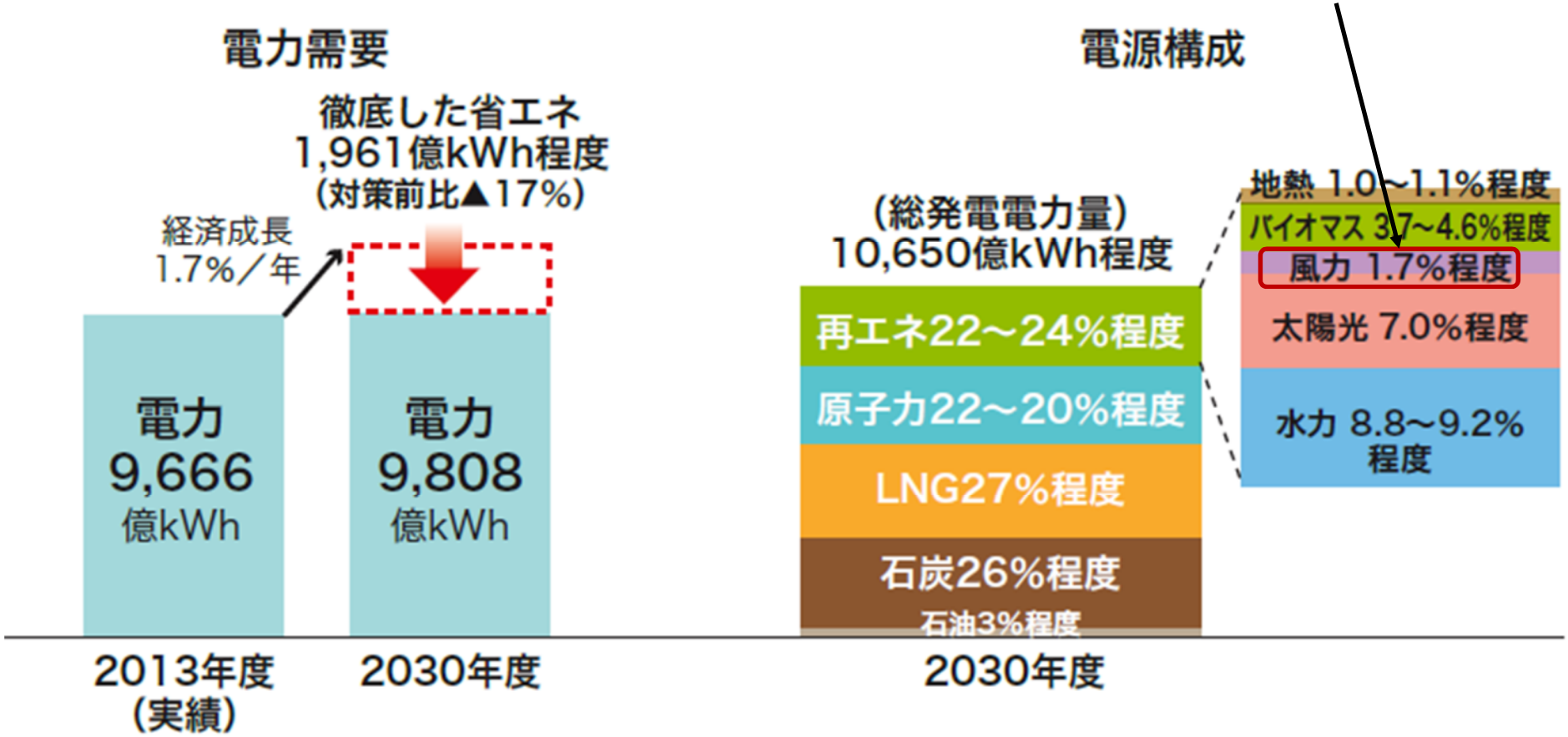
Source: Aerodyn HP

風力発電の国内外の最新動向と日本の採るべき方向性

1．風力発電の現状と研究
2．日本における洋上風力プロジェクト
3．欧州における洋上風力プロジェクト
4．日本の採るべき方向性
5．結語

政府の2030年電力のベストミックス

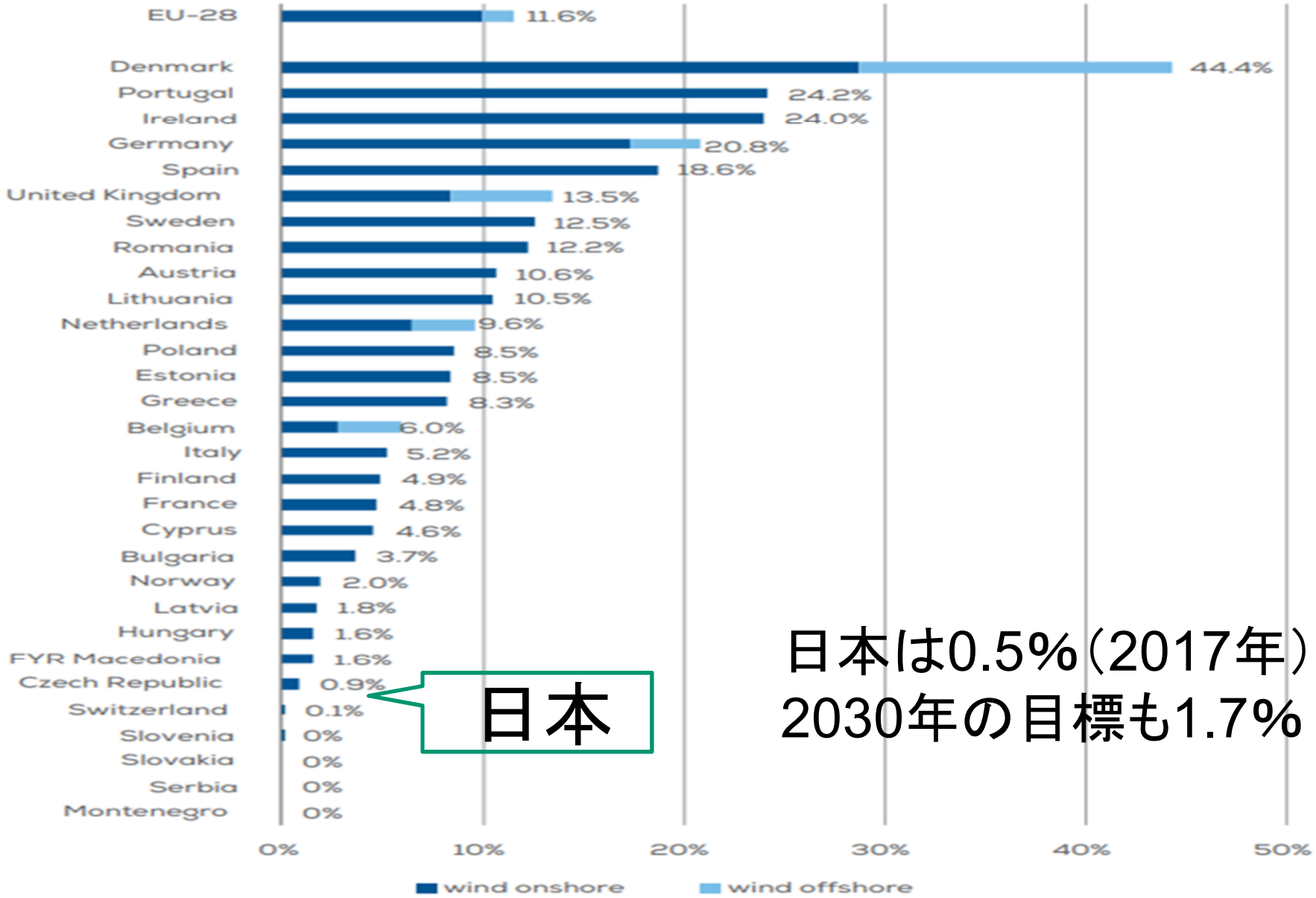
風力：1.7%
あまりに小さい
目標値！



Source: 経産省のHPより

欧州の風力発電の電力比：陸上および海上

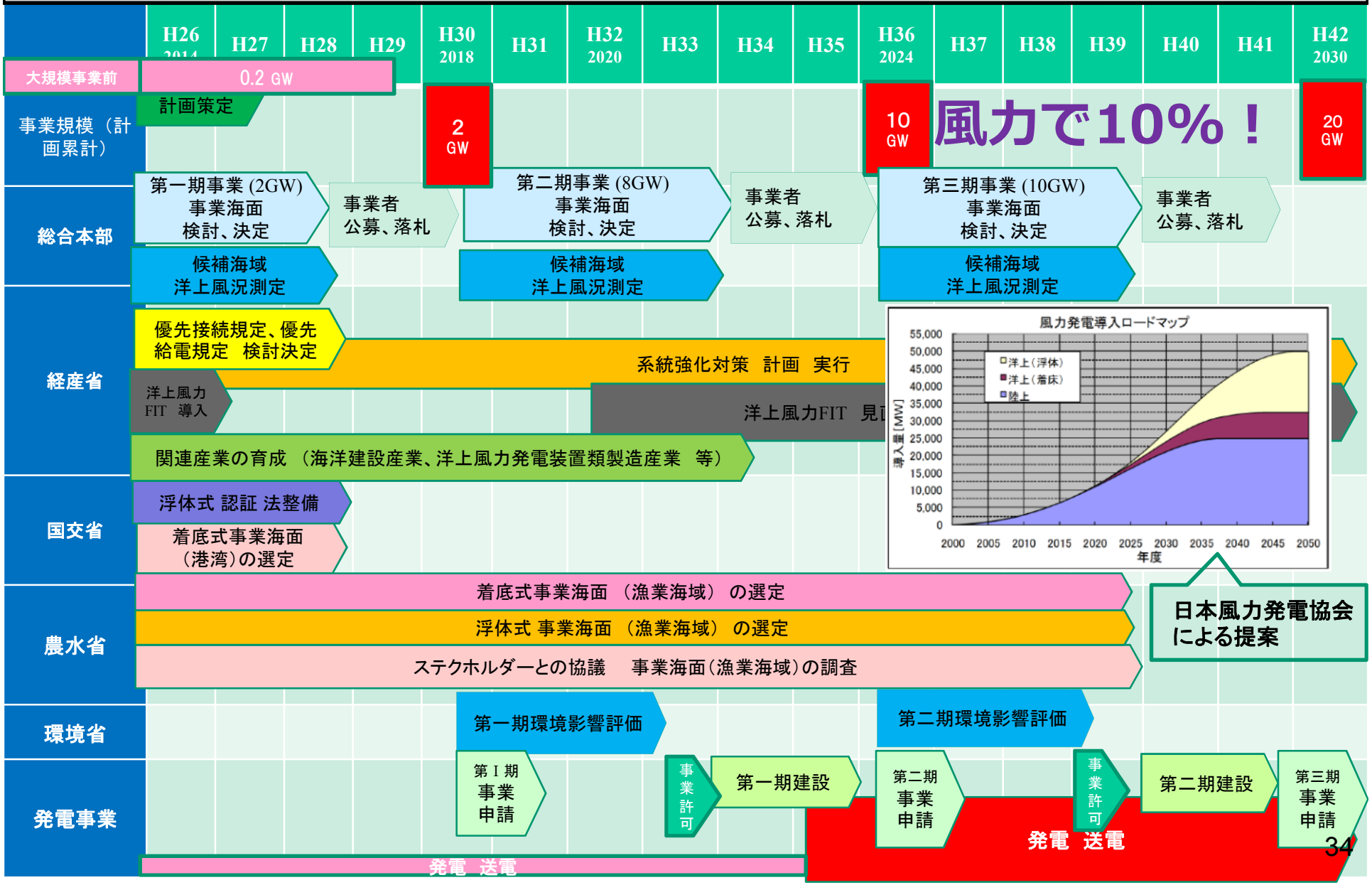
FIGURE 7
Percentage of the average annual electricity demand covered by wind[a]



日本は0.5%（2017年）
2030年の目標も1.7%

Source: WindEurope

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（H26年）



政府への提言

- 規模感のある風力エネルギーの目標量
  - 2030年　風力で10%の電力を賄う　（1.7%）
  - 陸上風力30GW，洋上風力20GW　（10GW)
  - 再生可能エネルギーで30%　（20%）

政府の目標値

- 電力系統の整備、新設
  - 再生可能エネルギー導入のため陸上系統の整備
  - 北本連系、日本海沿岸の海底ケーブルの増設・新設
  - 利用料金による回収（高速道路と同じシステム）

- 港湾地域に続き、一般海域における洋上風力発電のルール作り、そして洋上風力発電の普及へ

6．結語

- 風力は再生可能エネルギーのトップランナー
- 無限の可能性のある、経済性で魅力ある洋上風力へ
- 地域との連携、地域の発展、漁業協調へ
- 大きな風力ロードマップのもとにエネルギー政策を
- 和歌山県の海洋再生可能エネルギーのポテンシャルは大きい
- 着床式洋上風力、浮体式洋上風力、そして波力・潮流・海流発電の導入促進へ