

高知県 林業振興・環境部 新エネルギー推進課 主催  
洋上風力発電に関する勉強会(第1回)

# 風力発電の現状と今後の展望、 洋上風力発電の動向など

2014年8月26日  
日本風力発電協会  
(JWPA) 上田悦紀

## 目次

1. 風力発電の概要
2. 世界の状況
3. 洋上風力開発
4. 日本の風力発電のロードマップ

粉引風車(イギリス) 揚水風車(オランダ) 揚水風車(ギリシア)



写真出典: 千葉大学 佐藤研究室

## ➤ 風力発電には127年の歴史がある

- ・英国・米国・デンマークで独立して発明された。
- ・デンマーク系が揚力型 & 系統連系で現代風車へ繋がる。

運開年	場所	製作者 (風車名)	風車のタイプ (翼枚数)
1887	英国 Scotland	James Blyth	垂直軸風車
1887	米国 Cleveland	Charles F Brush	羽根板風車 (多翼)
1891	デンマーク Askov	Poul la Cour	揚力型風車 (4・6枚翼)
1917	デンマーク Askov	Erik Falck 他 (Agrico)	プロペラ風車 (6枚翼)
1941	米国 Vermont	Smith Putnum (Granpa's Knob)	プロペラ風車 (2枚翼)
1957	デンマーク Gedser	J Juul (Gedser)	プロペラ風車 (3枚翼)

3

## ➤ 戦前の試行からオイルショック後に実用化

戦前から系統連系や技術開発の試行が進む。

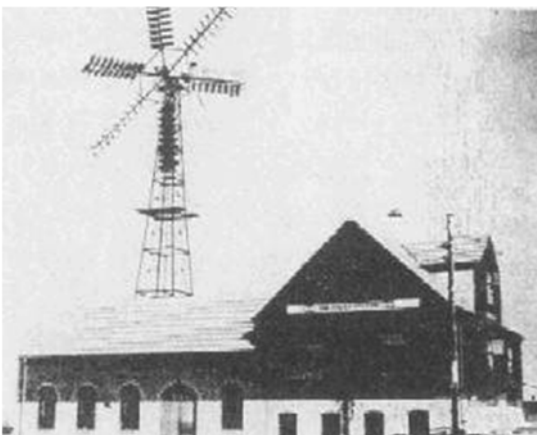
オイルショック後の1980年代に欧米で実用化。

ベースになった技術革新は、  
電子制御で自動運転 &  
軽い複合材料製ブレード

1957～67 Gedser 風車  
200kW by J Juul

1941～45 Grandpa's Knob風車  
1250kW、Smith Putnum

1891 Askov, by Poul la Cour



初期のデンマーク (個人・協同組合が所有)

初期の米国(民間)

4

## ➤ 現代の風力発電の仕組み

(風の持つ運動エネルギーの約50%を電力として取り出す)



### 風力発電の仕組み

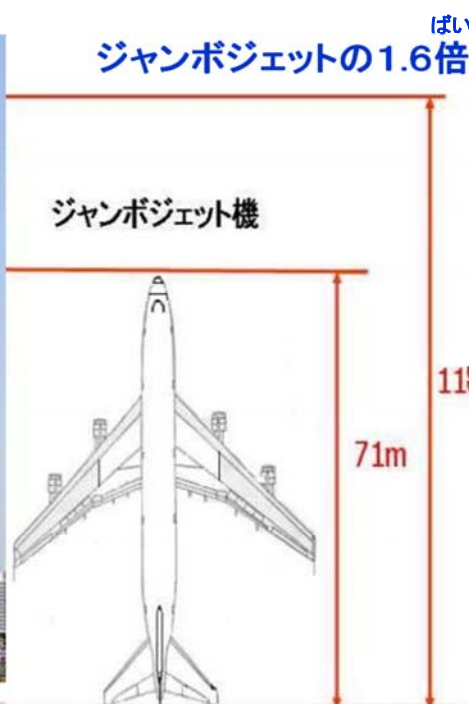
- ① 風のを大きな羽根 (ブレード) で捕まえる。
- ② 風が羽根を押す力で ハブと軸を回す。
- ③ 軸に繋がった発電機が 回って電気ができる。

### 大型風車の形

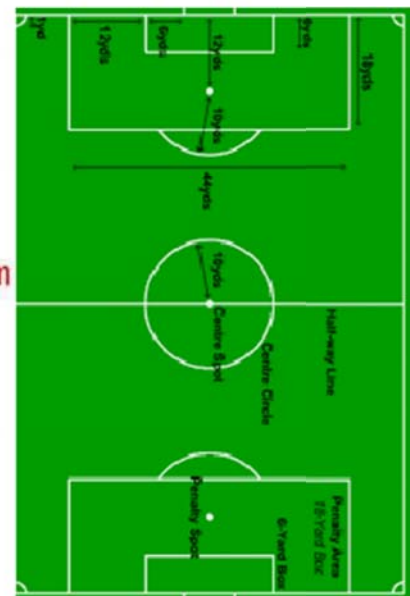
- ・ 細長い3枚の羽根 (ロータ)
- ・ 発電機の入った箱 (ナセル)
- ・ 上空の強い風を捕まえる ための高いタワー

5

## ➤ 最近の風車の大きさ (陸用)



サッカーグラウンドの (110m) と同じくらい



6

## ➤ 風車の輸送と建設

- ・タワー(3分割)、ブレード、ナセルを建設先に輸送します。  
山間の狭い道で長大機器を運ぶには工夫が必要です。



7

## ➤ 風車の輸送と建設

- ・基礎工事の後、クレーンでタワーを下段から据え付けます。  
ナセルを上架して、最後にロータを取り付けて完成です。



8

## ▶ もっと険しい山の中に立てるには？

・山の上にヘリコプターで風車を運んだ例

・大型クレーンを使わない風車建設工法



9

## ▶ 風車の基礎知識1

◆ 風のエネルギーは **風速の3乗** と **ロータ面積** に比例

→ 運動エネルギーの2乗 + 流入空気量の1乗

$$P = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} (\rho AV)V^2 = \frac{1}{2} \rho AV^3$$

P: 風力エネルギー(W)    ρ: 空気密度(kg/m<sup>3</sup>)

A: 受風面積(m<sup>2</sup>)        V: 風速(m/s)

例1: 風速が2倍になると…

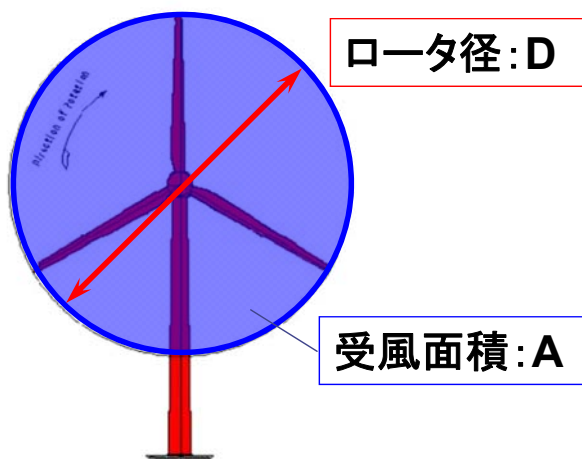


出力は **8倍** になる!!

例2: 風速6m/s と 7m/s で…



発電量は **1.6倍** になる!!



10

## ➤ 風車の基礎知識2

◆ 風車の効率の理論上限(Betzの限界)は59%。実際は約45~50%

→ 風車出力は直径で決まる。  $kW \doteq 0.3 \times (D=\text{直径m})^2$

600kW	1000kW	2000kW	3000kW
40~45m	57~61.4m	66~80m	約100m
18~20m	27~29.5m	33~38m	約48m

◆ 風は地表近くは弱く、上空ほど強い(ウィンドシェア)

→ 地表の凹凸の摩擦で減速する

経験的に、風速は以下の式で表される

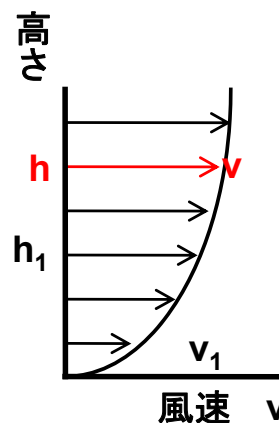
$$V = V_1 \left( \frac{h}{h_1} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$h_1$ : 高さ(低)(m)

$h$ : 高さ(高)(m)

$V_1$ :  $h_1$  の風速(m/s)

$V$ :  $h$  の風速(m/s)



風車の大型化→上空の方が風強い

→スケールメリットあり

11

## ➤ ブレード周りの3次元流れ

### □ ロータ翼周り3次元流れ

#### ✓ 回転翼面上の境界層流れ

回転による遠心力, コリオリの力

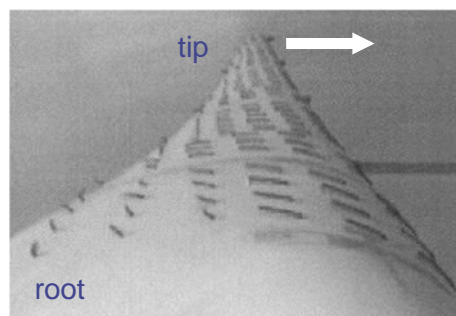
→ 2次元翼との剥離・失速特性相違

ロータ翼(ピッチ角・コード長分布)最適化

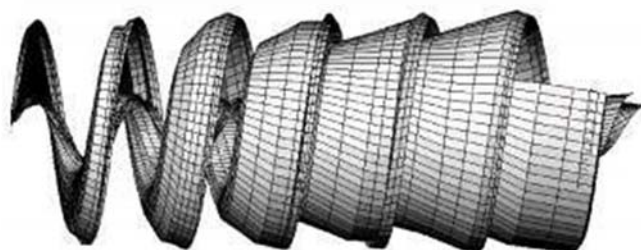
#### ✓ 風車後流の渦構造

随伴渦(翼端渦を含む)の螺旋構造

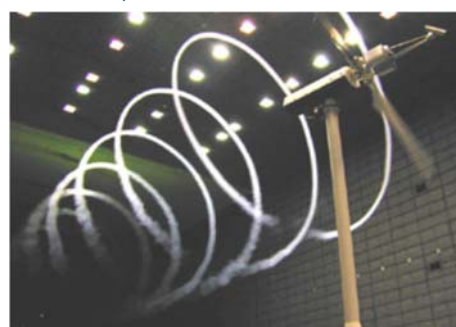
→ 風車への流入速度を減速(誘導速度)



Flow visualization on rotating blade (Mie Univ., 2001)



Wake geometry by free wake model(Nagoya Univ. 2004)



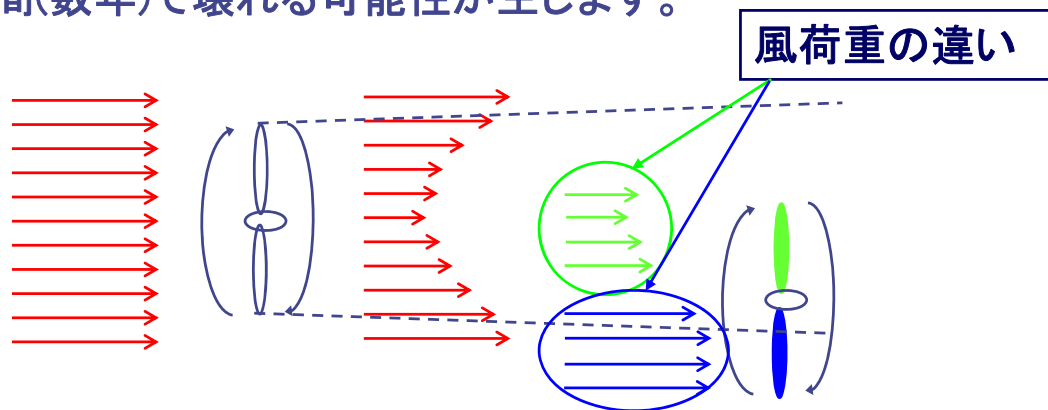
Wind Tunnel Experiment(NREL)

## ➤ 風車の後流(Wake)の影響

風車の風下には風速の遅くなった影のゾーンが生じます。風下のこのゾーンに別の風車があると悪影響が出ます。

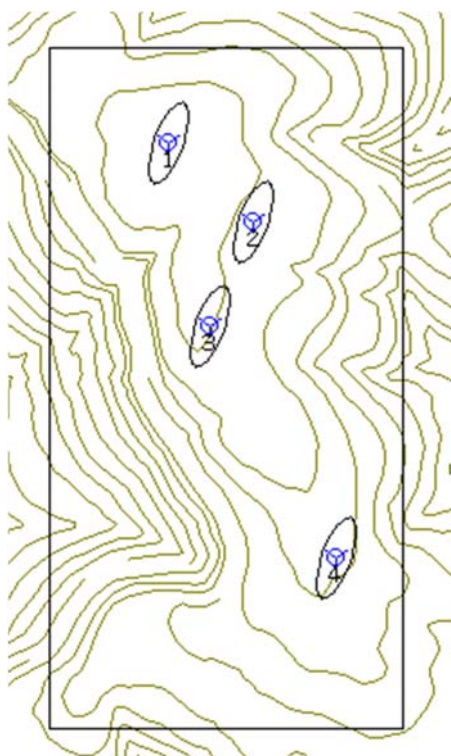


- ・影になるので発電量が減る。ウェイクロスと言います。
- ・アンバランスな風荷重が掛かるので疲労強度が厳しくなり、短期間(数年)で壊れる可能性が生じます。



13

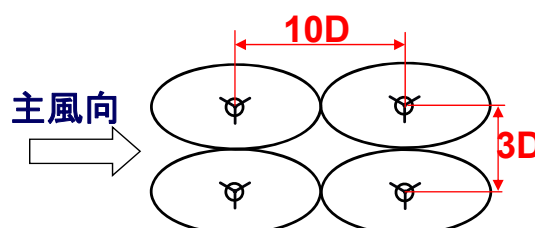
## ➤ 風車の離隔(Wind Farmでの風車の配置)



複数の風車を建設する時には、互いに干渉(風を取り合う)しないように適切な離隔をとる必要があります。

隣の風車との距離の目安

- ・主風向 : ロータ径の6~10倍
- ・風と直交方向: ロータ径の2~3倍

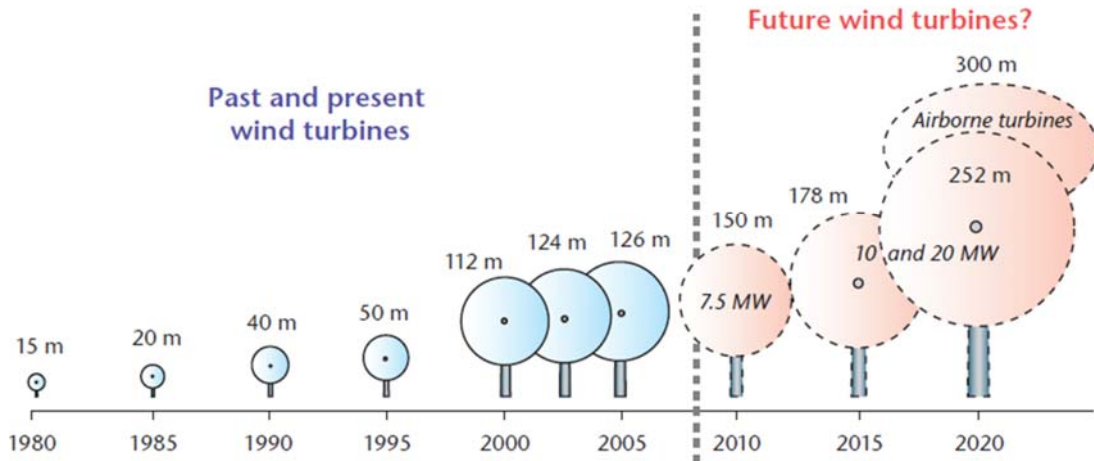


14

## ➤ 風車の大型化

- ・経済性と効率を追求して、風車の大型化が進行。
- ・最近では、陸上用で出力3MW・ロータ直径100m以上、洋上風力用は出力6MW・ロータ直径126mまで実用化。
- ・出力10～20MWの風車も開発が始まっています。

Growth in size of wind turbines since 1980



Source: Adapted from EWEA (2009).

出典: Technology Roadmap Wind Energy, 2009年, IEA

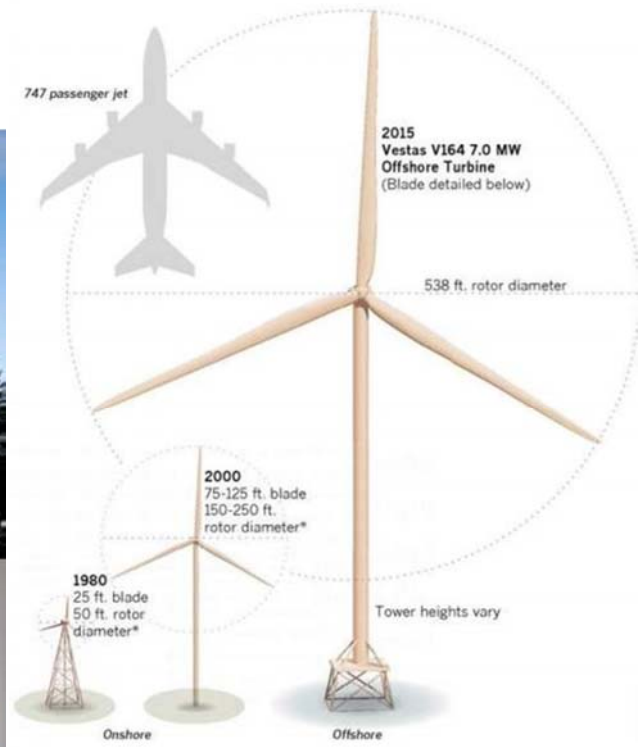
15

## ➤ 世界最大の洋上風車の大きさ (8,000 kW)



### Monster blades

Wind turbines keep growing larger, which has some people worried about negative effects on the environment and scenic views.



### Just how big is the new blade?



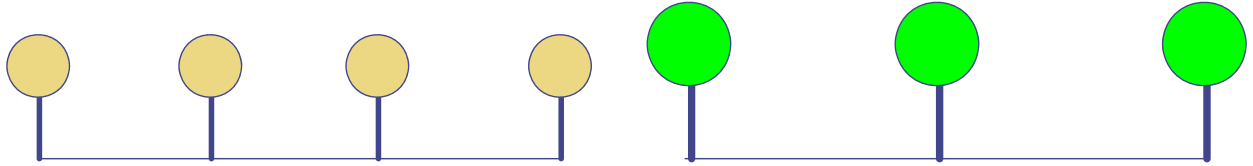
\*Measures vary by manufacturer  
Sources: American Wind Energy Assn., Vestas

16



## ➤ 風車の大型化(利点)

- ・合計出力を大きくとれる(特に小規模サイトの1列配置)。  
(例: 500mの尾根筋、離隔3D、1MW  $\phi$  60m と 2MW  $\phi$  80m  
1MW  $\times$  4台  $\rightarrow$  2MW  $\times$  3台  $\Rightarrow$  サイト出力は1.5倍増)



- ・プロジェクト全体の建設・輸送・配電工事の数を減らせる。  
風車本体は割高だが、Total Cost と工期短縮で有利。
- ・保守メンテの数量が減る。
- ・大きな風車ほど背が高いため、上空の強い風を捕まえられる。  
(例: タワーの高さを 60m  $\rightarrow$  80m  $\Rightarrow$  風速+6%, 発電量+19%)
- ・一般に大型風車の方が新しい技術が適用されていて、  
性能や電力品質が良いことが多い。

17

## ➤ 大型化の欠点

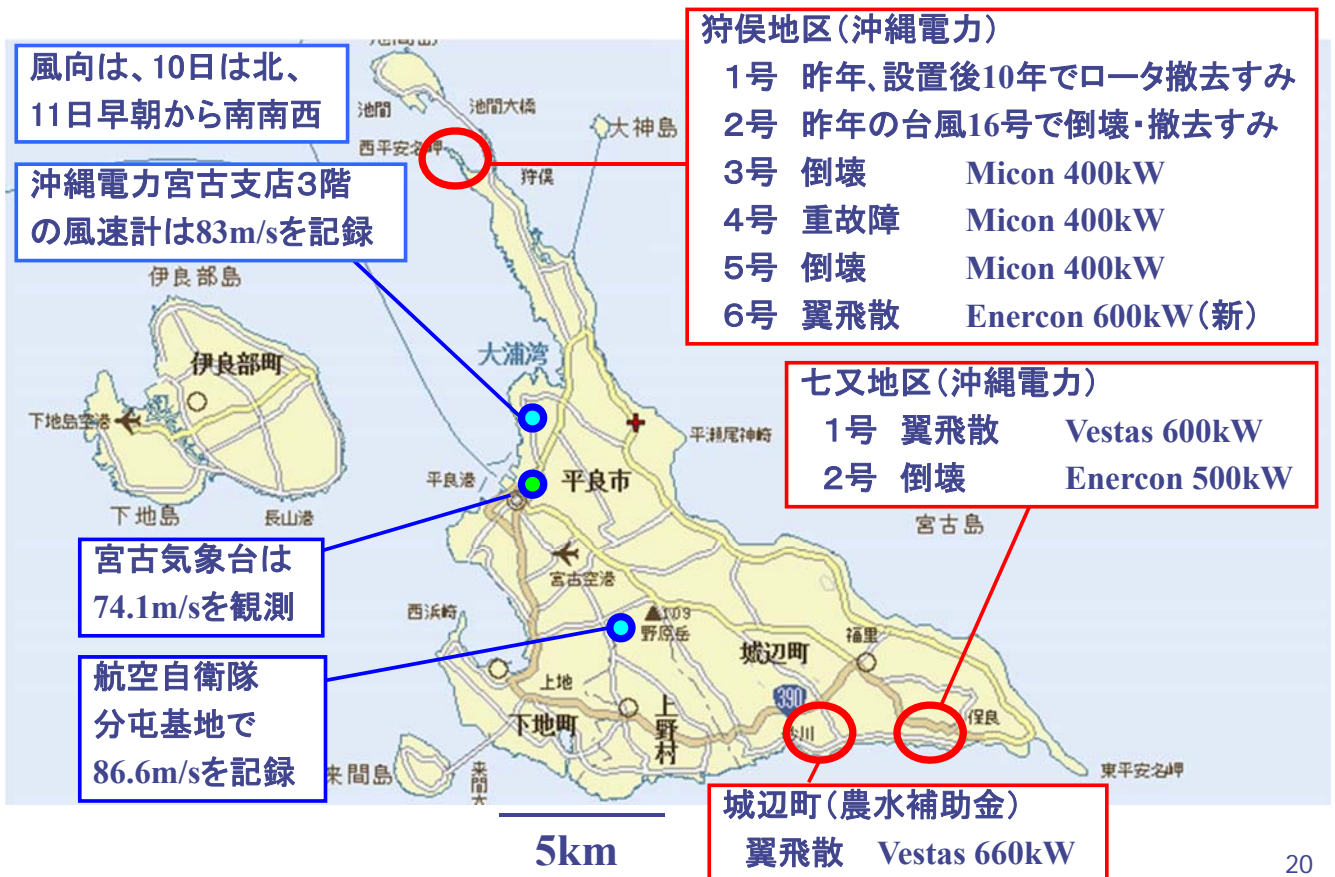
- ・風車本体の強度とコストが厳しくなる。(2乗/3乗則)  
ブレード(複合材料)の品質管理が難しくなる。  
風車の内部に熱がこもり易くなる。
- ・建設と輸送に高レベルのインフラが必要。  
ナセル重量増 & タワー高  $\Rightarrow$  建設用クレーンの巨大化  
ブレード伸長  $\Rightarrow$  専用トレーラー
- ・大型鋳物や大口径軸受はサプライヤーが限られる。  
売上・合計出力が同じなら、生産台数が減る。  
 $\Rightarrow$  量産性・納期・コストが制約される。
- ・1台故障時のサイト稼働率・設備利用率への影響大。
- ・”枯れた技術”の中型風車の方が初期故障のリスクは小さい。
- ・新機種の開発と検証のコストが上がる。 $\Rightarrow$  小規模メーカーの淘汰

18

# 風車の台風被害(2003年宮古島)



## 日本の例:2003年の台風14号による宮古島の風車被災



➤ 建設先の風況に合った風車機種を選ぶべき  
 風車の仕様は国際規格(IEC61400-1)に準拠

風車クラス		I	II	III	S	Class T	意味
耐風速:瞬間(m/s)		70	59.5	52.5	各メーカー が独自に 決める値	70	耐風速
耐風速:10分平均(m/s)		50	42.5	37.5		50	
基準風速:年平均(m/s)		10	8.5	7.5		8.5	性能と疲労
A	$I_{ref}$	0.16					疲労
B	$I_{ref}$	0.14					
C	$I_{ref}$	0.12					

IEC61400-1 3rd 2005 より

世界では、昔は Class I、今は Class II が主流。

しかし Class II では台風直撃に耐えられない。

→ Class S が提案されたが、陸用では量産化されず。

(欧州の洋上風車も個別設計の Class S が多い。)

→ 日本は台風対応の風車クラス Class T を提案中。

21

## 過去の台風被災からの教訓 (NEDO日本型風力発電のガイドライン)

- 極値風速を考慮した風車の機種選定  
 (台風地域は Class II 風車は避けるべき)
- 停電時の風車のヨー制御の維持(横風防止)  
 (バックアップ電源、または、ダウンウインド待機)
- 風速風向計への耐風速マージン付与  
 (これもヨー制御維持のため。)
- 複雑地形による増速効果  
 (Mascot等の解析ソフトで評価する。)
- 風車の適切な運転とメンテナンス  
 (メカ・オーナ・メンテ担当の良好なコミュニケーション)
- 非強度部材(ナセルカバー)強度と負圧の配慮  
 (IECやGLは最新版から考慮している。)

→ 日本では台風による風車の重大事故はほぼ無くなった。

22

## ➤ 経験から学ばない国もある

- 中国は世界最大の風力市場だが、安全への意識は低い。
- 日本同様に2003年に台風で風車13台のナセルが落下。
- しかし10年後の今も同様の被害を繰り返している。



2013年9月、HonghaiwanWFの台風被害



2014年7月、北极星WFの台風被害

出典：中国現地の新聞報道

## 風車のIEC委員会で台風・乱流のIEC61400-1反映を日本から提案

IEC/TC88 Meeting  
on 12 March 2010, at Boulder



## ➤ 風車を立てる条件は？

- ・強く安定した風が吹く（年平均風速6m/s以上）
- ・風車ナセル・ブレード等，機材を運ぶ幅広の道路
- ・発電した電気を運ぶ送電線
- ・広い敷地と安定した地盤
- ・環境（希少鳥類の有無）・法律（公園法など）上の制限がない計画地
- ・台風・落雷のリスクが小さい

25

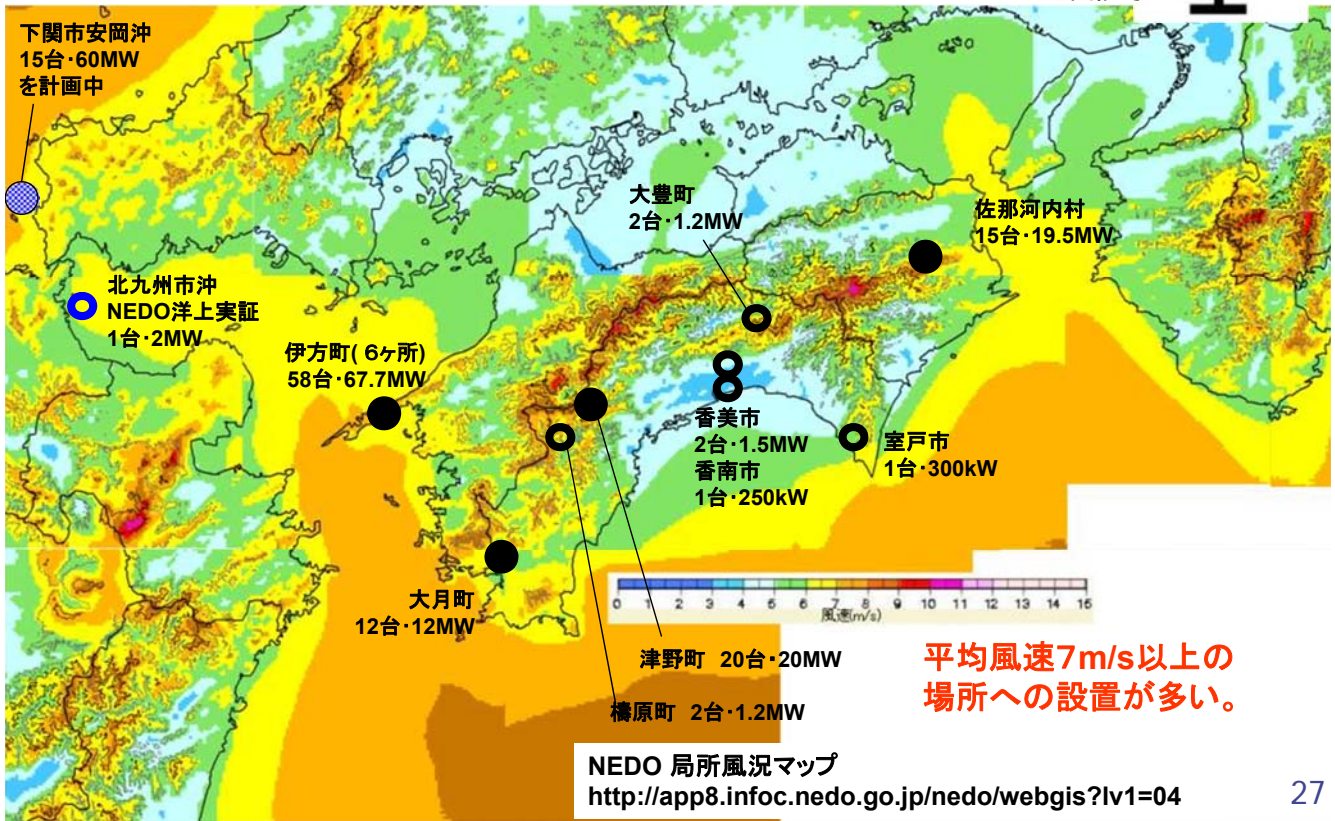
## ➤ 風力発電の成功条件は？

- 1) 電力の買取保証と売電価格  
（FIT: Feed in Tariff。日本は陸上22円/kWh、洋上36円/kWh）
- 2) 強風地域での立地  
（1年以上の現地風況観測。say 年平均風速7m/s以上。）
- 3) 適切なサイト開発（特に地元の協力）  
（環境アセス、民家との離隔、適切な風車配置）
- 4) 適切な風車の機種選定 ≡ 風車への理解  
（性能と強度 ≡ IEC Wind Class、認証、台風、落雷）
- 5) 適切な保守管理 ≡ 風車への理解  
（定期点検、常駐メンテ員、予備品）

26

# 高知県の周辺の風車と平均風速(70m高さ)の分布

風車の  
地図記号



## ➤ 四国にある風車の一覧表

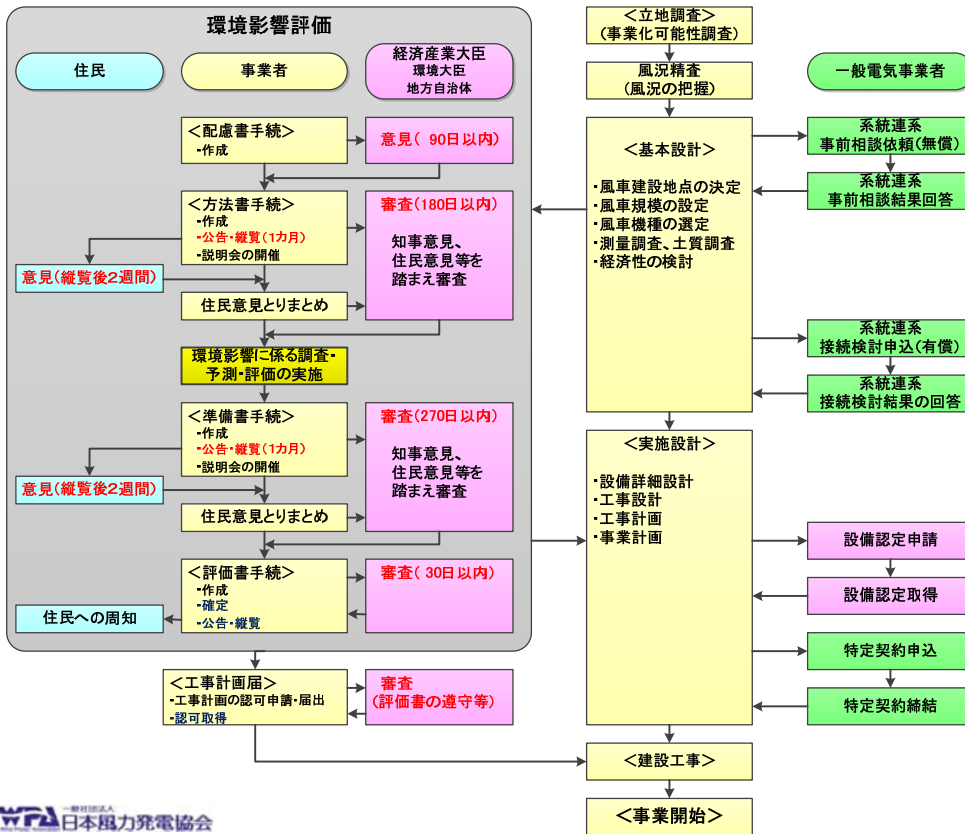
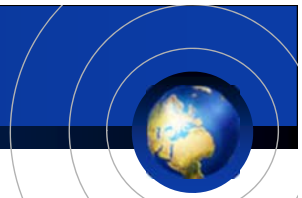
### NEDO 風力発電設備の導入実績

[http://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/case/area\\_09.html](http://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/case/area_09.html)

#### 日本における風力発電設備・導入実績 (2014年3月末現在) NEDO

NO.	年度	稼働年月	設置者	設置場所(都道府県)	設置場所(市町村)	定格出力(kW)	基数	総出力(kW)	メーカー	用途
30	H6	1994年9月	四国電力(株)	高知県	室戸市	300	1	300	三菱重工業	実証試験
33	H6	1995年3月	高知県企業局	高知県	香南市(旧野市町)	250	1	250	NEG-Micon	売電事業
92	H10	1999年3月	高知県企業局(大豊風力発電所)	高知県	大豊町	600	2	1200	Lagerwey	売電事業
111	H11	1999年11月	高知県橋原町	高知県	橋原町	600	2	1200	NEG-Micon	売電事業
114	H11	1999年12月	大旺建設(株)	高知県	土佐山田町	225	1	225	Vestas	自家用
265	H15	2003年12月	高知県企業局	高知県	香美市(旧土佐山田町)	750	2	1500	Vestas	売電事業
341	H17	2006年1月	(株)葉山風力発電所	高知県	津野町	1000	20	20000	三菱重工業	売電事業
372	H18	2006年11月	(株)大月ウィンドパワー	高知県	大月町	1000	12	12000	三菱重工業	売電事業
114	H11	1999年12月	大旺建設(株)	高知県	土佐山田町	225	(1)	(225)	Vestas	自家用
12	H2	1991年3月	瀬戸町	愛媛県	瀬戸町	100	1	100	三菱重工業	温室等用電源
253	H15	2003年10月	(株)瀬戸ウィンドヒル	愛媛県	伊方町(旧瀬戸町)	1000	11	11000	三菱重工業	売電事業
314	H16	2005年3月	愛媛県伊方町	愛媛県	伊方町	850	2	1700	Vestas	売電事業
379	H18	2006年12月	大和ハウス工業(株)	愛媛県	伊方町	1000	9	9000	三菱重工業	売電事業
394	H18	2007年3月	三崎ウィンド・パワー(株)	愛媛県	伊方町	1000	20	20000	三菱重工業	売電事業
12	H2	1991年3月	瀬戸町	愛媛県	瀬戸町	100	(1)	(100)	三菱重工業	温室等用電源
415	H19	2008年2月	(株)ユーラスエナジー瀬戸[瀬戸ウィンドファーム]	愛媛県	伊方町	2000	4	8000	Gamesa	売電事業
460	H21	2010年3月	伊方エコ・パーク(株)[伊方ウィンドファーム]	愛媛県	伊方町	1500	12	18000	荏原フライデラー	売電事業
161	H13	2001年4月	NEDO/徳島県企業局 2007年7月 撤去	徳島県	佐那河内村	280	1	280	日立-Enercon	自家用
161	H13	2001年4月	NEDO/徳島県企業局 2007年7月 撤去	徳島県	佐那河内村	280	(1)	(280)	日立-Enercon	自家用
430	H20	2009年2月	(株)大川原ウィンドファーム	徳島県	佐那河内村	1300	15	19500	Siemens	売電事業

# <参考>風力発電の導入フロー



- 立地調査から事業開始まで 5～9年
- 環境影響評価法対象事業
  - 手続き期間: 90日+480日 = 1年7ヶ月
- 電力会社の系統連系制約
  - 接続検討申込は、設備認定取得を条件にしている電力会社もある。

## ➤ 風力発電の事業採算の試算例

- 2MW風車を建てて、売電収入で回収する。  
 初期投資  $2\text{MW} \times 1\text{台} \times 30\text{万円/kW} = 6\text{億円}$   
 収入  $2\text{MW} \times 8760\text{h} \times 20\% \times 22\text{円/kWh} = 0.77\text{億円/年}$   
 投資回収  $6\text{億円} \div 0.77\text{億円} = 7.8\text{年}$

- 風力発電の採算向上に向けた世界の動き
  - 米国: 数百MW(数百台)まで大規模化して 単価を下げる。
  - 欧州: 電気の 買取価格を高くする(FIT:固定買取制)。
  - 洋上: コスト高だが、風況が良いので 設備利用率が高い。
  - 風車: 大型化してウインドファームの 建設費低減  
 翼長を伸ばして 設備利用率を向上  
 信頼性を上げて 稼働率向上と保守費用低減

## ➤ ウィンドファーム(集合型風力発電所)

- ・風が強い地域に何百台も風車を敷き詰めて、経済的に大量に発電する。(世界では既に百万kW規模)

米国の巨大ウィンドファーム

サイト名	州	運転開始	出力	基数
Alta Wind Energy Center	California	2013年時点	1320 MW	490基
Shepherds Flat	Oregon	2012年9月	845 MW	338基
Roscoe	Texas	2009年10月	781.5 MW	627基
Horse Hollow	Texas	2006年12月	735.5 MW	421基
Capricorn Ridge	Texas	2008年	662.5 MW	375基
Fowler Ridge	Indiana	2010年	599.5 MW	355基
Sweetwater	Texas	2008年	585.3 MW	約400基
Buffalo Gap	Texas	2008年9月	523.3 MW	296基



米国 California - Mojave, 275kW x 660台 1987~1991

31

## ➤ アメリカの ウィンドファーム

テキサス州メキシコ湾岸 2008年  
 $2400\text{kW} \times 84\text{台} = 201.6\text{MW}$   
 さらに隣にも  
 $2400\text{kW} \times 118\text{台} = 283.2\text{MW}$   
 合計で、 $202\text{台} \cdot 484.8\text{MW}$



拡大

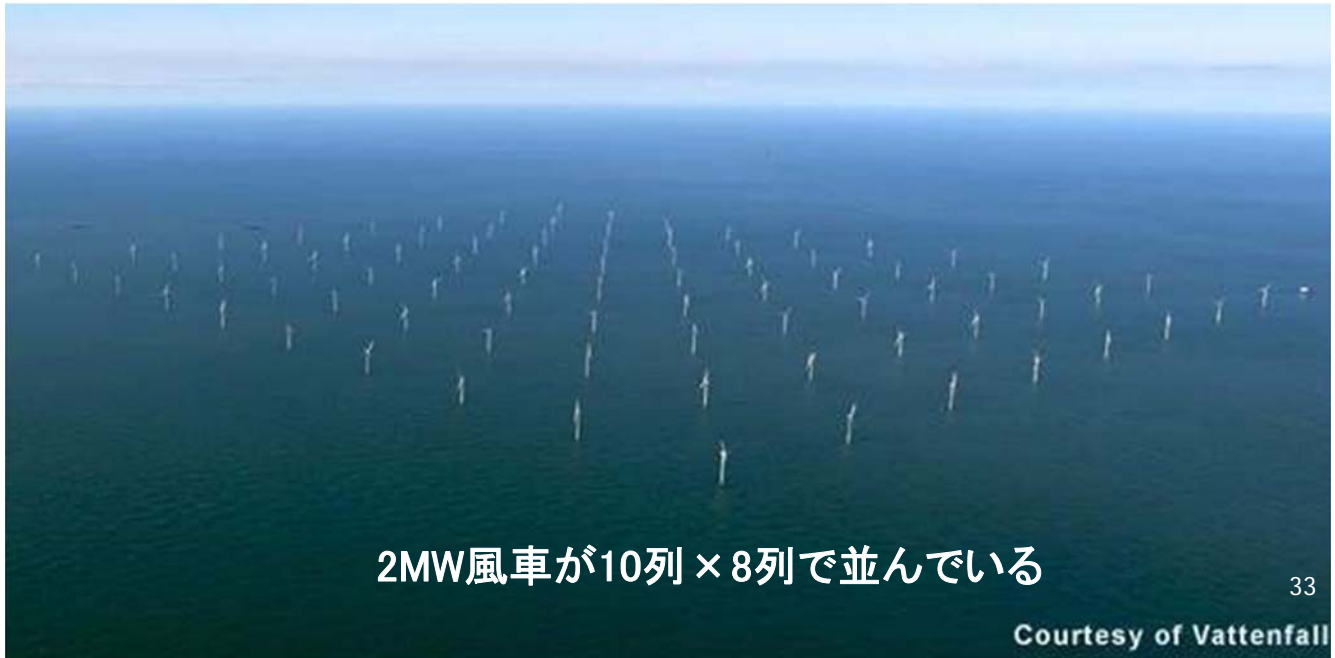


32



# デンマークの洋上ウィンドファーム

デンマーク 東側沿岸  
 Horns Rev PJ 2002年運開  
 Vestas 2MW × 80台 = 160MW



2MW風車が10列 × 8列で並んでいる

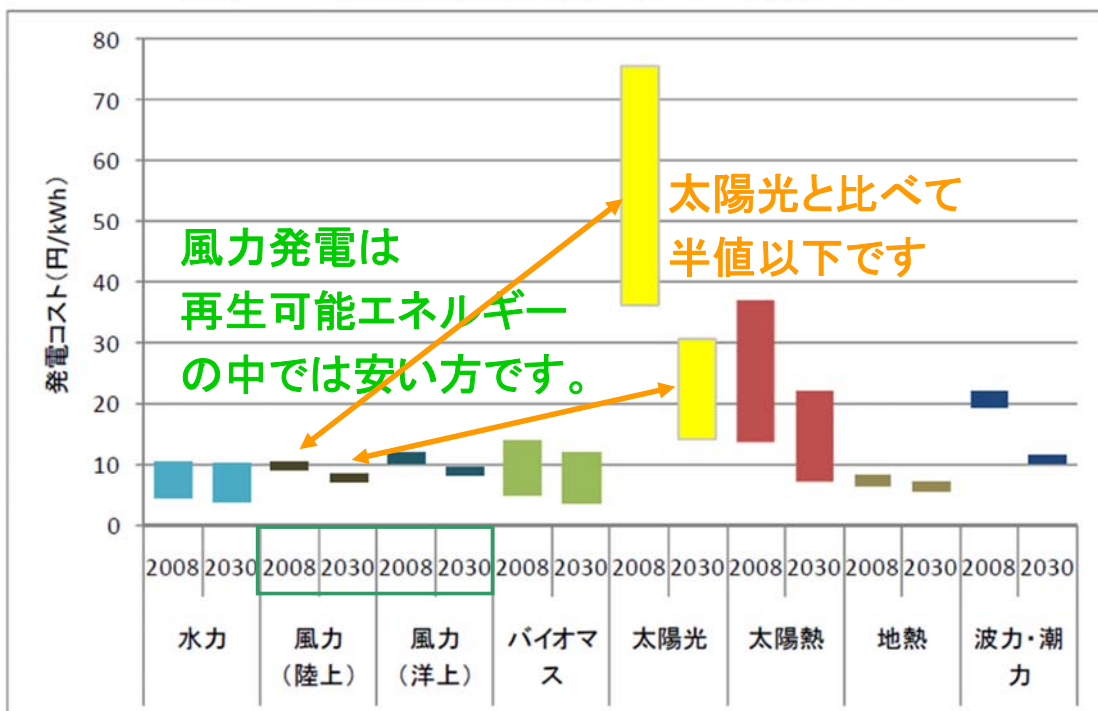
33

Courtesy of Vattenfall

## ➤ 風力発電のコストは高くない

NEDO再生可能エネルギー技術白書 2010年7月

図表 3.46 風力と他の再生可能エネルギーの発電コスト



# 目次

1. 風力発電の概要
2. 世界の状況
3. 洋上風力開発
4. 日本の風力発電のロードマップ

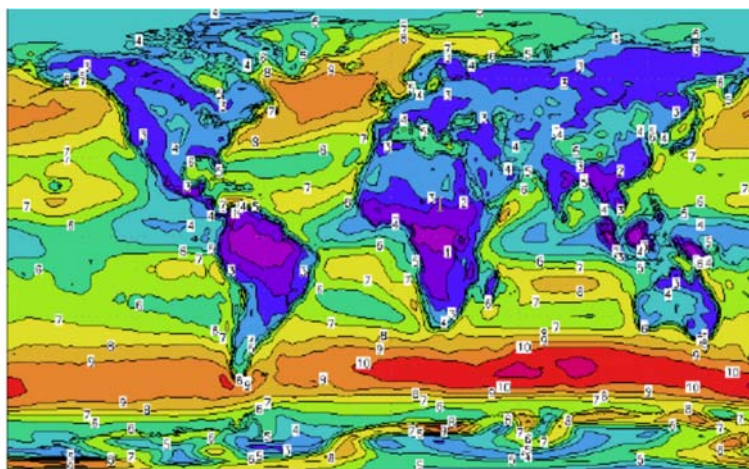


35

## ➤ 風力エネルギーの賦存量

- ・全世界ではアジア・北米等の内陸部と海洋の風況が良い。
- ・陸上だけで、70兆kWh(世界電力需要の4倍以上)の賦存量あり。
- ・さらに洋上の賦存量は陸上の10倍。

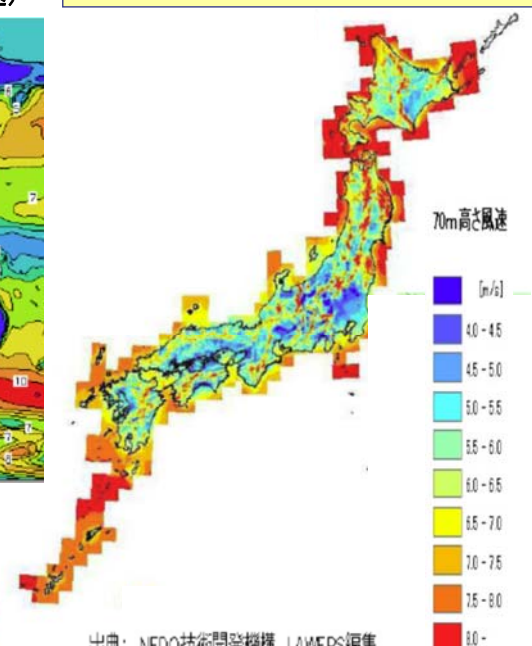
世界の風況(平均風速)



mean wind speed in ms<sup>-1</sup> @ 10 m a.g.l. for the period 1976-95  
according to the NCEP/NCAR reanalysis data set  
<http://www.windatlas.dk>

陸上99GW+洋上44GW=合計143GW  
(約2,500億kWh・電力需要の25%に相当)  
が日本の風力のポテンシャル。

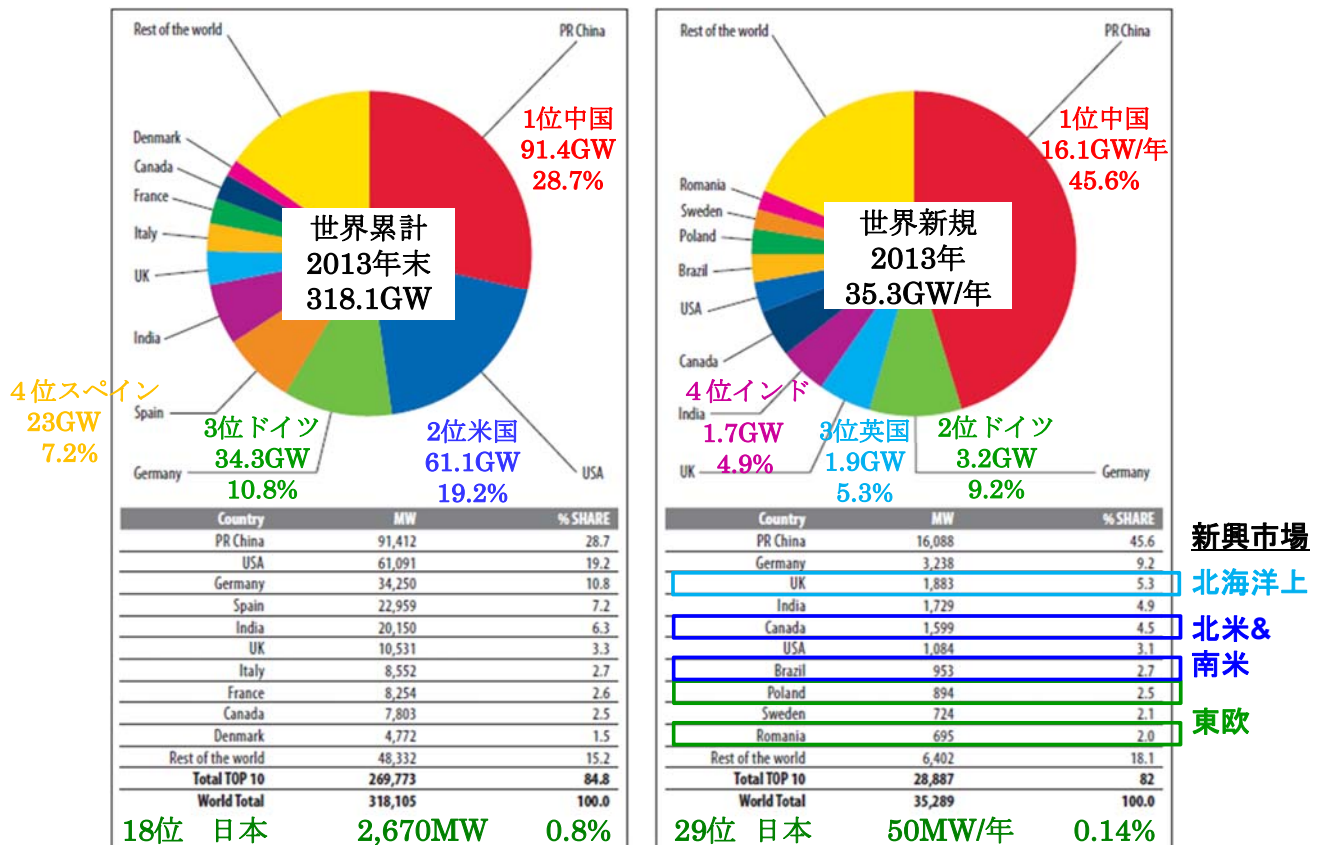
(2010年エネ庁調査)



出典: NEDO技術開発機構 LAWEPS編集  
<http://app2.infoc.nedo.go.jp/nedo/webgis>

36

# 各国の風力発電の導入量：中国が1位



出典：GWEC Global Wind Report 2013

37

## ほぼ全ての先進国が熱心に風力に取り組む！

- ・ 世界の電力(kWh)の3%は風力発電が供給しています。
- ・ 京都議定書を未批准の中国と米国が1位を争い、島国の英国や原子力のフランスも、日本の数倍も風力発電を導入しています。

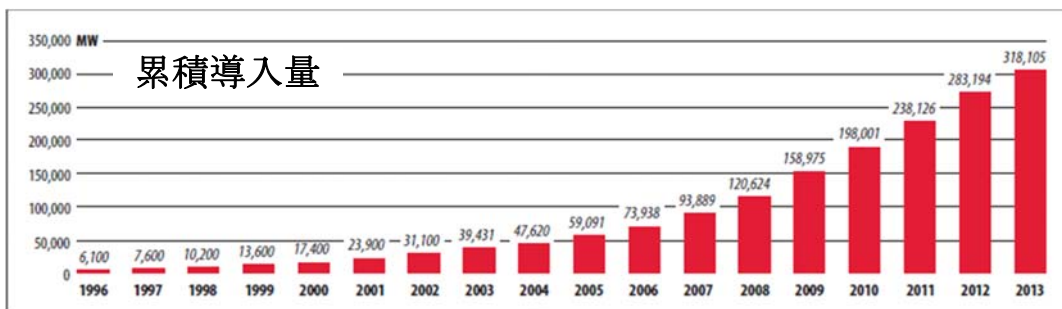
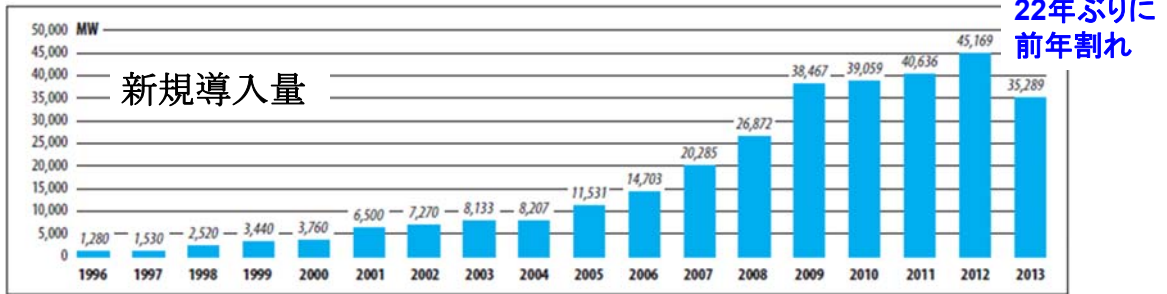
	風力発電の導入量		風力発電のシェア	
	累積	新規	設備容量	発電電力量
世界	318.1GW	35.5GW/年	5%	3%
EU	117.3GW	11.2GW/年	23%	7.8%
中国	91.4GW	16.1GW/年	7%	2.6%
米国	61.1GW	1.1GW/年	6%	4.1%
ドイツ	34.3GW	3.2GW/年	19%	11.7%
スペイン	23.0GW	0.2GW/年	22%	20.9%
英国	10.5GW	1.9GW/年	11%	7.7%
フランス	8.3GW	0.6GW/年	6%	3.1%
日本	2.7GW	0.05GW/年	0.9%	0.5%

出典：GWEC, EWEA, IEA Wind

38

# 世界の風力発電：現在

- ・世界で 24万台・3億1800万kW の風車が回っています。  
これは日本の全部の発電設備の合計(約2億5千万kW)より多い。
- ・2013年に新しく建った風車は 約2万台・3500万kW です。  
(1992年以来で初めて前の年より減少しました。)



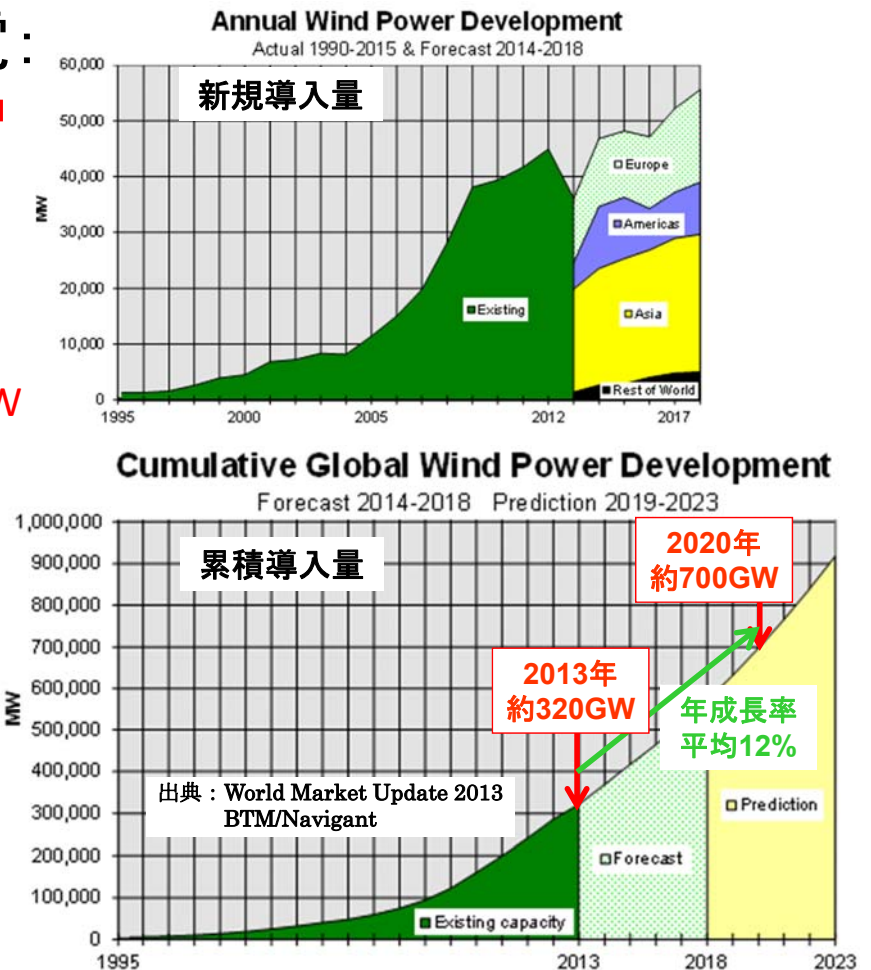
出典：GWEC Global Wind Report 2013

## 世界の風力発電： 2020年には倍増

- ・今後も約50GW/年の新規導入が続く。
- ・7年後の2020年には累積導入量は約700GW  
今よりも倍増する。

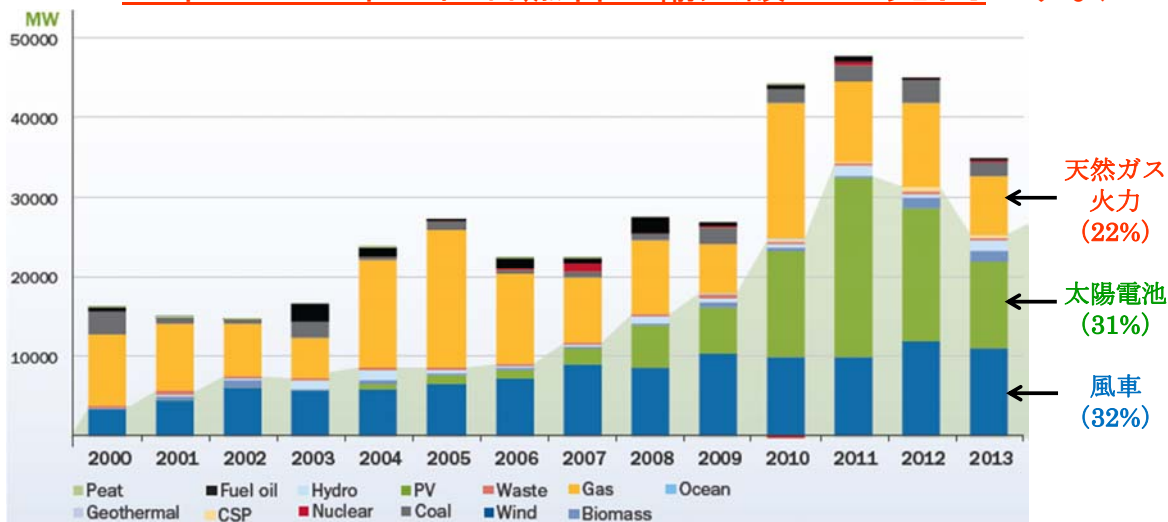


Is Renewable Energy Ready for Takeoff?  
Bloomberg, 2014/06/05



# 欧州は新規電源の20%が風車です。

- ・欧州では既に10年以上も、原子力、石炭火力、石油火力の発電所は建設されていません。
- ・天然ガスも、「ロシアから輸入」の安全保障リスクが顕在化。  
(エネルギーを輸入に頼る国々は再生可能エネルギーに熱心です。  
→ 日本の2013年の化石燃料の輸入額は27兆円です。)



出典：Wind in power 2013 European statistics、EWEA

41

## 欧州のエネルギー確保は挫折と挑戦の歴史

- 20世紀前半：中東の石油の確保 → 2回の世界大戦  
↓ 欧州地域内でのエネルギー自給を目指す
- 戦後：石炭火力 → 酸性雨で森林壊滅  
原子力 → チェルノブイリ事故  
↓ 燃料源を北海油田と天然ガスに転換
- 1990年代：北海油田 → 21世紀前半には枯渇  
黒海からパイプライン輸送 → ロシアが禁輸  
↓ 自然エネルギーへのシフト
- 21世紀：風力の大量導入 → 陸上適地の蕩尽  
太陽光の大量導入 → コスト高  
↓ エネルギー源の多様化
- 現在：洋上風力発電(北海油田から産業転換)  
原子力カルネサンス

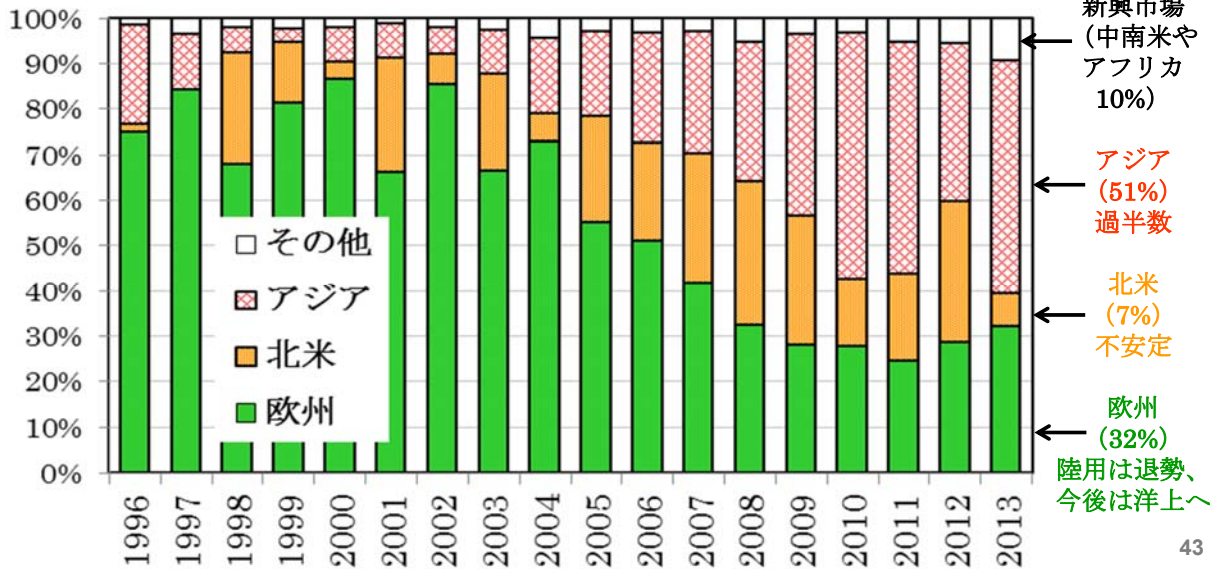
42

欧州では過去の歴史を通じて、  
“安全と環境のためにお金を使う”  
国民的合意ができている。：日本との差

# 風力発電は欧州から米国さらにアジアへ

- ・2002年までは約80%の風車が欧州に建っていましたが、1998年から北米(米国とカナダ)が伸び、更に最近ではアジア(中国とインド)が世界の半分を占めています。今後は中南米(ブラジルとメキシコ)やアフリカの新興市場に期待。

新規導入の地域別の推移



## ➤ スペインは過去に遡って風力のFITと補助金を削減

- ・太陽光のFIT価格を非常に高く設定 → 太陽光開発バブルが発生
- 買取負担に耐えられずに電力会社が財政破綻 → 経済悪化で2011年に政権交代
- 新政府は救済のために、再生可能エネルギーに対する「徳政令」を強行。

**RECHARGE**  
News 6/10 再生エネ見直し法案を可決 4060

Spain passes RE reform decree

Spain's Prime Minister Rajoy

By Christopher Hogson in London Monday, June 09 2014  
Updated: Tuesday, June 10 2014

The Spanish government has finally passed a controversial clean-energy decree that brings in an entirely new subsidies regime as part of an extensive shake-up of the country's power sector.

Madrid argues that many renewables firms made double-digit returns on investments thanks to hefty subsidies in the past – something the industry strenuously denies.

The new measures will cap the earnings of all existing renewable energy projects.

Under the decree, power generators will earn a rate of return for existing renewables facilities of about 7.5% over their lifetimes, says an industry ministry statement.

This rate, which may be revised every three years, is based on the average interest of a ten-year sovereign bond, plus three percentage points.

SHARE STORY  
 Tweet  
 Share  
 RFFA 1  
 Contact Us

RELATED  
 IN DEPTH: RE's pain in Spain  
 Spain adds just 175MW

**Forbes** New Posts

William Pentland, Contributor  
I write about energy and environmental issues.  
+ Follow (40)

ENERGY · 2/19/2014 · 4:20PM · 1,526 views

Stampede Of Investors Sue Spain Over Cuts In Solar Subsidies

+ Comment Now + Follow Comments

A flurry of investor lawsuits filed against Spain in recent months may make it more difficult to finance renewable energy projects in the future.

On Wednesday, Masdar, which invests in renewable energy projects for the sovereign fund of the emirate of Abu Dhabi, became the fourth major investment fund to sue Spain for slashing solar thermal energy subsidies.

Masdar has invested more than \$1 billion in three solar power plants in Spain, including the picturesque Gemasolar project, a 15 megawatt solar power tower plant in southwestern Spain.

Top 10 Largest Solar Projects Under Construction

1 of 10

・補助制度廃止に怒った投資家が一斉にスペイン政府相手に訴訟を開始

# ➤ 風力発電の東方進出（東欧→CIS→ロシア）

- ・EU東方拡大に合わせて、CO2削減の環境規制、送電網の一体化、が進行。 → これを梃に、風力発電は西欧から東欧に進出。
- ・ポーランド、ルーマニア等で大型ウインドファームの開発が進む。  
→ 今春のウクライナ危機でCIS&ロシアへの進出は困難に。



## EWEAはブログでも東欧の風力開発をアピール(2013年4月、8月)

# ➤ 米国の風力発電市場は先行き不透明

安価なシェールガス(日本の1/4~1/8)が出回ったために、売電価格が低迷。

風力優遇税制(PTC: Production Tax Credit)の延長法案は否決が続く。

Las Vegas isn't exactly a familiar haunt for me, but I've been here several times for conferences (and one wedding). I had seen the wine angel in the Mandalay Bay floating up in her harness beside the several story wine cellar a few years ago, but didn't go further than the entrance. This time I went in for a night cap with the Crazy Canucks (and deep environmental toxicity experts) from [Intrinsic](#), Loren and Melissa.



The day was mostly as expected: extraordinarily deep and broad expertise in all facets of wind energy everywhere.

Perhaps the most unlikely experts were the principals from B&K Trucking, a specialized logistics company that pulled 75% of their 2012 revenue related to wind energy, trucking 400 wind turbines around the continental USA for BP Wind, including shipping a tower from Houston to Pennsylvania, mostly off of the interstates because they just weren't built to accommodate wind turbine-sized loads despite having been built to facilitate major US military materiel movement in the event of an invasion.



The US Senate has blocked the bill in protest over amendment negotiations

Republican senators blocked the bill, in a 53-40 vote, in a protest over amendments. It needed 60 votes to proceed.

The bill would extend the PTC to projects that start construction before the end of 2015. It also extends the ability of developers to opt for a 30% investment tax credit instead of the PTC.

GOOGLE TRANSLATE

言語を選択 | ▼

SHARE THIS

Tweet 9

Like 10

Reddit 0

Share 25

reddit this!

LATEST ARTICLES

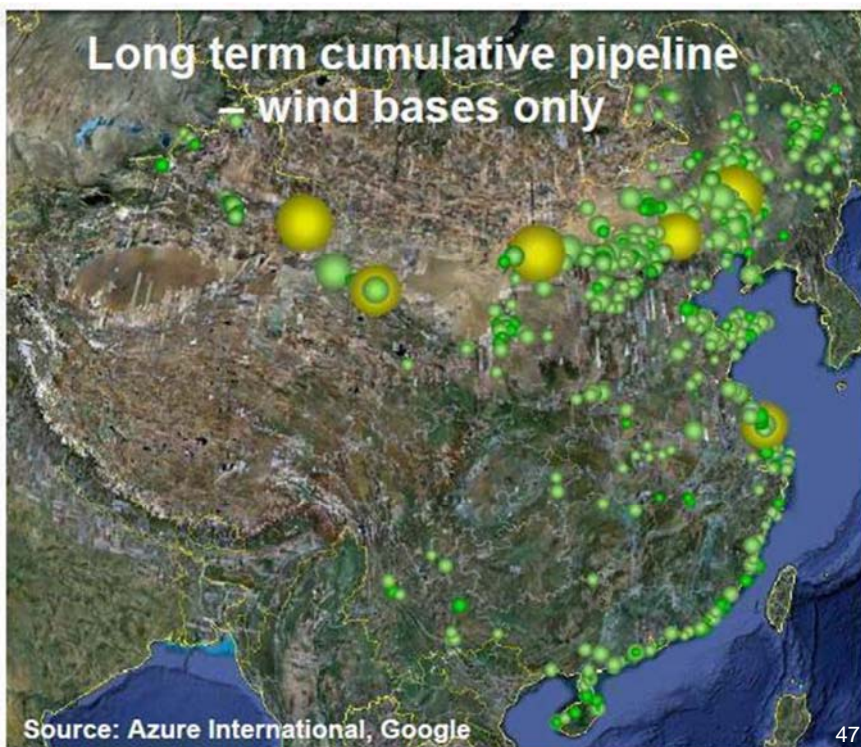
UK minister hints at local content requirement

Windpower TV - RenewableUK CEO Maria McCaffery 46

## ➤ 中国は2015年までに100GW

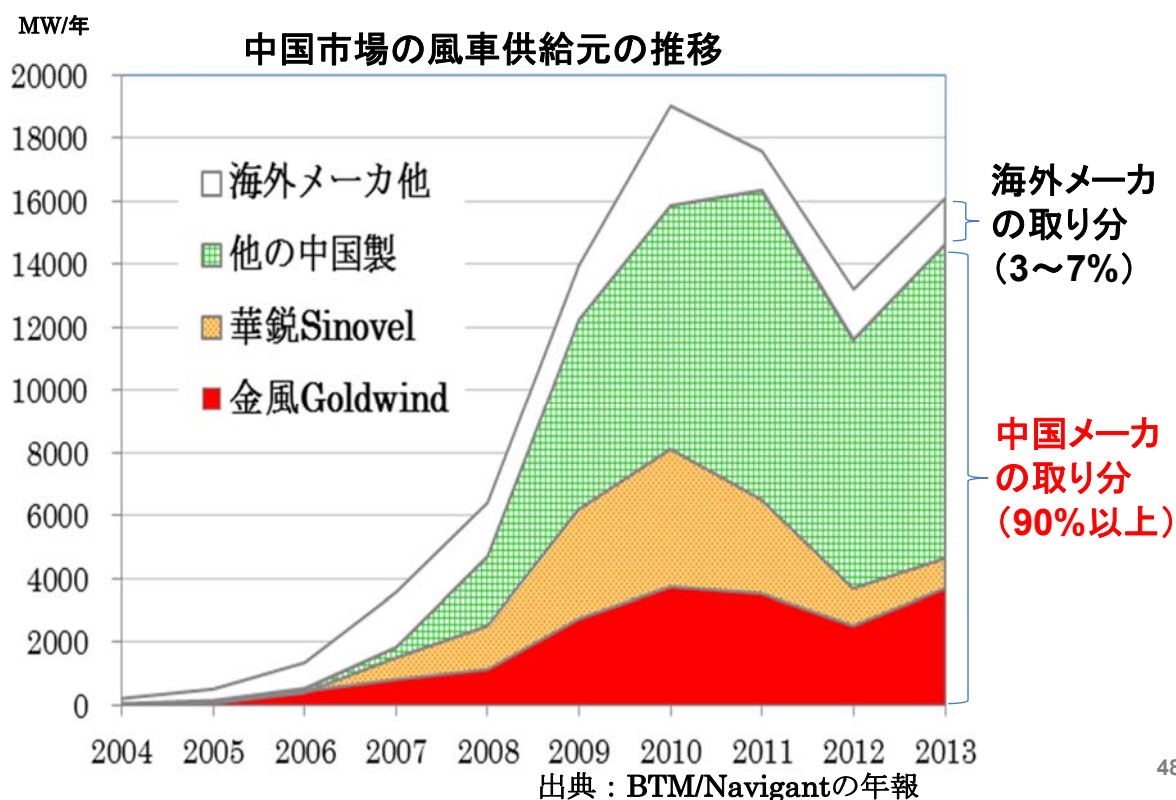
7地域で10GW規模の計画が進行中。内1つは洋上風力。

- 100GW achieved with no new “near-term” as of today
- 7x10+ GW wind bases represent future pipeline
  - 1) Jiuquan
  - 2) Hami
  - 3) E. IMAR
  - 4) W. IMAR
  - 5) N Hebei
  - 6) Jilin
  - 7) Jiangsu
- Better coordinated grid development?
- IMAR Baotou proposing slowed roll-out (50MW pd/pa) Gansu could follow



## ➤ でも中国市場は海外には閉鎖的

- 中国政府は風車の国産化(LCR:Local Contents Requirement)を政策誘導。中国市場の90%以上を中国風車メーカーが独占。欧米企業向けのパイは小さい。





## ➤ 風力発電の次の新市場はどこか？

- 世界の風力業界は計画的に市場開拓を進めている。  
(GWEC Market Prioritization Workshop もその例)
- 人口が多く、経済が発達して、電力需要がこれから伸びる国々。(風資源より電力需要が重要)
- エネルギーを輸入に頼る国々は特に有望。
- 現地調達率規制(LCR)を要求される場合が多い。

ブレーク中：カナダ、中南米(ブラジルとメキシコ)

次の目標：東欧～CIS、南アフリカ～東アフリカ

その次： 中近東(サウジアラビア)、東南アジア(ベトナム)、  
モンゴル、インド洋上

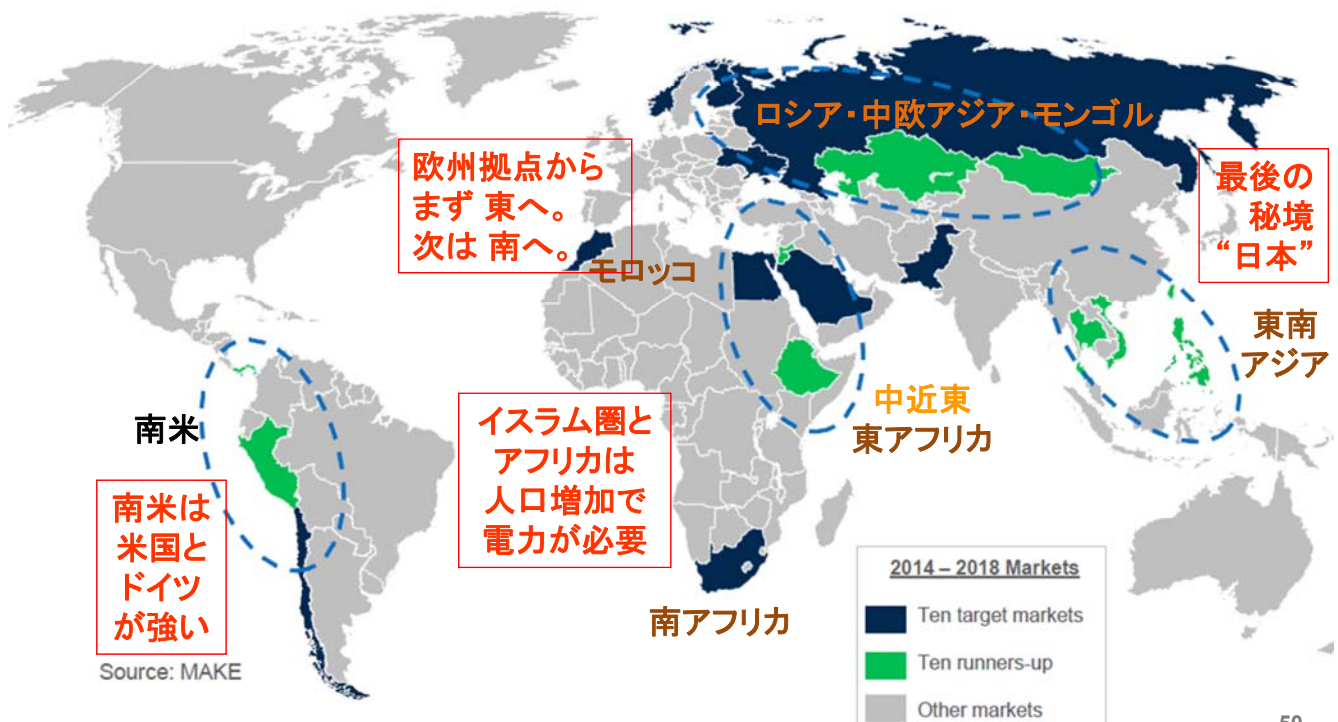
最後の秘境？： 日本とロシア

49

## ➤ 世界の風力業界が考えている新市場 (GWECのMarket Prioritization Workshop)

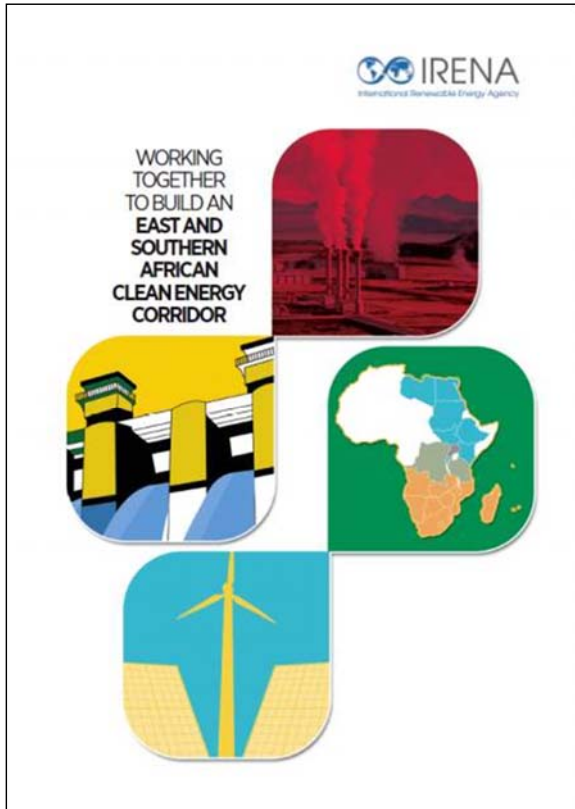
More markets for wind power are emerging

Footprint of the industry's current and next emerging markets



50

# 南方進出：国際再生可能エネルギー機関（IRENA）が アフリカの開発計画書を発行（2013年1月）



## Africa Clean Energy Corridor

1. Idea first 'planted' with IRENA 4 years ago
2. 6 of 10 (or 11 of 20) fastest growing economies in the world are in Africa – sources differ.
3. Initially connecting EAPP and SAPP
4. Now expanded to 'cover' nearly the whole continent
5. Now taken up by governments who are:
  - Into central planning
  - Suspicious of private sector, esp. from 'north'
  - But anxious for investment

## Renewable Power in Africa: Much More Potential To Develop

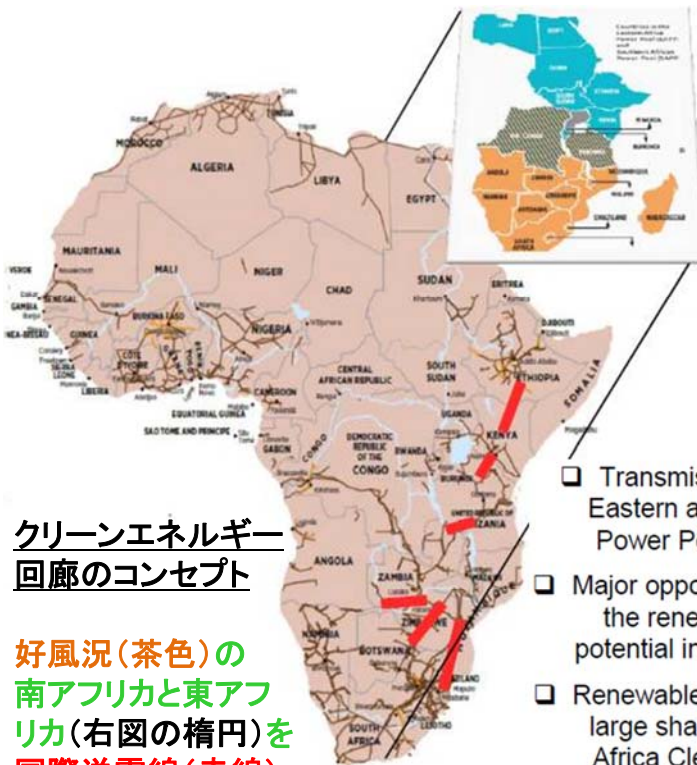
Country	RE Potential*	Planned RE in National Master Plan (by 2030)*
Ethiopia**	Wind: 1000+ GW	12 GW
	Hydro: 45 GW	
	Geothermal: 5 GW	
Kenya	Wind: 0.8 GW	1.5 GW
	Hydro: 6 GW	
	Geothermal: 10 GW	
Tanzania	Wind: 0.5 MW	3 GW
	Hydro: 4.7 GW	
	Geothermal: 0.65 GW	

\*Sources: IRENA Studies on Renewable Energy Potential / 2011 EAPP Master Plan  
\*\*Ethiopia has conducted detailed Wind and Solar resource mapping

51

EWEA2014併催のGWEC Market Prioritization Workshopでの解説

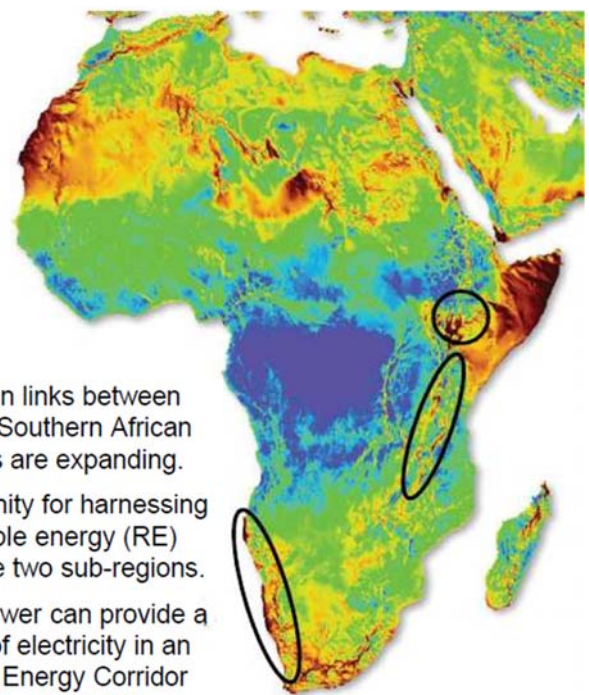
# African Clean Energy Corridor 構想



## クリーンエネルギー 回廊のコンセプト

好風況（茶色）の  
南アフリカと東ア  
フリカ（右図の楕円）を  
国際送電線（赤線）  
で結ぶ。

- Transmission links between Eastern and Southern African Power Pools are expanding.
- Major opportunity for harnessing the renewable energy (RE) potential in the two sub-regions.
- Renewable power can provide a large share of electricity in an Africa Clean Energy Corridor from Egypt to South Africa.
- Affordable, clean and secure electric power supply for Africa.



Sources:  
3 Tier 5 km - Wind Map

52

# 次は中東へ：国際再生可能エネルギー機関（IRENA）がアラブ諸国のRoadMapも作成（2014年6月発行）

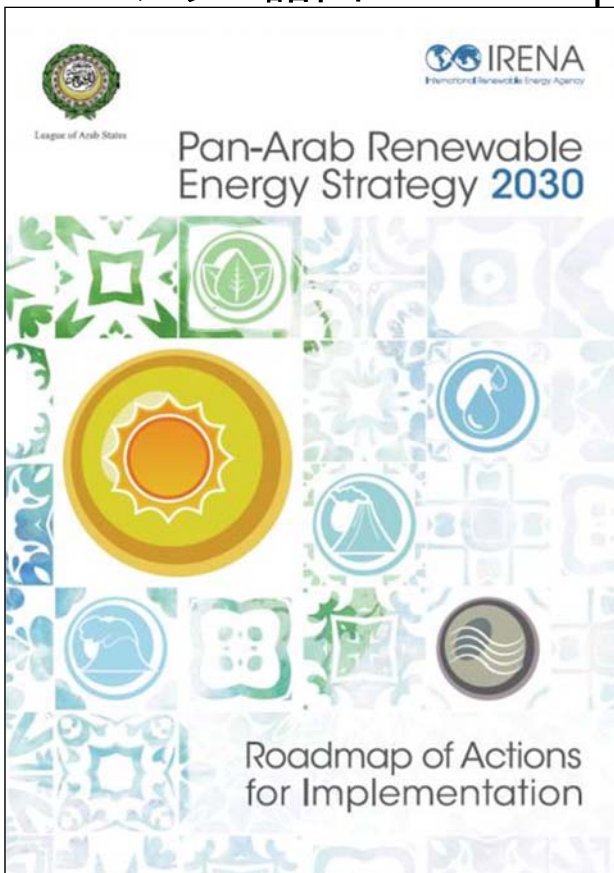


Table 6: Technology-specific targets in the Arab countries

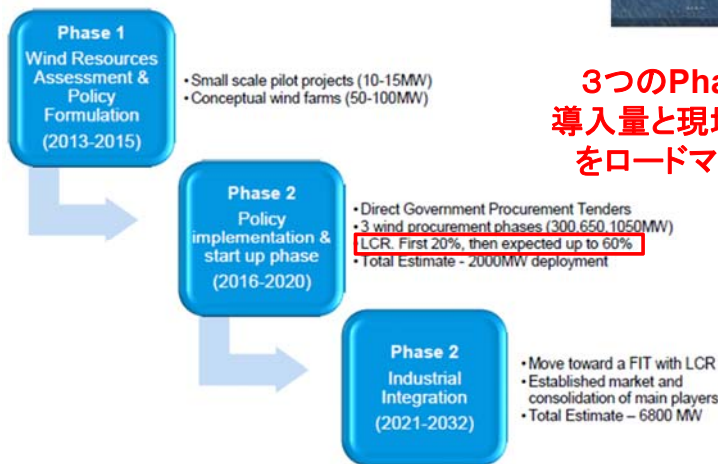
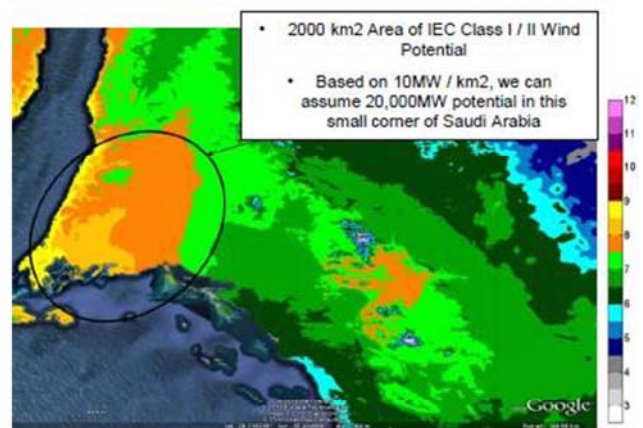
Country	Solar - CSP	Solar - PV	Wind	Other
Algeria	25 MW by 2013, 525 MW by 2015, 1500 MW by 2020, 7 200 MW by 2030	6 MW by 2013, 182 MW by 2015, 831 MW by 2020, 2 800 MW by 2030	10 MW by 2013, 50 MW by 2015, 270 MW by 2020, 2 000 MW by 2030	N/A
Bahrain	N/A	N/A	N/A	N/A
Comoros	N/A	N/A	N/A	N/A
Djibouti	N/A	N/A	N/A	N/A
Egypt	1 100 MW by 2020, 2 800 MW by 2027	220 MW by 2020, 700 MW by 2027	7 200 MW by 2020	2 800 MW hydro by 2020
Iraq	N/A	N/A	N/A	N/A
Jordan	300 MW by 2020	300 MW by 2020	1 200 MW by 2020	N/A
Kuwait	1 150 MW by 2030	-3 000 MW by 2030	127 MW by 2030	N/A
Lebanon	N/A	N/A	60-100 MW by 2015, 400-500 MW by 2020	15-25 MW biogas by 2015, 40 MW hydro by 2015
Libya	125 MW by 2020, 375 MW by 2025	129 MW by 2015, 344 MW by 2020, 844 MW by 2025	260 MW by 2015, 600 MW by 2020, 100 MW by 2025	N/A
Mauritania	N/A	N/A	31.5 MW by 2014	N/A
Morocco	2 000 MW by 2020	2 000 MW by 2020	2 000 MW hydro by 2020	N/A
Oman	N/A	N/A	N/A	N/A
Palestine	20 MW	45 MW	44 MW	21 MW Waste to Energy
Qatar	N/A	100 MW by 2015, 640 MW by 2020	N/A	N/A
Saudi Arabia	25 000 MW by 2032	16 000 MW by 2032	9 000 MW by 2032	3 000 MW waste-to-energy and 1 000 MW (geothermal) by 2032
Sudan	50 MW by 2031	667 MW by 2031	680 MW by 2031	54 MW biomass, 63 MW Small scale hydro, 68 MW waste-to-energy by 2031
Syria	50 MW by 2025	45 MW by 2015, 380 MW by 2020, 1 100 MW by 2025, 1 750 MW by 2030	150 MW by 2015, 1 000 MW by 2020, 1 500 MW by 2025, 2 000 MW by 2030	140 MW biomass by 2020, 260 MW biomass by 2025, 400 MW biomass by 2030
Tunisia	500 MW by 2030	140 MW by 2016, 1 500 MW by 2030	430 MW by 2016, 1 700 MW by 2030	40 MW biomass by 2016, 300 MW biomass by 2030
Yemen	100 MW by 2025	4 MW by 2025	400 MW by 2025	200 MW geothermal and 6 MW Biomass by 2025

Sources: RCREEE (2011); REN21 (2011); Alkayygh, et al. (2012). PAN-ARAB RENEWABLE ENERGY STRATEGY 2030

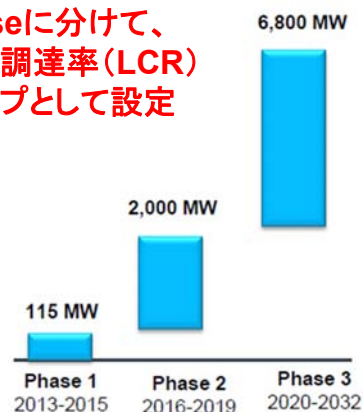
## サウジアラビアの風力市場の開発案の例

- ・紅海出口に好風況地域あり。  
約9GW分の開発ポテンシャル。  
但し、都市部から遠い。
- ・また、政治体制が王政なので  
事業の透明性(Transparency)  
がなく、事業リスクが高い。

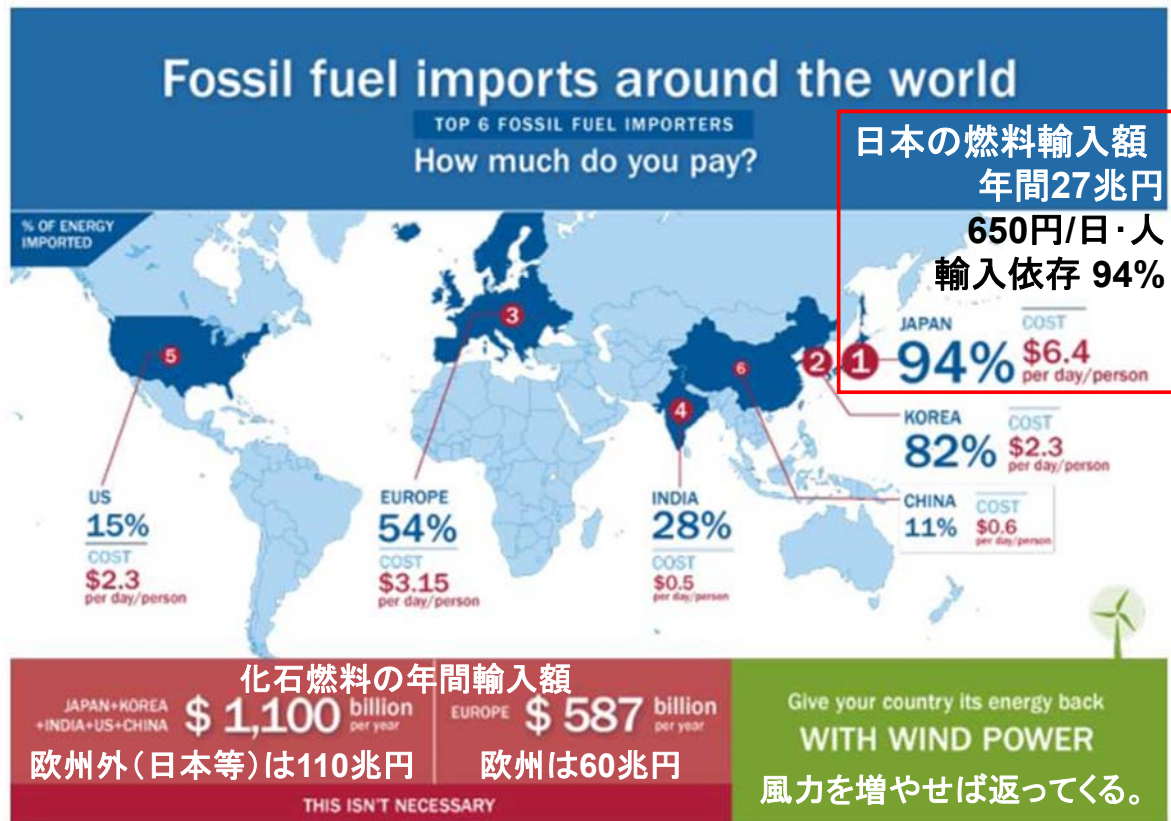
### Excellent wind resources Snapshot View of north-west Saudi Arabia



3つのPhaseに分けて、  
導入量と現地調達率(LCR)  
をロードマップとして設定



# 化石燃料輸入への依存度は日本が最も高い



出典:今年のGlobal Wind DayのWebサイト <http://www.globalwindday.org/>

55

## 世界の中の日本の位置づけ(最後の秘境?)

必要条件が揃っているにも関わらず、  
まだ風力発電が導入されていない。

比較参考用:  
ドイツ・風力34GW  
35.7万km<sup>2</sup>(63位)  
スペイン・風力23GW  
50.6万km<sup>2</sup>(52位)

- 国土面積：37.8万km<sup>2</sup>(世界62位)
- 排他的経済水域：447万km<sup>2</sup>(世界6位)
- 人口：1.27億人(世界10位)
- 国内総生産：475兆円(世界3位)
- 年間電力需要：約1,000TWh(世界3位)
- 化石燃料輸入額：27兆円/年
- 国内エネルギー自給率：6.0%(OECD内33位)
- 風力発電導入量：2.67GW(世界18位)
- 風力発電の供給比率：0.5%(世界平均は3%)

56

日本市場への期待は大きい

Wind Expo 2014(今年2月、東京)



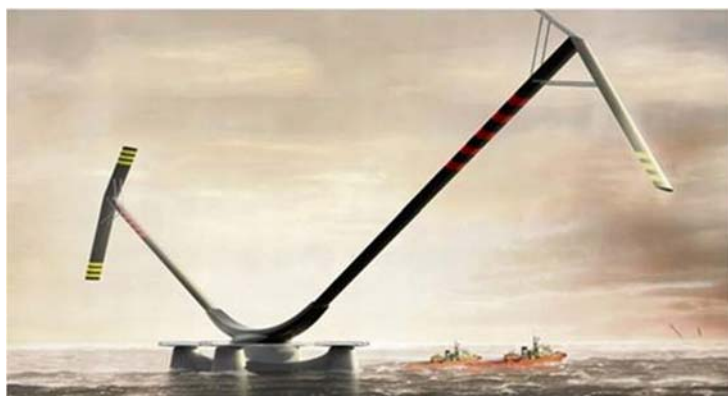
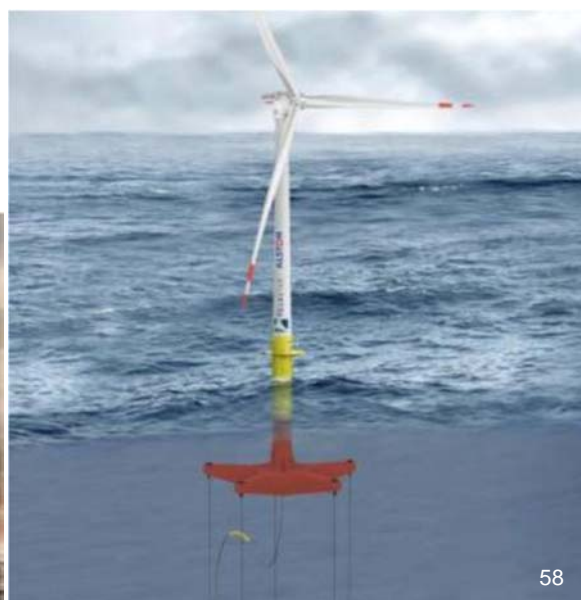
レセプションは約1000人が参加  
(内、約300人は海外から)



ケネディ米国大使も来場  
(福島PJのHPより) 57

## 目次

1. 風力発電の概要
2. 世界の状況
3. 洋上風力開発
4. 日本の風力発電のロードマップ



# 洋上風力発電

・陸上の適地に風車を建て尽くした欧州では、障害物がなく、強風が吹く北海やバルト海に、大規模な洋上ウィンドファームが続々と建設されています。

・欧州の洋上風力発電は2013年末で7GWが運転中、6GWが建設中です。2030年には150GWまで増やす計画です。  
 ・日本でも着床式と浮体式の双方のタイプの研究開発が始まっています。

スウェーデン マルメ  
 リルグランド洋上ウィンドファーム  
 2.3MW × 48台 = 110.4MW

2007 / 9 / 3

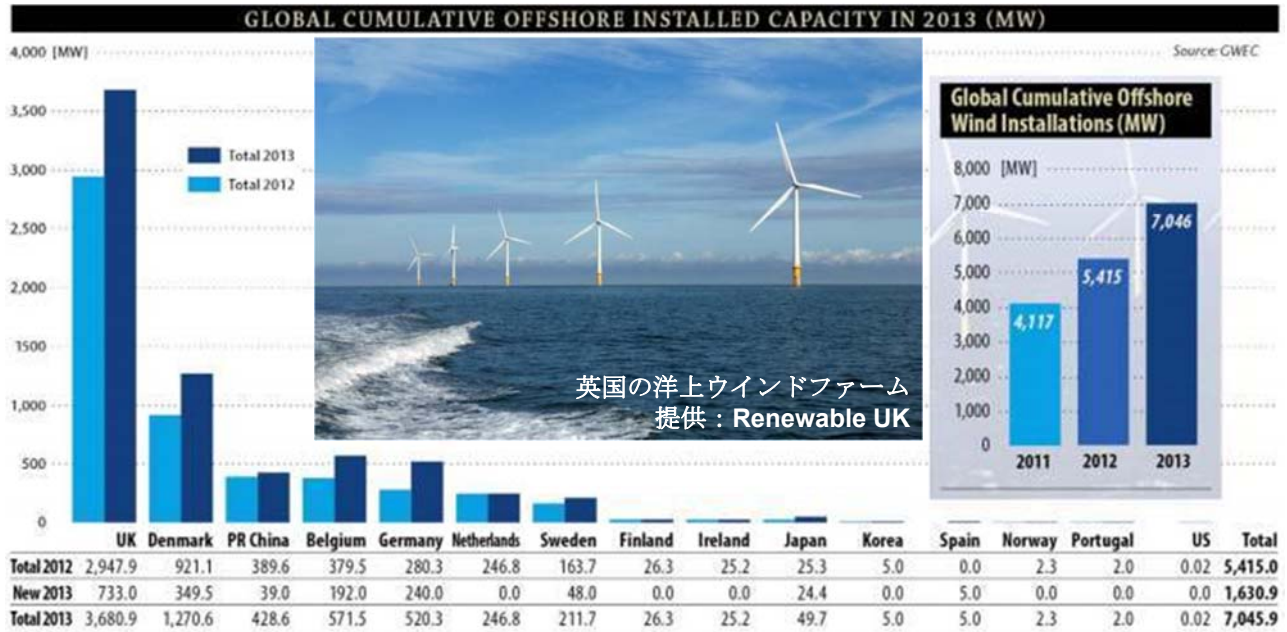
欧州では既に洋上風力が多数のサイトで運転中

## Offshore knowledge and experience 2002-2009



# 欧州では洋上風力発電が本格化

- ・陸上の適地が飽和してきたので、北海沖の洋上風力に進出。
- ・累積で**700万kW**・2153台（日本風力累計267万kWの2.6倍）が運転中。
- ・新規運開は、昨年2013年だけで**175万kW**（22サイト・485台）。出典：BTM
- ・建設中は、今年運開が**354万kW**、来年運開予定が**241万kW以上**。



出典：GWEC Global Wind Report 2013

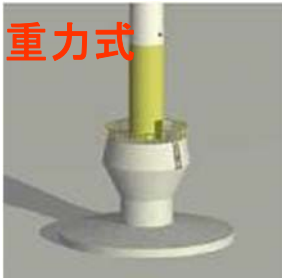
61

浅い←

## 洋上風車の基礎のタイプ

→深い

重力式



モノパイル式



ジャケット式



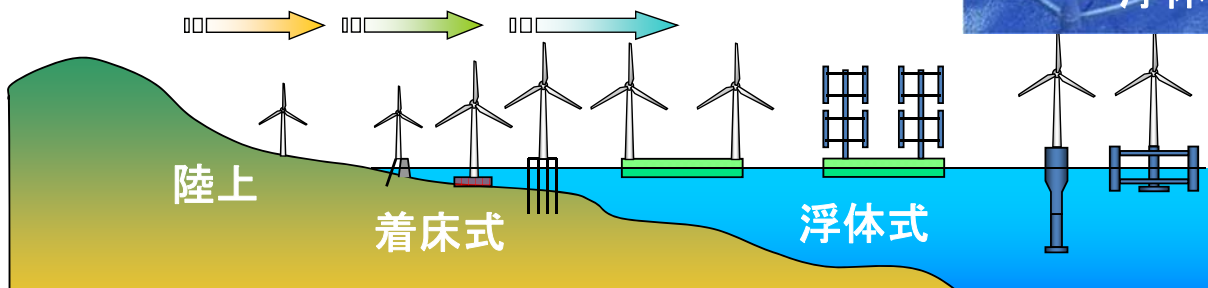
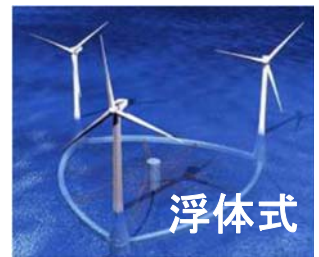
トライポッド式



ドルフィン式

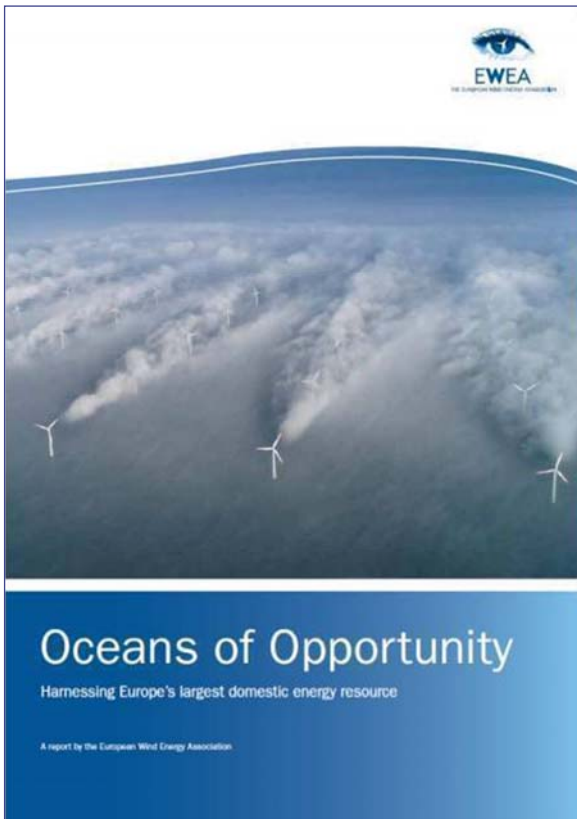


浮体式



62

# 欧州では洋上風力発電(着床式) が既に商業化している



## ドイツのAlpha Ventus 洋上国プロ

- ・ドイツの洋上風力発電実証の国家プロジェクト。独風車メーカー (REpower社、Multibrud社) の5MW風車12台(60MW)。2009年10月に運転開始。
- ・ドイツ政府はこのPJで、13兆円の投資と3万人の新規雇用を見込む。





## ➤ 洋上風力発電の事業が成功するための条件

- 風況・海象が良く、浅水深(着床式)で、港に近い広大な海域。
- 許認可の取得(環境アセス、航路、漁業、系統連系)が容易。  
公的なゾーニング(開発可能海域の指定)が望ましい。
- 超大型風車、建設専用船(SEP)、出荷拠点港、海底送電線、  
などの事業をサポートするインフラの充実。
- 上記インフラ投資を成立させる大規模な長期導入目標。
- よりコストの安い陸上風力市場が飽和していること。



- 世界で上記条件が整って、洋上風力発電の市場が成立しているのは欧州の北海・バルト海のみ。
- 中国は独自に洋上開発を遂行中。
- 韓国・台湾・日本は、国プロによる実証段階。日本では、まず  
港湾周辺の好条件の海域から具体化する見込み。
- 米国は実証プロジェクトが開始直前。
- インドは計画段階。

65



66

## ➤ デンマークの三菱Vestas洋上風力合併会社の風車出荷拠点の様子

### MVOW社：洋上風車仮組立・積出拠点①



#### 【組み立て待ちのナセル】

- 200～300m程度の長さになり、組み立て中のナセルが置かれている。ここで、部品等の組立てから、出荷前の製品の性能試験までが行われている。
- 奥に行けば行くほど、完成品に近づいている(写真は、3MW級風車のナセル)通常、完成まで、135時間程度の時間を要する。

#### 【ナセルの内部】

- ナセルの内部も見学。一度に、大人7～8人が内部に入っても余裕の広さ。洋上風力では、洋上での設備修理費が高いため、機体の信頼性向上が、運営費用(OPEX)の低減にとって極めて重要。このため、設備の試運転等の品質検査も念入りに実施。



#### 【風車のブレード】

- 巨大な洋上風車のブレード。翼長は、約57m。
- ブレードは、完成品が仮組立・積出拠点まで、トラックで運ばれ、出荷まで保管される。
- ブレードのナセルへの取り付けは、洋上で行われる。

出典：資源エネルギー庁 新エネルギー小委員会 欧州調査報告 2014年8月8日  
[http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene\\_shinene/shin\\_ene/002\\_haifu.html](http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene_shinene/shin_ene/002_haifu.html)

67

### MVOW社：洋上風車仮組立・積出拠点②



#### 【タワー】

- 写真の巨大クレーンを用いて、この基地に運搬されてきたタワーを垂直に立て、積み出しに備えている。
- 写真の3MW機で、タワーの高さは約65m程度。現在実証中の8MW機では、これが110m程度となる予定。

#### 【運搬船への積み込み】

- 基地内で垂直に立てられたタワーは、垂直のまま運搬船に積み込まれる。



#### 【運搬】

- 発電サイトまで、運搬。一度に8本程度のタワーを運搬することが可能。

68

# 洋上風車の出荷拠点(積出港)

EWEA 2009 Stockholm 14-16 September – Port of Esbjerg



69

## 独BremerhavenのSenvion社のナセル工場



出荷港は、重量物をマテハンできるだけの地耐力(say 50トン/m<sup>2</sup>)と大型クレーンを整備



70

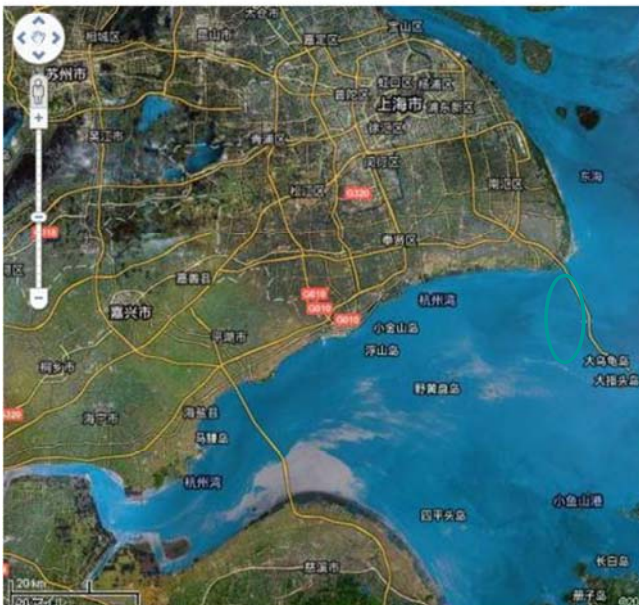
## Bremerhavenの洋上風車基地



71

## 中国の洋上風力開発：上海東海大橋洋上サイト

中国Sinovel(華銳)社の  
3MW風車×34台  
内21台が2009年中に運転開始



72

# 米国の洋上計画

# US moves closer to building first projects

エネルギー省(DOE)が、2014年5月に  
 ・Atlantic Ciyu沖(⑥、25MW、着床式)  
 ・Seattle沖(①、30MW、浮体式)  
 ・Virginia州沖(⑧、12MW、着床式)  
 の3 projectsに各4700万ドル補助を決定。

Offshore wind is, at last, firmly on the US renew- finally looking likely to shift from the drawing t reports, America's offshore pioneers are not rea

Windpower Offshore  
 2014年6月号より

ENERGY & ENVIRONMENT

## U.S. Awards 3 Wind Power Grants

By DIANE CARDWELL and MATTHEW L. WALD MAY 7, 2014

The long-promised potential of offshore wind development along American coastlines took a step toward fruition on Wednesday as the Department of Energy pledged up to \$47 million each to three projects it previously supported.

The grants are intended to help the projects, off the coasts of New Jersey, Oregon and Virginia, begin delivering electricity by 2017.

"Offshore wind offers a large, untapped energy resource for the United States that can create thousands of manufacturing, construction and supply chain jobs across the country and drive billions of dollars in local economic investment," Ernest J. Moniz, the energy secretary, said in a statement.

The announcement represents the next phase of an Energy Department push to invigorate the industry by promoting innovation to help bring the cost of offshore wind power into line with that of conventional electricity production.

It came on the same day that Siemens said it would move the headquarters of its power-generating operations to the United States, not only to capitalize on the booming oil and gas industries but also with an eye on the potential growth of the offshore wind industry.

Far more advanced in Europe, the harnessing of offshore wind has yet to take root in the United States. It has been stymied by engineering, permitting and financing challenges, as well as political and community opposition in some corners.

After years of delays, the US's offshore wind industry is gaining traction. The sector remains at least 20 years behind Europe's, and hurdles yet to be cleared include ongoing policy uncertainty and waverin political will both at state and federal level, plus the extensive availability of land for onshore wind and lower electricity prices.

But at long last, two utility-scale projects are on track for full or partial completion in 2015 or 2016: Deepwater Wind's Block Island 300MW demonstration site and EMI's 468MW Cape Wind, both off New England, where load centres are coastal, electricity prices are high and policymakers have offered support. Indeed, both have qualified for the 30% investment tax credit (ITC), say the developers. No other US offshore projects have done so, according to analysts.

### Progress at last

"There's been a significant breakthrough in the last year or so," says Navigant's Bruce Hamilton, principal investigator for a yearly assessment of the offshore market for the US Department of Energy (DOE). Analysts blame national and state policy for having created the worst bottlenecks, but note the impetus of the December 2013 deadline for ITC eligibility, which meant construction had to start by year-end.

Hamilton cites recent progress among some states, including Maryland's Offshore Wind Energy Act of 2013, which established renewable energy credits (RECs) for up to 200MW of offshore wind. He also points to ever more aggressive renewable portfolio standards.

This year looks relatively positive. Some analysts say the ITC that expired at the end of last year will be extended retroactively, for two years, although others are not so sure. The US Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) is expected to auction off up to three leases for commercial wind energy projects in 2014 — off Maryland, and possibly off New Jersey and Massachusetts.

The New York State Energy Research and Development Authority has been considering ways to boost offshore wind, says Hamilton, whose consultancy was working with the agency. New York state also has relatively high electricity prices.

Still, no more than a handful of projects is expected

to be completed by 2020, even though waiting can be costly. Deepwater Wind is paying an annual rent of \$500,000 for two blocks off Massachusetts and Rhode Island, having won the rights in August 2013. Navigant's DOE report, published in October, cited 13 (CONTINUED)



Project	Capacity, MW	Developer	Target online
① WindFloat	30	Principle Power	2017
② Aqua Ventus	12	DeepCalm	2018
③ Cape Wind	466	EMI	2016
④ Deepwater ONE	1,000	Deepwater Wind	2018
⑤ Block Island	30	Deepwater Wind	2016
⑥ Atlantic City	25	Fishermen's Energy	2015
⑦ Maryland Offshore Wind	200	Apex Class	2020
⑧ Virginia Offshore Wind Technology Advancement	12	Donalson Virginia Power	2017
⑨ Icebreaker	27	Lake Erie Energy Development Corporation	2017
⑩ 60Wind	18	Baryways	2017

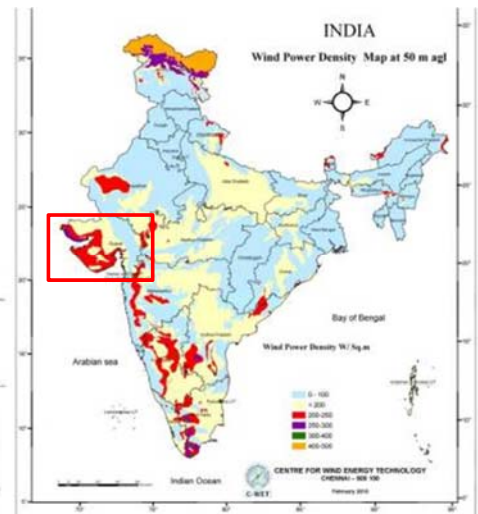
WINDPOWER OFFSHORE SPECIAL REPORT JUNE 2014 5

# インドの洋上風力計画

# Dipping a toe in the Indian Ocean

Windpower Offshore  
 2014年6月号より

India is getting serious about exploiting the offshore wind resources on its southern and western coasts, importing European know-how and technological resources to kickstart its nascent sector. Suhas Tendulkar analyses the progress so far



With nearly 7,500 kilometres of coastline and an exclusive economic zone of more than two million square kilometres, India has vast areas available for the development of offshore wind power. Preliminary assessments suggest good potential off the coasts of Tamil Nadu and Kerala states in southern India, Maharashtra in the west, and Gujarat in the north-west.

Several state-sponsored and independent studies — based on modelled data — indicate this potential. One study carried out for Tamil Nadu by Denmark's Risø National Laboratory for Sustainable Energy estimated nearshore mean wind speeds of about 4-5 metres per second (m/s), rising to 7.6m/s further offshore at a hub height of ten metres.

### Guess work

Indicative offshore wind speeds for potential sites off the coast of Gujarat in the north-west have also been estimated. They point to average speeds in the 7-8.5m/s range at hub heights of 50-80 metres. However, none of these resource estimations are based on actual site data. On-site measurement of some offshore locations has only recently started under the supervision of the Centre for Wind Energy Technology, a newly formed autonomous organisation under the administrative control of the new and renewable energy ministry.

India released its draft offshore policy in May 2013,



formulated by the Offshore Wind Energy Steering Committee, which is responsible for providing overall policy guidance and support to the National Offshore Wind Energy Authority (NOWA), the agency responsible for implementing offshore wind power. NOWA will coordinate with all concerned ministries to facilitate clearances, carry out preliminary resource assessments and manage contracts with developers.

The draft offshore policy moots incentives such as

WINDPOWER OFFSHORE SPECIAL REPORT JUNE 2014 11

北西のGujarat州  
 沿岸の洋上開発  
 に、EU議会と  
 GWECが協力

Many state-owned entities and private players have shown interest in investing in offshore wind. The Oil and Natural Gas Corporation, a state-owned oil business first expressed interest in developing offshore wind in 2012. Tata Power, one of the country's largest power-generation companies, has also indicated its willingness to invest in offshore, off the Gujarat coast.

More recently, a four-year, €4-million European Union-funded project to facilitate offshore wind in India, known as Fowind, was launched with the Global Wind Energy Council as lead partner, and the World Institute of Sustainable Energy, Centre for Science, Technology and Policy and DNV-GL as consortium partners. Fowind's main objective is to assist India's transition towards low-carbon development by supporting implementation of national policies and programmes for offshore wind-power development in the states of Gujarat and Tamil Nadu. It aims to do this mainly through offshore resource assessment and by developing a project implementation framework. State-owned Gujarat Power Corporation has already committed €500,000 to the project, with a focus on developing offshore wind farms off the Gujarat coast.

# ➤ 日本の洋上風力開発の現状

- ・これまでは国プロが先導。  
民間は沿岸部の「ウインド  
パワーかみす」のみ。
- ・洋上風力発電のFIT価格が  
36円/kWhに決定。
- ・商業洋上風力プロジェクトが  
今後、具体化していく。
- ・港湾周辺が好条件(漁業権が  
消失、港湾長に許認可集約、  
既存産業インフラ活用)。



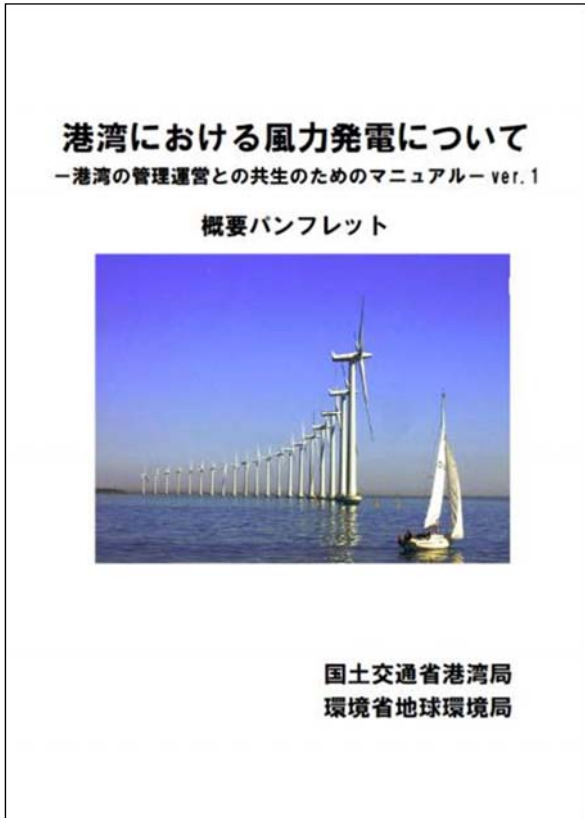
# ➤ 日本の洋上風力開発の現状

洋上風力発電の実績と計画

JWPA洋上技術WGまとめ

区分	形式	設置(計画)海域	事業区分等	出力 (MW)	基数 (基)	施設出力 (MW)	備考	
稼働中	着床式	北海道 瀬棚港	売電事業	0.6	2	1.2		
		山形県 酒田港		2.0	5	10.0		
		茨城県 鹿島港沿岸		2.0	15	30.0	かみす洋上風力	
		千葉県 銚子沖		2.4	1	2.4	NEDO	
	浮体式	福岡県 北九州市沖	実証事業	2.0	1	2.0	NEDO	
		長崎県 五島市杵島沖		2.0	1	2.0	環境省	
		福島県 福島県沖		2.0	1	2.0	経産省	
計						49.6		
計画中	着床式	北海道 稚内港	港湾計画反映済	5.0	2	10.0		
		石狩湾新港		2.5	40	100.0	アクセス方法書手続中	
		青森県 むつ小川原港	港湾計画検討中	2.5	32	80.0	アクセス方法書手続中	
		秋田県 能代港		5.0	14	70.0	H27公募	
		秋田県 秋田港	5.0	15	75.0	H27公募		
		山形県 酒田港	5.0	3	15.0	H27公募		
		茨城県 鹿島港	港湾計画反映済	5.0	50	250.0	建設準備中	
		静岡県 御前崎港		4.5	9	40.5		
	福岡県 北九州港	港湾計画検討中						
	山口県 下関市安岡沖	一般海域	4.0	15	60.0	アクセス方法書手続中		
	浮体式	福島県 福島県沖	実証事業	7.0	2	14.0	経産省、H27年度までに設置	
		新潟県 粟島浦村沖	実証フィールド				小型プロトタイプ向け	
		佐賀県 唐津市加部島沖	実証フィールド				浮体式潮流・風力ハイブリッド発電	
		長崎県 五島市杵島沖	実証フィールド					
計						714.5		
合計						764.1		

# ➤ 国土交通省が港湾部の洋上風力開発を支援



## 2. 港湾における風力発電導入の手順

マニュアルでは、下記の手順による風力発電の導入を提示しています。

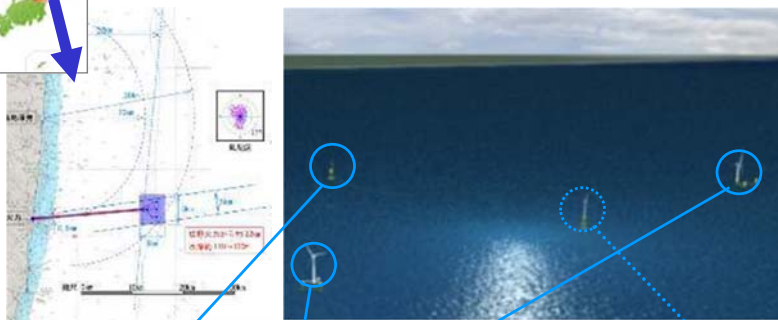


- ① 港湾管理者が必要に応じて、船舶航行の安全など港湾の管理運営と風力発電との共生を図る観点での検討を行った上で、風力発電の適地の設定を行います。
- ② 適地は、その港湾の港湾計画などに位置づけられます。
- ③ 実際に事業を行う風力発電事業者は、港湾管理者の公募によって決まります。
- ④ ①～③では、港湾毎に設置する「再生可能エネルギー導入検討協議会(仮称)」の助言や支援を受けます。
- ⑤ 事業開始後も、港湾管理者が中心となってモニタリングを行います。

国土交通省 港湾における風力発電位について  
<http://www.mlit.go.jp/common/000216101.pdf>

## 福島県沖浮体式風車実証研究(経産省の国プロ)

本開発は、経済産業省「浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業」に参画、事業支援を得て推進中。三菱は、7MW風車2基と浮体1基を供給する予定。



2013 洋上変電所

風車本体  
浮体



2013 浮体式風車 2MWx1基

Hitachi 2MW  
Mitsui



2014~ 浮体式風車 7MWx2基

MHI 7MW  
MHI



2014~ 浮体式風車 7MWx2基

7MW級  
IHI-MU



三菱7MW油圧ドライブ風車  
+三菱セミサブ式浮体

# ➤ 浮体式洋上風車は世界で競争中！



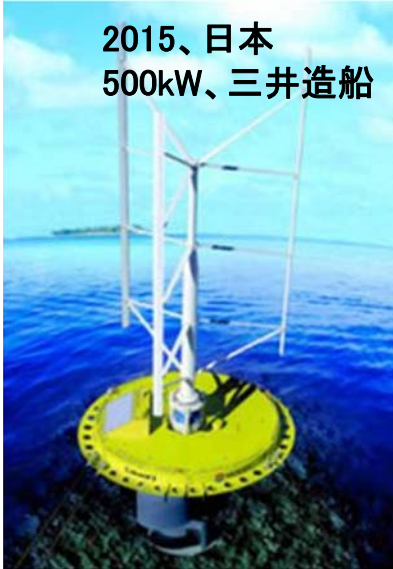
2013、米国  
20kW、Maine大



2012  
ポルトガル  
WindFloat PJ  
2MW  
EDP



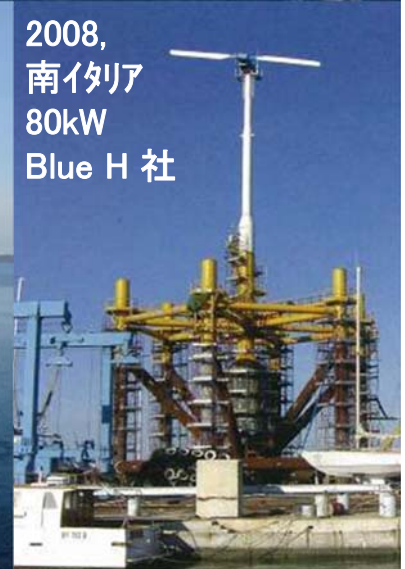
2009、ノルウェー  
モデル機、SWAY社



2015、日本  
500kW、三井造船



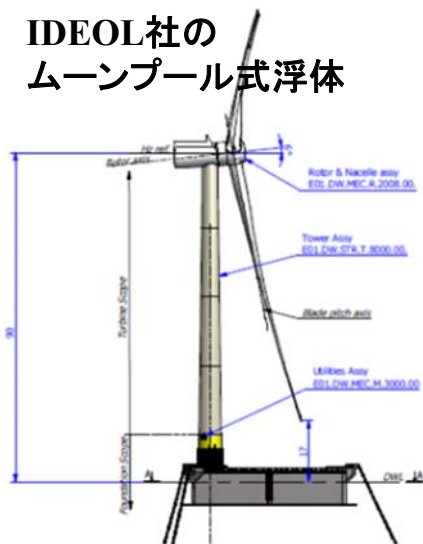
2011、ノルウェー、Hywind PJ  
2.3MW、Statoil Hydro 社



2008、  
南イタリア  
80kW  
Blue H 社

## フランスの浮体式洋上風車の研究開発

IDEOL社の  
ムーンプール式浮体



DCNSとVass&Wind  
によるWinFlo PJ



DeepWind社の  
Vertiwind PJ  
(垂直軸風車35kW、  
2011/6から試験中)





# 浮体式は実機レベルの技術実証は完了しつつある。 次は30MW規模でコストダウン&経済性検証へ。

## 技術実証： 2MW以上の商用風車を適用したプロジェクト

- 2009年 HyWind PJ ノルウェー沖 2.3MW+スパー型浮体
- 2011年 WindFloat PJ ポルトガル沖 2MW+セミサブ型浮体
- 2013年 FOWIND PJ 長崎県杵島沖 2MW+スパー型浮体  
FukushimaFORWARD 福島沖 2MW+セミサブ型浮体
- 2015年 FukushimaFORWARD 福島沖 7MW+セミサブ型浮体  
FukushimaFORWARD 福島沖 8MW?+スパー型浮体?  
FloCan PJ スペインCanary諸島 2MW+セミサブ型浮体

## 経済性実証： 30MW級PJ。2016・17年頃に竣工予定で予算が確保されたもの。

- HyWind PJ: Scotland北東沖 6MW×5台=30MW、スパー型浮体
- WindFloat PJ: 米国シアトル沖 6MW×5台=30MW、セミサブ型浮体
- BELLA PJ: スペインBiscay湾 (5MW+8MW)×2台=26MW、TLP式浮体
- FloCan5 PJ: スペインCanary諸島 5MW×5台=25MW、セミサブ型浮体
- フランス国プロ: Biscay湾 IDEOL・WinFlo・VertiWind等が予算獲得を競争中

81

## 目次

1. 風力発電の概要
2. 世界の状況
3. 洋上風力開発
4. 日本の風力発電  
のロードマップ



82

# 一般社団法人 日本風力発電協会とは？



## ■ 沿革

- 2001年12月17日：任意団体設立
- 2005年 7月 4日：有限責任中間法人設立
- 2009年 5月27日：一般社団法人へ移行
- 2010年 4月 1日：風力発電事業者懇話会と合併



## ■ 基本理念

- 我が国のエネルギーセキュリティ向上ならびに地球環境問題の解決に貢献する。
- 全ての関連産業、企業が集結して、風力発電産業の健全な発展を図る。
- 我が国を代表する風力発電業界団体として、その責務を強く自覚し、行動する。
- 内外に影響力を行使できる機能・能力を持つとともに、説明責任を果たし、コンプライアンスを維持する。

## ■ 会員構成

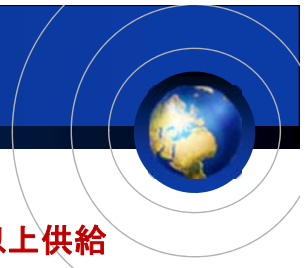
- 風力発電に係る全ての業種 **251社**(2014年8月22日現在)
  - 風力発電事業者、風車メーカー、風車代理店、部品メーカー
  - 土木建築、電気工事、輸送建設、メンテナンス、コンサルタントなど
- 国内風力発電設備容量の**約85%**を会員企業がカバー

## 「風力発電導入ポテンシャルと中長期導入目標 V4.3」 を2014年5月末に発表

The screenshot shows the JWPA website interface. The main content area features a large image of a wind farm in a green landscape. The text on the page reads: "2014年06月01日 風力発電導入ポテンシャルと中長期導入目標 V4.3". Below the image, there is a detailed text block explaining the report's significance, mentioning that it is the latest version of the report published in February 2008, updated with the latest data and projections for 2030. The text also includes a link to the report: <http://www.jwpa.jp/2014-0601starekokuhyou.pdf>.

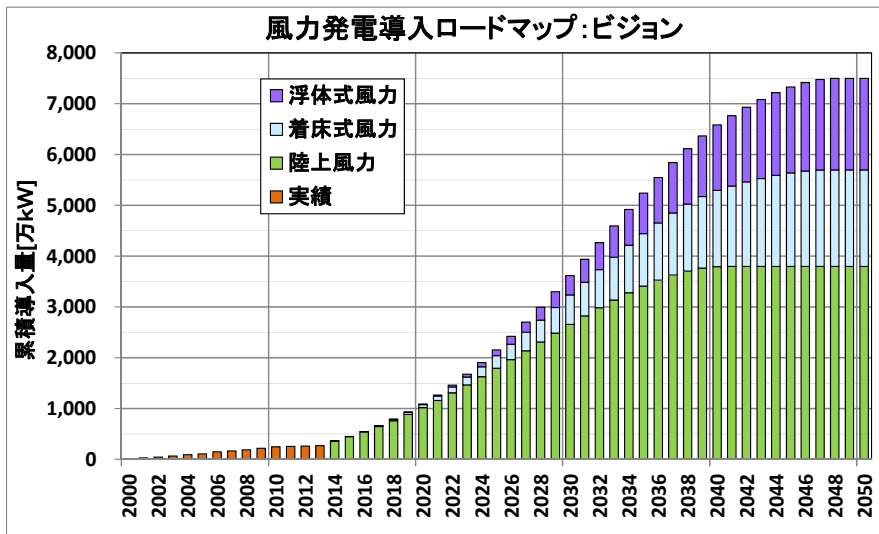
The graphic features a blue background with three wind turbine icons at the top. The main text reads: "風力発電導入ポテンシャルと中長期導入目標 V4.3". Below this, there is a globe icon and the text: "2014年5月 一般社団法人 日本風力発電協会 <http://jwpa.jp>". The graphic also includes two smaller images: one of a sunset over a city skyline and another of a wind turbine in a field. The JWPA logo is visible at the bottom right of the graphic.

# 日本の風力発電のロードマップ (JWPAビジョン)



## ■ ビジョンの基本条件

2050年度需要電力量(シナリオA)に対して、風力発電から約20%以上供給



年度	風力発電導入実績と導入目標値[万kW]				発電電力量 [億kWh]
	合計	陸上	着床	浮体	
2010	248	245	3	0	43
2020	1,090	1,020	60	10	230
2030	3,620	2,660	580	380	840
2040	6,590	3,800	1,500	1,290	1,620
2050	7,500	3,800	1,900	1,800	1,880

2050年度推定需要電力量(シナリオA)に対して、風力発電から約20%供給可能  
2050年度推定需要電力量(シナリオB)に対して、風力発電から約25%供給可能  
発電電力量は、2010年以前に建設した発電所設備利用率を20%として算出

2050 日本低炭素社会シナリオ(環境省戦略研究開発プロジェクト:2008年6月)

[http://2050.nies.go.jp/report/file/lcs\\_japan/2050\\_LCS\\_Scenario\\_Japanese\\_080715.pdf](http://2050.nies.go.jp/report/file/lcs_japan/2050_LCS_Scenario_Japanese_080715.pdf)

シナリオA:9,300億kWh ・利便性・効率性の追求から都市への人口・資本の集中が進展。

シナリオB:7,580億kWh ・ゆとりある生活の追求により地方に人口・資本が分散化。

# JWPA導入目標と2012年時点の導入目標

- 国家戦略室:エネルギー・環境会議\*1
- 経済産業省:総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会\*2
- 環境省:中央環境審議会 地球環境部会\*3
  - 地域間連系線を活用した一体的運用を想定  
(地域間連系線の容量制約などは考慮していない)



		2020		2030		2050		単位: 百万kW
		陸上	洋上	陸上	洋上	陸上	洋上	
国家戦略室	RE 35%	11.7	0.5	39.5	8.0			
	RE 30%	9.1	0.4	29.0	5.9			←
	RE 25%	5.5	0.03	14.7	2.9			
経済産業省	Case-1	12.0	0.6	51.4	8.6			
	Case-2	8.0	0.4	30.0	5.0			←
	Case-3	5.7	0.3	12.9	2.1			
環境省	高位	11.0	0.5	23.7	8.8	35.0	35.0	←
	中位	10.7	0.4	21.7	7.1	27.0	23.0	
	低位	7.5	0.03	16.2	5.1	18.0	12.0	
JWPA	2012年策定	10.8	0.5	21.2	7.6	25.0	25.0	
	2014年策定	10.2	0.7	26.6	9.6	38.0	37.0	←←

\*1:エネルギー・環境会議(2012-6-29) <http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20120629/shiryo1.pdf>

\*2:基本問題委員会(2012-4-16、他) <http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonmondai/19th/19-1.pdf>

\*3:地球環境部会(2012-3-2、他) <http://www.env.go.jp/council/06earth/y0613-11/ref01-2.pdf>

# 経済波及効果と雇用創出効果(算定結果)



- 建設関係 : 更新を含む単年度生産量(建設量)による。
- O&Mと保険関係 : 該当年度における累積導入量による。
  - 累積導入量増加に伴い、O&Mと保険関係 による効果が大きくなる。  
⇒O&Mは、地元密着

年度	内訳	単位	合計	建設	O&M、保険
2020	総建設費、直接費	億円	6,140	4,980	1,160
	経済波及効果	億円	11,330	8,980	2,350
	雇用創出効果	千人	74	59	15
2030	総建設費、直接費	億円	16,350	10,090	6,260
	経済波及効果	億円	30,440	18,030	12,410
	雇用創出効果	千人	197	121	76
2050	総建設費、直接費	億円	22,810	8,110	14,700
	経済波及効果	億円	44,840	14,520	30,320
	雇用創出効果	千人	290	97	193

# CO2削減効果(JWPAビジョン)



- 風力発電による発電電力量に、排出係数代替値(0.550kg-CO<sub>2</sub>/kWh)\*<sup>1</sup>から風力発電ライフサイクル排出量(0.025kg-CO<sub>2</sub>/kWh)\*<sup>2</sup>を減じて算出
  - 日本の温室効果ガスの総排出量は、京都議定書第一約束期間(2008~2012年度)の5ヶ年平均で、12億7,800万トン\*<sup>3</sup>(2012年度は、13億4,300万トン)
  - 2050年度におけるCO<sub>2</sub>削減量は、上記の7.7%に相当

年度	内訳	単位	合計	陸上	着床	浮体
2020	設備容量	万kW	1,090	1,020	60	10
	発電電力量	億kWh	230	212	16	3
	CO <sub>2</sub> 削減量	万t-CO <sub>2</sub>	1,214 (1.0%)	1,116	82	16
2030	設備容量	万kW	3,620	2660	580	380
	発電電力量	億kWh	840	571	152	117
	CO <sub>2</sub> 削減量	万t-CO <sub>2</sub>	4,413 (3.5%)	3,002	799	612
2050	設備容量	万kW	7,500	3,800	1,900	1,800
	発電電力量	億kWh	1,880	830	500	550
	CO <sub>2</sub> 削減量	万t-CO <sub>2</sub>	9,888 (7.7%)	4,369	2,621	2,897

\*1: 環境省: 温対法に基づく政府及び地方公共団体実行計画における温室効果ガス総排出量算定に用いる平成24年度の電気事業者ごとの排出係数等の公表について(平成25年12月)

<https://www.env.go.jp/press/press.php?serial=17532>

\*2: 電力中央研究所: 電源別のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量を評価(2010年8月) <http://criepi.denken.or.jp/research/news/pdf/den468.pdf>

\*3: 環境省: 日本の温室効果ガス排出量の算定結果(2014年4月) <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/index.html?sess=6859d4604dc5a737fce-a355de0202dd2>

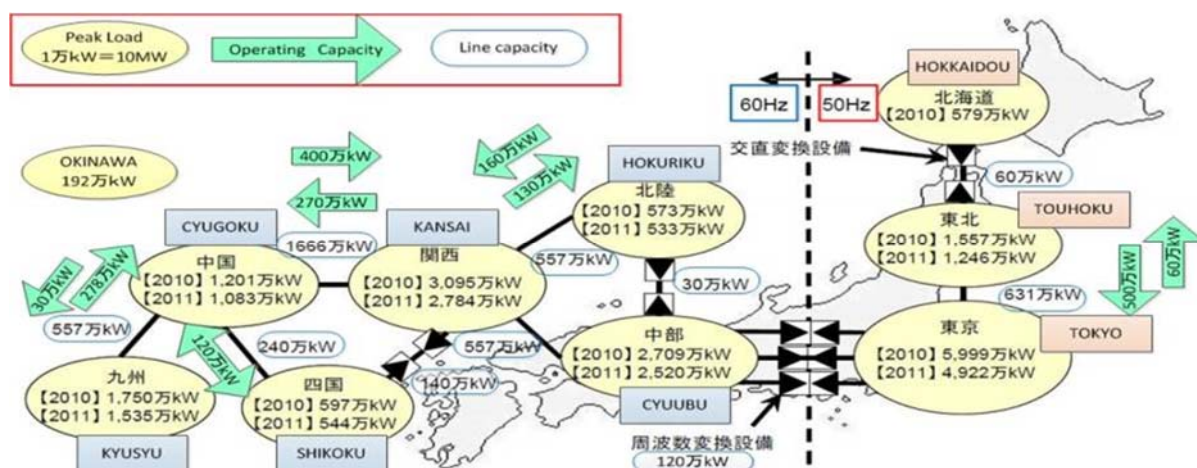
# 風力発電導入促進に向けた課題

- まずは、方針の明確化が必要
  - 国による意欲的な中長期導入数値目標の早期策定
- この導入目標を達成する手段として以下の方策が不可欠
  - 事業性の確保
    - 適正価格による長期間の買取り
      - FIT: 陸上風力の水準維持と、洋上風力の見直し
  - 抜本的な系統対策
    - 送電設備の新增設、および現行設備の最大限の活用
      - 地域間連系の強化、および地域内系統の増強
      - 変動平滑化方策の推進
  - 建設の迅速化とコストダウン
    - 規制・制度の緩和
      - 農地転用のスムーズな運用
      - 環境アセスメントの迅速化
    - 洋上風力のコストダウン
  - ファイナンスの多様化
    - ファイナンスリスク低減のための制度作り
      - プロジェクト認証やメンテナンスの基準等



# 抜本的な系統連系対策

- 風力発電の大幅な導入拡大のためには、連系設備の新增設および現行設備の最大限の活用が不可欠
  - 会社間連系線の強化、地域内基幹送電線の新增設などが必要
  - さらには、電力貯蔵設備の新增設、気象予測システムを活用した広域運用などによる変動の平準化方策も重要



## 規制・制度の緩和



### ■ 農地転用

- ・ これまで農地に設置された風力発電施設は、作業道の整備、観光客の誘致、売電収入シェアの地元還元などにより農業振興にも貢献。
- ・ 昨年までは**第一種農地**の転用が一切認められず、上記の貢献が可能な風力発電事業を新規に行うことが不可能な状態だったが、昨年の新法制定により転用が認められることになった。(政省令を整備してスムーズな運用を要望する。)



### ■ 環境アセスメント

- ・ 2012年10月から、風力発電事業にも法による環境アセスメントが義務付けられたため、コスト増および手続きの長期化が深刻化。
- ・ 現状の制度では、環境アセスメント手続に3-5年を要することから、審査の迅速化及び前倒し調査の運用に取組中。

## ファイナンスの多様化



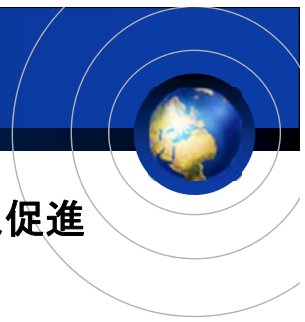
### ■ 風力発電には多額の投資が必要

- ・ 2010年度までは初期投資の約1/3(自治体は1/2)の補助金があったが、FITに移行してからはそれが無くなった為初期投資額は大幅に増加した。
- ・ 風力発電所を建設する場合、一般的にはSPC(特別目的会社)を設立し、そこに事業者が3割程度の資本を投下し、残りはプロジェクトファイナンス(プロファイ)を組成することになる。
- ・ プロファイの主な出し手は現在銀行であるが、銀行は事業者の財務内容及び事業遂行能力を見てプロファイを出す。
- ・ 従って、新規参入者や小規模事業者あるいは市民風力などにはファイナンスが付きにくい。

### ■ 今後の課題

- ・ プロジェクトの健全性を第三者が評価するようなプロジェクト認定制度を導入し、多くのプレーヤーが参入できるようにする。
- ・ メンテナンスの標準化を図り故障率の低減=投資家のリスクの低減を目指す。

# 洋上風力の推進



- 着床式及び浮体式洋上風力の研究開発・実証と導入促進
  - 日本は、海岸線が長い海洋国家
  - 世界では、着床式洋上風力の建設計画が急増
  - 日本独自の技術開発によりIEC規格への反映を行うと共に、  
**浮体式洋上風力で、世界のトップランナーへ！**



着床式：発電施設自体を海底に固定。水深50m未満



浮体式：浮体施設をチェーン等で海底に固定。水深50～200m


# 洋上風力拡大に向けての課題



課題	求められる政策
海域のゾーニング	イギリス、デンマークのような、国による洋上風力発電占有海域の確保
洋上風力に対する固定買取価格の設定	2014年度に36円/kWhが設定されたが、洋上風力の発電コスト、事業リスク等の実情を反映したものとは言えない
コスト低減	建設コスト、維持管理コストの削減
社会受容性	漁業関係者との調整、パブリックコンサルテーション制度の確立
社会基盤	港湾、建設専用船等の整備
環境保全	環境影響評価手法の確立

## 最後に

- ・風力発電は、騒音、バードストライク、景観、などの課題はあるが、現時点で“最も実用的な自然エネルギー”。
- ・環境を守り、石油への依存を減らしながら、文明的な生活を維持するには、風力発電の上手な活用が必要。
- ・風車工業は、自動車に代わる輸出産業としても有望。日本の精密機械工業とハイテク電子技術が役立つ。部品や素材への波及も多く、雇用にもつながる。
- ・日本でも、“風力産業育成の長期ビジョン”を計画して、産業と雇用を国内に呼び込むべき。
- ・洋上風力発電(着床式)は欧州では既に実用化している。浮体式の研究開発では日本が頭角を現している。日本も洋上風力発電の実用化(事業化)を図っていくべき。



ご清聴、ありがとうございました。