

洋上(陸上)風力発電(ウィンドファーム)

日本大学生産工学部
長井 浩
nagai.hiroshi@nihon-u.ac.jp



1
ウィンドパワー かみす (茨城県鹿島港湾内)

風力発電技術の進化-1990年以降の大型化

1980年からのフロンティア市場での風力タービンサイズの変遷
25年間で出力90倍、発電量285倍

2014年洋上風力は7MW時代に突入

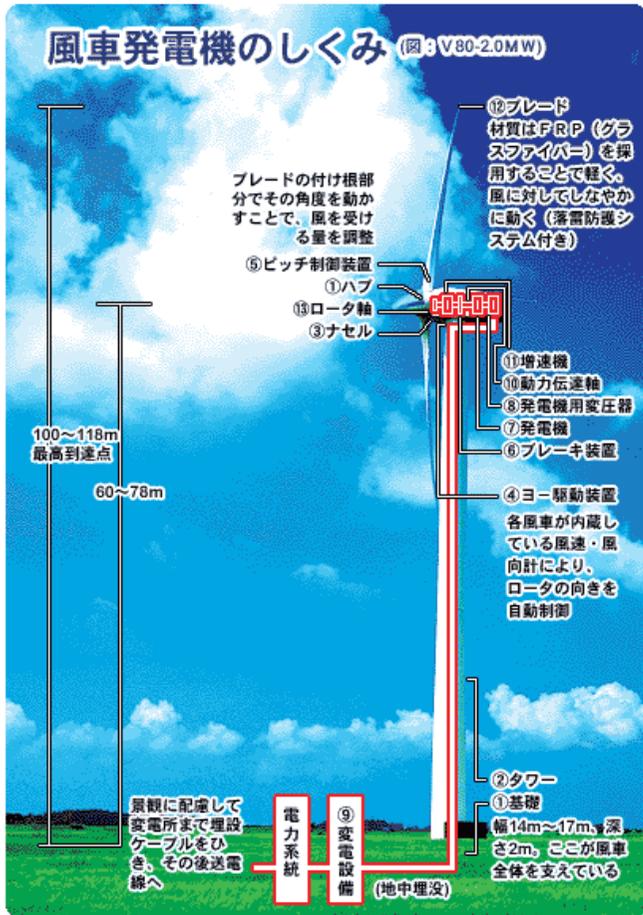


	1980	1985	1990	1995	2000	2005
定格出力	30-55kW	80-100kW	250-450kW	500-600kW	1.5-2MW	5MW
ローター直径	15 -20m	20m	30-40m	40-50m	65-80m	115-124m
ハブの高さ	25-30m	40m	40-50m	78m	80-90m	100-120m
年間発電量	35,000kWh (30kW)	95,000kWh (80kW)	400,000kWh (250kW)	1,250,000 kWh	3,500,000 kWh (1500kW)	Approx. 17,000,000 kWh

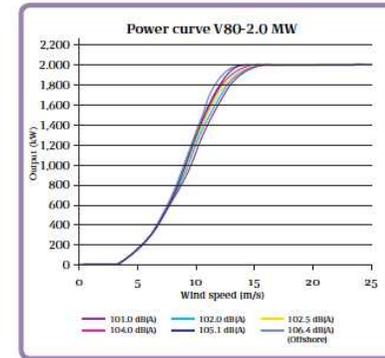
風力発電機の産出エネルギー量 (標準サイズの2MW例)

高風速サイトが必要な背景

Vestas V80-2.0MW世界シェア No.1 メーカー



横浜市 ハマウイング



The figure above illustrates the power curves at different sound levels for the V80-2.0 MW turbine, which is equipped with OptiSpeed®.

44.6%

設備利用率 13.7% 21.5% 29.6% 風速(運転モード)による発電性能

年平均風速(運転モード)の相違による年間発電量

騒音レベル	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
101.0 dB(A)	2.407	3.768	5.197	6.574	7.818	8.857
102.0 dB(A)	2.453	3.861	5.336	6.747	8.011	9.077
102.5 dB(A)	2.471	3.899	5.391	6.815	8.086	9.154
104.0 dB(A)	2.514	3.986	5.519	6.971	8.258	9.322
105.1 dB(A)	2.534	4.026	5.576	7.039	8.311	9.406

発電量[MWh]

建設コスト

陸上風車は1kW /30万円

洋上風車は1kW /60~78万円

浮体風車？

年平均風速が

5m/sから6m/sになると 発電量が 56%増加

5m/sから7m/sになると 発電量が 126%増加

⇒ 風況サイティングが重要

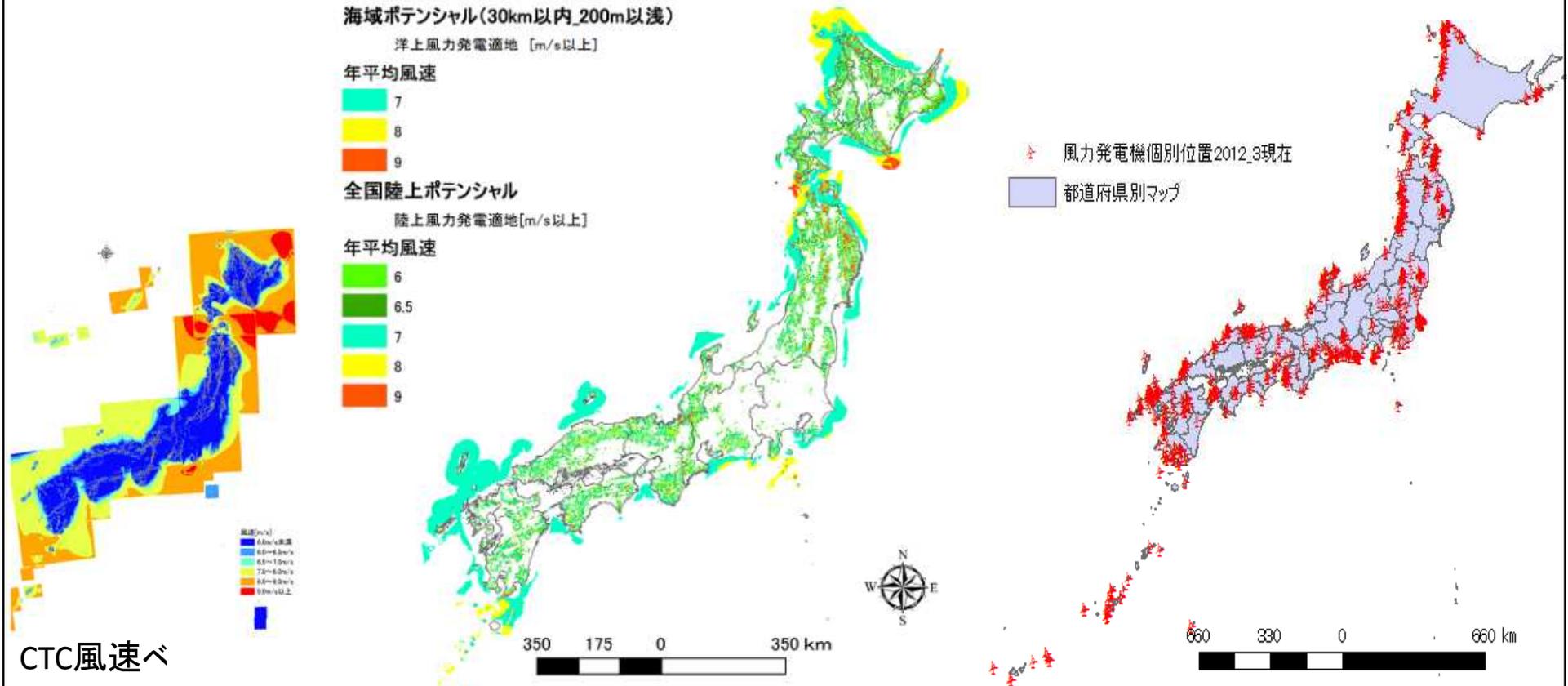
年平均風速 [m/s]	損失を考慮した発電量* [万kWh]	設備利用率 [%]
4.0	109.8	6.3
4.5	159.0	9.1
5.0	215.7	12.3
5.5	277.9	15.9
6.0	343.4	19.6
6.5	409.8	23.4
7.0	475.8	27.1
7.5	539.9	30.8
8.0	601.0	34.3
8.5	658.4	37.6
9.0	711.6	40.6

* 2000kW風車の発電量

<http://www.vestech.co.jp/>

http://www.vestas.com/Admin/Public/Download.aspx?file=Files/Filer/EN/Brochures/ProductbrochureV802_UK.pdf

陸上・洋上風力発電ポテンシャル 風力導入マップ



		*シナリオ1, 2は風速条件が異なる				単位:[MW]	
		平成21年度 環境省調査 (2000年データ)		平成22年度資源エネルギー庁基礎調査 (2000~2004年)		長井研究室 (2000年)	
		(シナリオ1*)	(シナリオ2*)	(シナリオ1*)	(シナリオ2*)	(シナリオ1*)	(シナリオ2*)
風速条件	陸上: >5.5m/s, 洋上: >6.5m/s	陸上: >6.5m/s, 洋上: >7.5m/s	陸上: >5.5m/s, 洋上: >6.5m/s	陸上: >6.5m/s, 洋上: >7.5m/s	陸上: >6.0m/s, 洋上: >7.0m/s	陸上: >6.0m/s, 洋上: >7.0m/s	陸上: >6.0m/s, 洋上: >7.0m/s
陸上		300,000	168,900	290,580	158,580	223,150	219,900
洋上(着床式)		310,000	93,830	334,850	123,090	226,360	180,400
洋上(浮体式)		1,300,000	519,490	1,165,910	685,510	1,004,280	962,000
合計		1,900,000	782,220	1,791,340	967,180	1,453,790	1,362,300

長井 環境技術
2012.9

洋上風力発電の国内施設(既設+実証研究)

～日本の洋上風力発電導入～

出典)“日本の洋上風力発電”(2012, 日本風力発電協会)

分類	形式	設置(計画)海域	事業者・委託機関	施設の名称	設置(計画)年度	施設規模(MW)	風力発電機メーカー	定格出力(kW)×基数	ロータ径(m)	ハブ高(m)	水深(m)	離岸距離(km)	支持構造 浮体構造(係留方式)	備考
自治体・民間	着床式	北海道瀬棚港	瀬棚町	風海島	2004	1.2	Vestas	600×2	47	40	13	0.7	ドルフィン	既設
		山形県酒田港	サミットエナジーホールディングス	サミットウインドパワー酒田発電所	2004	10.0	Vestas	2000×5	80	60	10	0.02	ドルフィン	既設
		茨城県鹿嶋港	小松崎都市開発	ウインド・パワーかみす洋上風力発電所	2010	14.0	富士重工業	2000×7	80	60	10	0.05	モノパイル	既設
			小松崎都市開発	ウインド・パワーかしま洋上風力発電所	2012	16.0	日立製作所 富士重工業	2000×8	80	60	10	0.04-0.05	モノパイル	建設中
		千葉県鏡子沖合	東京電力/東京大学 (NEDO実証研究)	—	2012	2.4	三菱重工業	2400×1	92	80	12	3	重力	設置予定(2013.9)
		観測塔(海面上:約95m)	2012	—	—	—	—	(95)	設置予定(2013.8)					
福岡県北九州市沖合	電源開発/港湾空港技研/CTC (NEDO実証研究)	—	2012	2.0	日本製鋼所	2000×1	83	80	14	1.5	重力・ジャケット (ハイブリッド)	設置予定(2013.1-2)		
	観測塔(海面上:約85m)	2012	—	—	—	—	(85)	設置(2012.6.30)						
国	浮体式	長崎県五島 栲島沖合	京都大学/戸田建設/富士重工業/ 芙蓉海洋/海洋安全技術研究所 (環境省 洋上風力発電実証事業)	—	2012	0.1	富士重工業	100×1	22	23	100	1	ハイブリッドスパー (カテナリー)	設置(2012.6.11)
			—	2013	2.0	日立製作所 富士重工業	2000×1	80	56	100	1	計画		
		福島県沖合	丸紅/東京大学/三菱商事/三菱重工業/ アイ・エイチ・アイ マリンユニ イテッド/三井造船/新日本製鐵/日 立製作所/古河電気工業/清水建 設/みずほ情報総研 (資源エネルギー庁 浮体式洋上ウ インドファーム実証研究事業)	洋上変電所(25MVA/66kV)	2013	—	—	—	—	—	100-200	20-40	アドバンススパー (カテナリー)	計画
			—	2013	2.0	日立製作所 富士重工業	2000×1	80	56?	100-200	20-40	サブフローター型セミサブ (カテナリー)	計画	
			—	2014	7.0	三菱重工業	7000×1	165	110-120	100-200	20-40	V字型セミサブ (カテナリー)	計画	
			—	2015	7.0	三菱重工業	7000×1	165	110-120	100-200	20-40	アドバンススパー (カテナリー)	計画	



民間事業 ウィンドパワーかみす



環境省 洋上風力発電実証



経産省資源エネルギー庁 浮体式洋上WF実証

国内洋上風力発電の現状(2012年末)

- ◆ 我が国の洋上風力発電は、実証研究段階。まさに、今年度、試験機が本格的に運転を開始する予定(経産省:銚子沖、北九州沖、環境省:五島沖)。
- ◆ 陸上に接岸する形で行っている洋上風力発電は、すでに全国3か所で事業化。その一部は、平成27年度以降に、本格的な洋上への展開を進める予定。

千葉県銚子沖／福岡県北九州沖

経産省(NEDO)
洋上風力発電等技術研究開発

2MW級の実証機と観測タワーを設置して、着床式の洋上風力発電システムの実証研究を行う。
銚子沖・北九州沖ともに、H24年度中に設置予定。



風況観測タワー
風車
波浪観測装置

北海道瀬棚港

自治体(せたな町)
洋上風力発電所
せたな町により、600kWの洋上風車2基がH16年4月より稼働中。



山形県酒田港

民間会社
洋上風力発電所

民間事業者「サミットウインドパワー(株)」により、2MWの洋上風車5基がH16年1月より稼働中。



茨城県鹿島港

民間会社
洋上風力発電所

民間事業者「(株)ウインド・パワー・いばらき」により、2MWの洋上風車7基がH22年6月より稼働中。
また、H24年に8基を追加予定。将来的には沖合に100基程度の建設を計画中。



福島県沖(具体的箇所は今後調整)

経産省
浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業

2MW級の風車1基、世界初となる7MW級の風車2基及び浮体式洋上変電所を設置して、浮体式洋上ウインドファームの安全性・信頼性・経済性を明らかにする。
浮体の形式は、セミサブ型とアドバンストスパー型。



3コラム型セミサブ

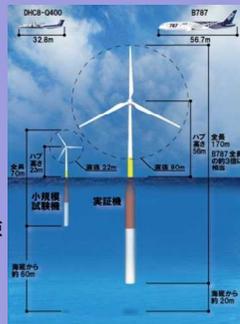


アドバンストスパー型

長崎県五島沖

環境省
浮体式洋上風力発電実証事業

我が国初となる系統連系を行う浮体式洋上風力発電施設として、100kW小規模試験機をH24年6月に設置、H25年度に2MW級実証機を設置予定。



地図は、日本周辺海域(海面上80m)の年間平均風速(環境省調査)



環境省洋上風力発電実証事業

洋上風力発電は大きな期待を集める再生可能エネルギー

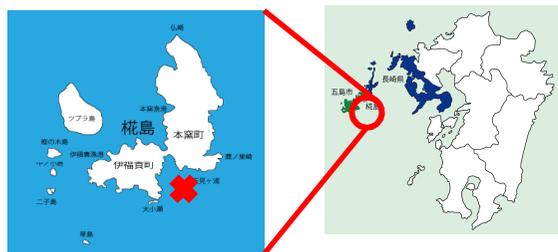
- ✓ 我が国は、排他的経済水域世界第6位の海洋国であり、洋上には陸上に比べて大きな導入ポテンシャル
- ✓ 洋上は風速が高く、その変動が少ないため、安定かつ効率的な発電が見込まれる
- ✓ とりわけ、水深が浅い海域が少ない我が国では、深い海域（50m以深）に適用可能な「浮体式」に大きな期待

我が国初となる、フルスケール（2MW）の「浮体式」洋上風力発電実証機の建造・設置・運転
特に、台風への耐性、漁業関係者との調整、環境アセスメントの確立を実証

H22-23年度の事業成果

①実施候補海域の選定

周辺漁協・住民の同意等から長崎県五島市柗島沖を選定（陸から約1km、水深約100m）



②基本設計の決定

様々な浮体式プラットフォーム形式の中から、コスト面、海底地盤適応性等により、スパーク型（世界初のハイブリッド・スパーク型）を選定

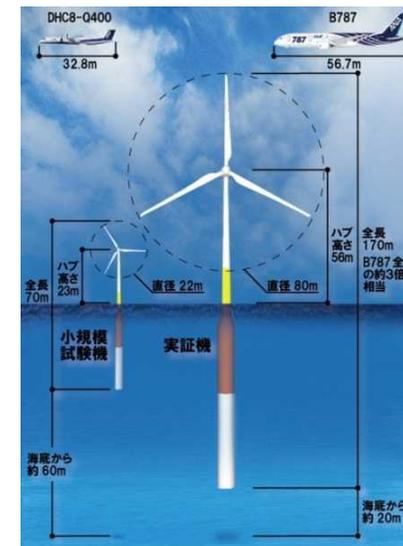


H24-27年度の事業計画

	H24	H25	H26	H27
環境調査	→			
小規模試験機（100kW）の実海域設置・運転	→ H24年6月に設置 8月に運転を開始			
実証機（2MW）の実海域設置・運転	→ 成果を反映（設置、制御等）			
事業性等の評価	→			



H24年8月に運転を開始した小規模試験機



小規模試験機と実証機のサイズの比較

洋上風力発電の技術開発の取組み

NEDO洋上風況観測システム実証研究(着床沿岸海域対象)

(1)実証研究目的と概要

- ◇ 我が国においては、洋上における陸上の山脈の影響、台風の影響、卓越するうねり、強い海潮流等といった欧州と異なる自然環境条件が存在する。
- ◇ 本実証研究では、洋上の気象・海象特性を把握し、我が国の自然環境条件に適合した洋上風況観測システム技術等を確立する。
- ◇ また本実証研究では、環境調査を実施し、我が国に適した洋上風力発電に係わる環境評価手法を確立する。

(2) 実証研究の内容

- 気象・海象の観測
- 気象・海象のシミュレーション
- 観測タワーの設計・建設
- 洋上風況観測システムの設計指針(案)の作成
- 環境影響調査
- 環境影響評価マニュアル洋上版(案)の作成

海域ポテンシャル(30km以内_200m以浅)

洋上風力発電適地 [m/s以上]

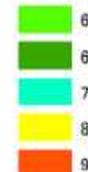
年平均風速



全国陸上ポテンシャル

陸上風力発電適地[m/s以上]

年平均風速



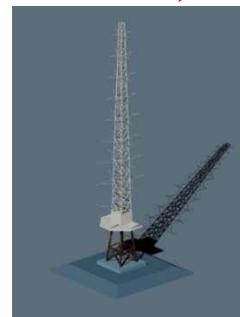
福岡県若松沖
電源開発G

千葉県銚子沖
東京電力G

350 175 0 350 km

最新情報公開中

<http://www.nedo.go.jp/fuusha/>



NEDO洋上風車の施工風景(銚子沖)

基礎



洋上風車



2012年10月6日
設置完了

SEP船 くろしお、あそ

観測塔工事状況(北九州市沖) (2012. 6 クレーン船施工)

観測塔(1)



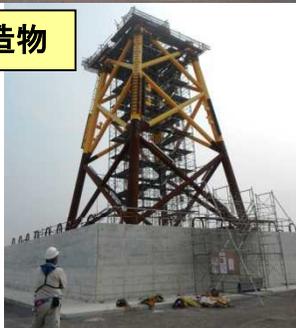
支持構造と観測塔(1)の接合



海上輸送・据付(起重機船3700t)



支持構造物



観測塔(2)



海上輸送・据付(起重機船2200t)



観測塔本体設置完了



事業用洋上風力発電の国内動向 (計画、検討、試算含む)

平成23年度NEDOの洋上WFのコスト検証調査

NEDO H23年洋上FS事業
秋田県秋田沖
大林組・国際航業G
2MW X 20基=40MW

NEDO H23年洋上FS事業
岩手県洋野町沖
エコパワー・東光電気G
2MW X 41基=82MW

NEDO H23年洋上FS事業
茨城県神栖市沖
エコパワー・東光電気G
2MW X 15基=30MW

NEDO H23年洋上FD事業
千葉県旭市沖
清水建設・ユーラスエナジーG
2MW X 50基=100MW

海域ポテンシャル (30km以内_200m以浅)

洋上風力発電適地 [m/s以上]

年平均風速



全国陸上ポテンシャル

陸上風力発電適地 [m/s以上]



北海道石狩湾新港洋上
風力発電所 (仮称)
2.5MW X 40基=100MW

青森県つがる市
つがる洋上風力発電所 (仮称)
2.5MW X 3基=87.5MW

秋田県能代港
能代洋上風力発電所 (仮称)
1案 2MW X 28基=56MW
2案 5MW X 14基=70MW

青森県六ヶ所村
むつ小川原港
洋上風力発電所 (仮称)
2.5MW X 32基=80MW

秋田県秋田港
秋田洋上風力発電所 (仮称)
1案 2MW X 22基=44MW
2案 5MW X 15基=75MW

福島県いわき沖
楸丸紅G
1,000MW

漁業者
反対?

山口県
能下関沖
前田建設株
3MW X 20基=60MW

茨城県鹿島港
ウインドパワーオーシャンG
5MW X 50基=250MW

<http://www.maedablog.com/ir/2012/10/post-6.html>

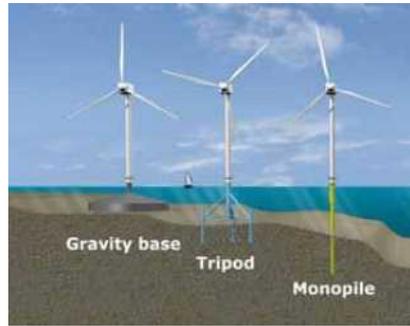
静岡県御前崎港
御前崎洋上風力発電所 (仮称)
1MW X 6基 = 6MW
2MW X 13基 = 36MW
4.5MW X 9基 = 40.5MW
=82.5MW



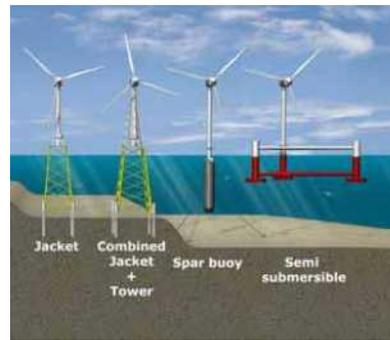
350 175 0 350 km



洋上風力発電の基礎形状



着床
残水深 基礎(<30m)



着床 **浮体**
中水深 基礎(20-40m)



着床 **浮体**
中水深大型風車(<50m) 大水深(120-700m)

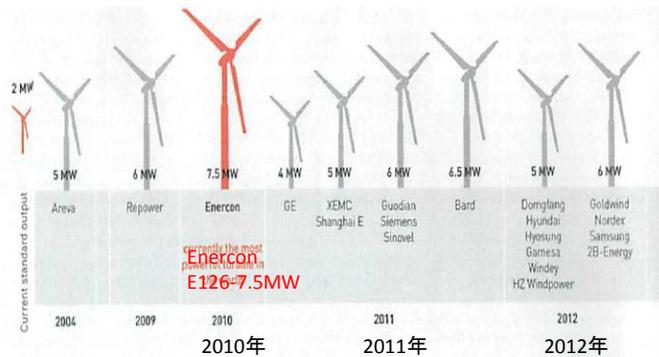


浮体



3.6MW 級運搬据付用専用船(欧州)

洋上風力発電の大型機開発



2MW

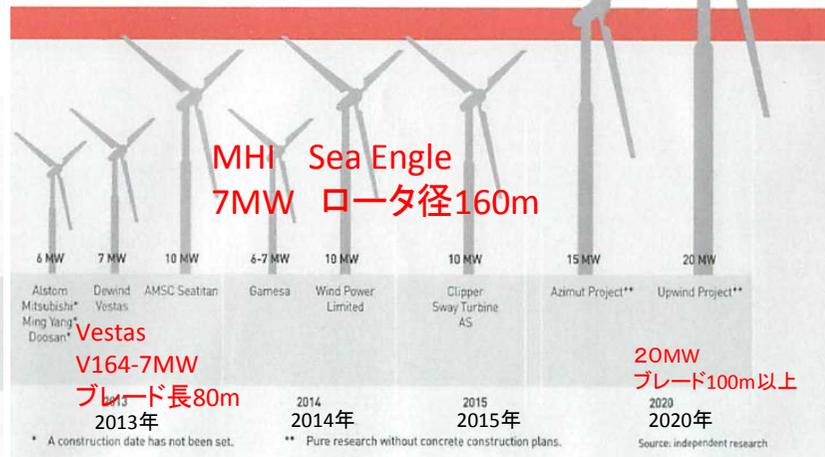
7.5MW

5-6MW

6-10MW

10MW

20MW



* A construction date has not been set.

** Pure research without concrete construction plans.

Source: independent research

出典: New Energy No.3 2011

ご清聴ありがとうございました。

