An impressionist painting of a windmill, likely by J.M.W. Turner, showing a large wooden windmill with a red roof and white sails, situated on a grassy bank next to a body of water. The style is characterized by visible brushstrokes and a vibrant, somewhat muted color palette.

もったいない学会 & 縮小社会研究会 関西シンポジウム

「もったいないの理念に基づいた変わりゆく未来社会の創造に向けて」
— 根本理念と実践活動に焦点をあてて —

風力発電はどこまで伸ばせるか？

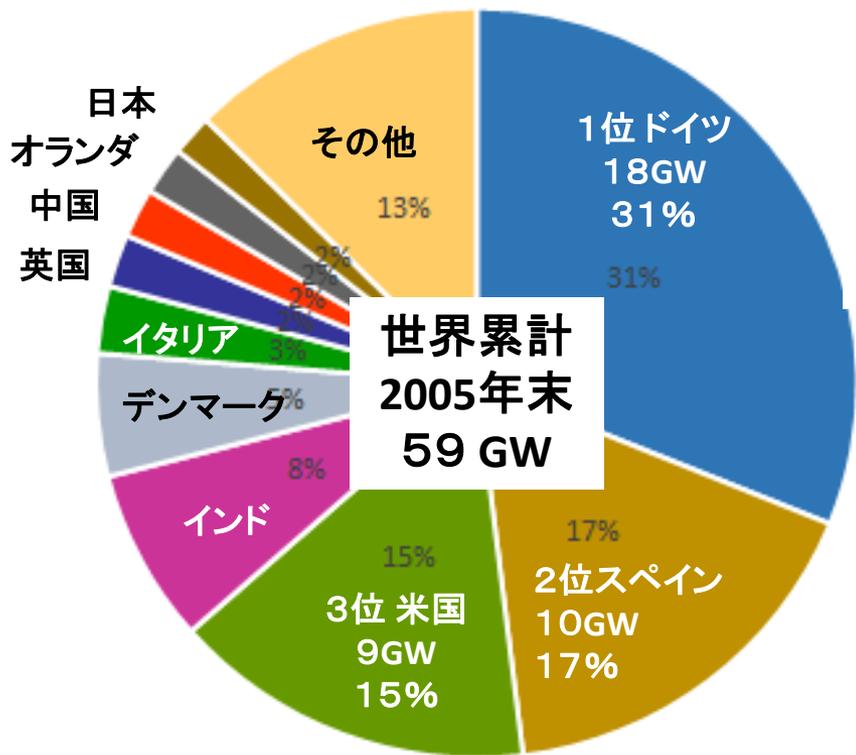
京都大学文学部 新棟第3講義室

2017年2月11(土)

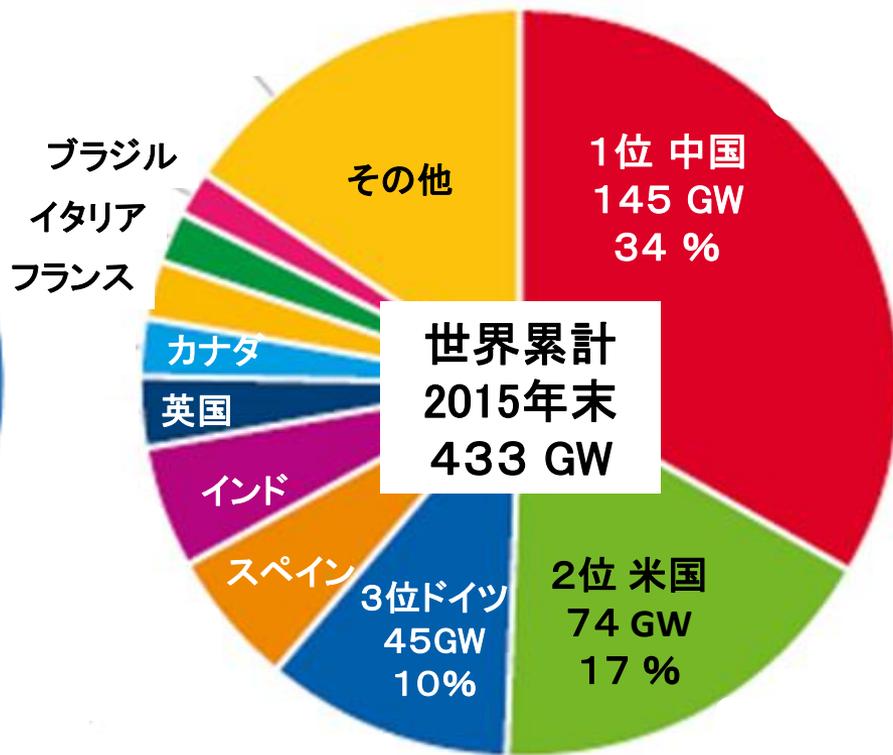
もったいない学会理事
鳥取大学・名誉教授
名古屋産業科学研究所・上席研究員

林 農

各国の風力発電の導入量 TOP10

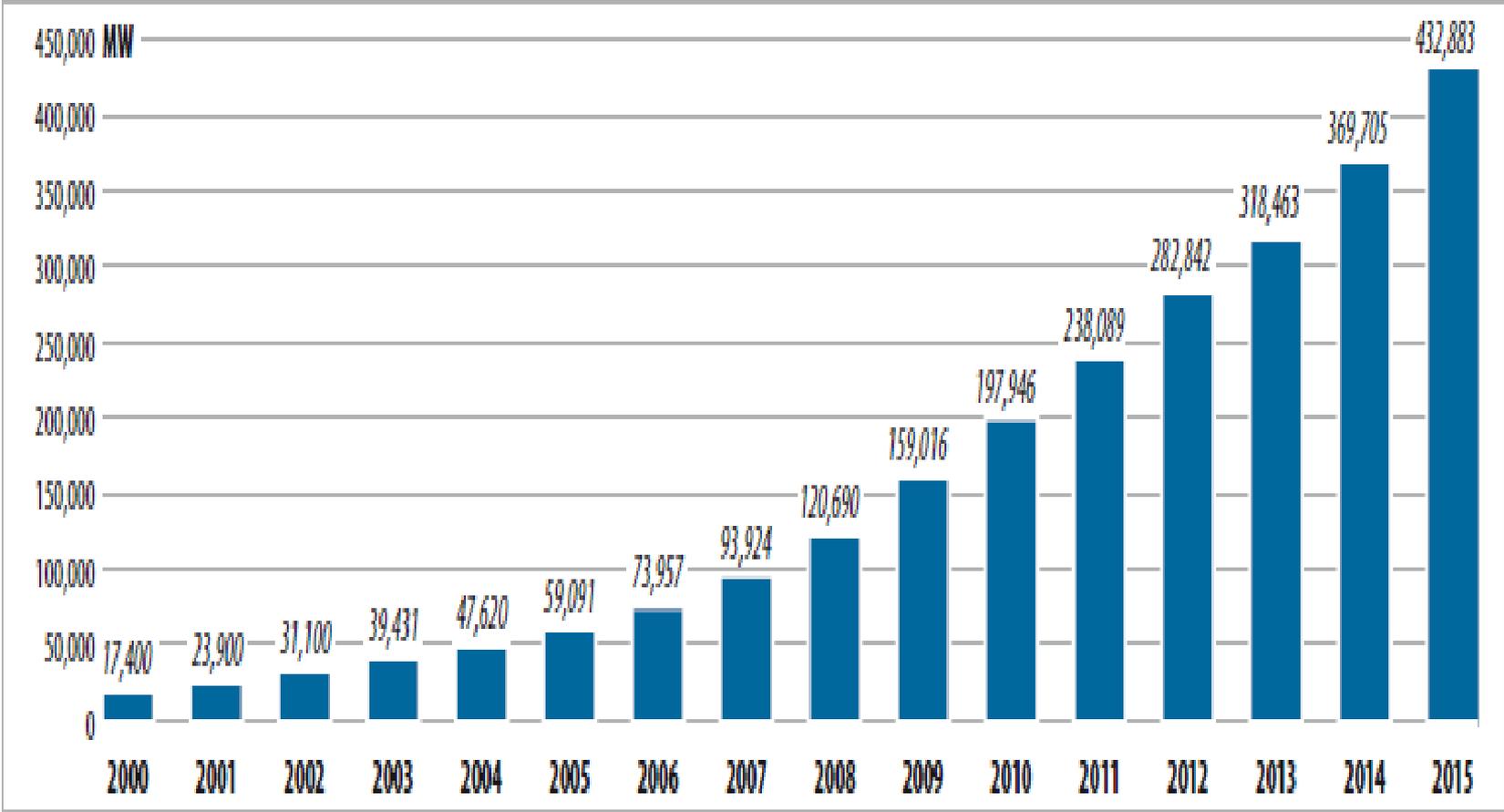


2005年
ドイツが1位
日本は10位
1,050MW, 2%



2015年
中国が1位
日本は19位
3,088MW, 0.7%

世界の風力発電総設備容量の推移



世界の風力発電総設備容量(年間)は、2014年の369,205MWから2015年に432,883MWの15%増に達し、毎年、前年比10~30%超の伸び率で順調に増加、総設備容量は日本の100倍以上

出典：GWEC Global Wind Report 2015

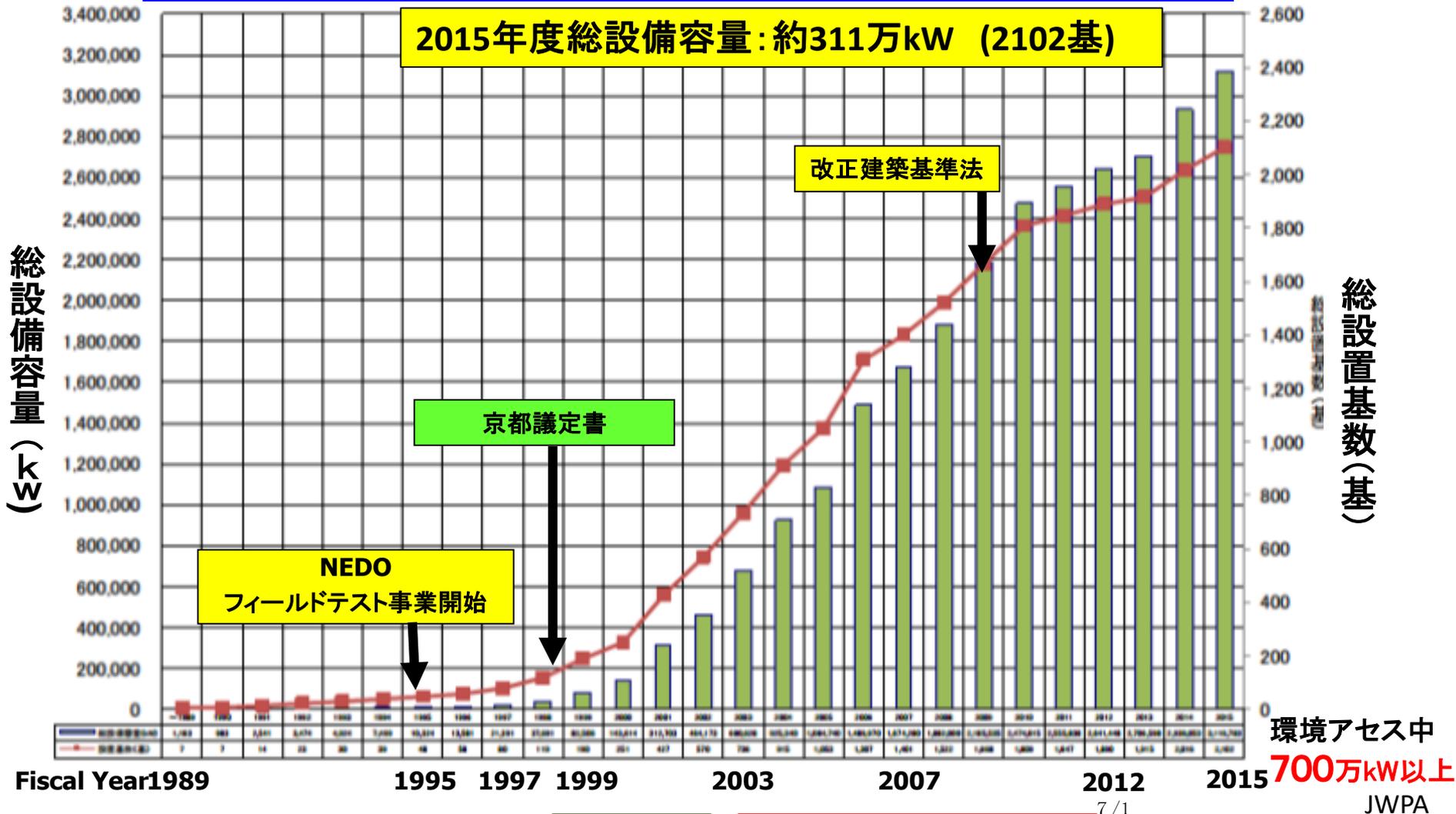
中国・黒龍江省・ハルビン・依蘭(Yilan)



ウインドパーク久居榑原 750kW×4基 平成11年3月 運転開始
青山高原ウインドファーム 750kW×20基 平成15年3月 運転開始
ウインドパーク美里 2000kW×8基 平成18年2月 運転開始
ウインドパーク笠取 2000kW×20基 平成22年12月 運転開始
青山高原ウインドファーム 2000kW×20基 平成29年3月 運転開始予定



日本に於ける風力発電導入量推移



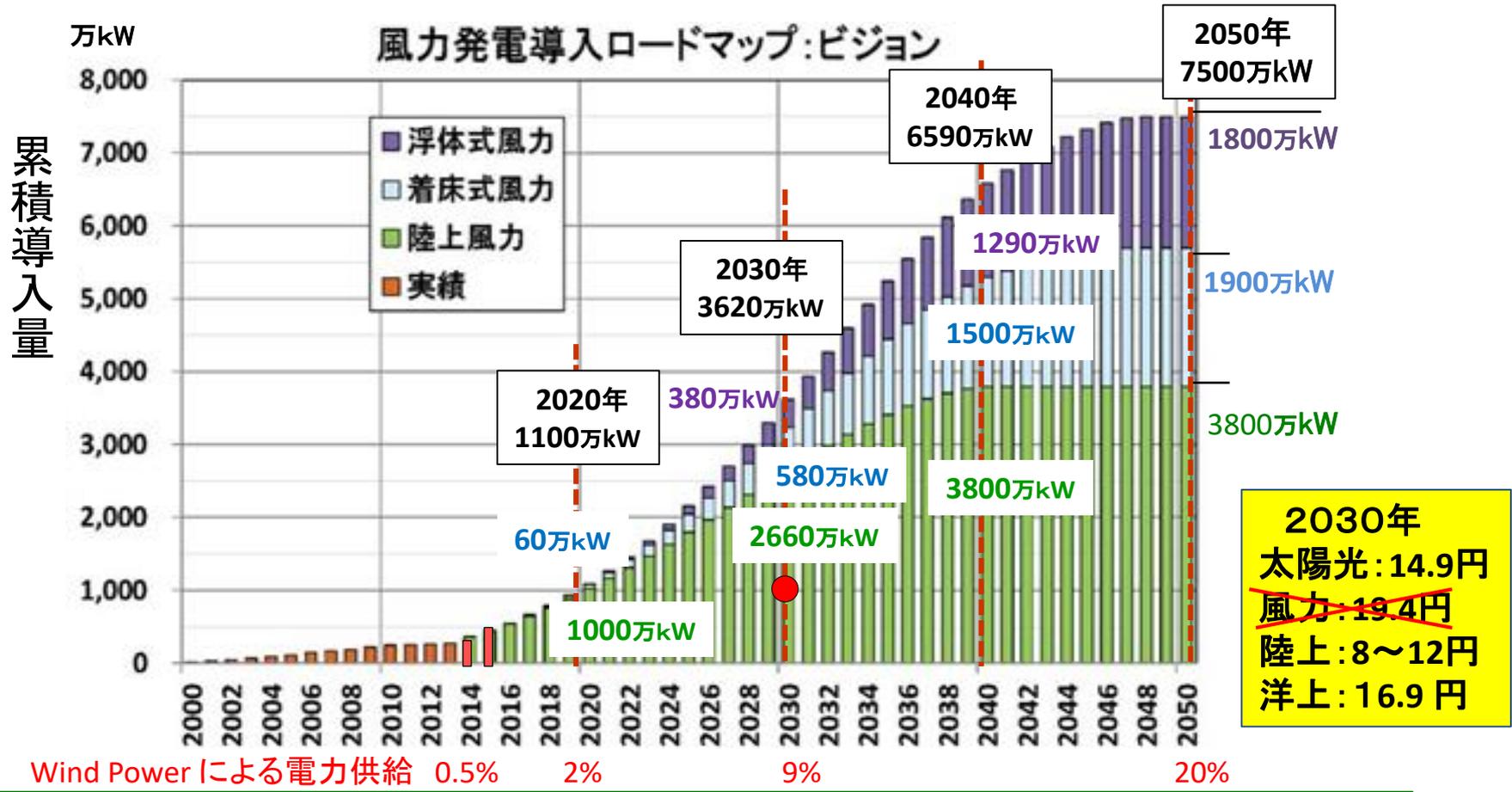
風力発電推進市町村全国協議会

民間企業

環境アセス中
700万kW以上
JWPA

日本の風力発電の長期目標 (JWPA作成)

- ◆ 2050年までに風力発電による電力供給は20%を目指す
- ◆ 2020年: 1100万kW, 2030年: 3620万kW, 2050年: 7500万kW



日本のエネルギーミックス 2030年の目標
 JWPAの目標 3620万9% ↔ ~~● 政府目標1000万kW, 1.7%~~

調達価格・調達期間について

電源		太陽光		風力		地熱		中小水力		
調達区分		10kW以上	10kW未満 (余剰買取)	20kW以上	20kW未満	1.5万kW以上	1.5万kW未満	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
費用	建設費	32.5万円/kW	46.6万円/kW	30万円/kW	125万円/kW	79万円/kW	123万円/kW	85万円/kW	80万円/kW	100万円/kW
	運転維持費 (1年当たり)	10千円/kW	4.7千円/kW	6.0千円/kW	-	33千円/kW	48千円/kW	9.5千円/kW	69千円/kW	75千円/kW
IRR		税前6%	税前3.2% (*1)	税前8%	税前1.8%	税前13% (*2)		税前7%	税前7%	
調達価格 1kWh 当たり	税込 (*3)	42.00円	42円 (*1)	23.10円	57.75円	27.30円	42.00円	25.20円	30.45円	35.70円
	税抜	40円	42円	22円	55円	26円	40円	24円	29円	34円
調達期間		20年	10年	20年	20年	15年	15年	20年		

平成27年度調達価格及び調達機関について

電源	調達区分	1kWh当たりの 調達価格	調達期間
風力発電	20kW以上 (陸上風力)	22円+税	20年間
	20kW以上 (洋上風力)	36円+税	20年間
	20kW未満	55円+税	20年間

洋上風力発電の着床式から浮体式への急展開

- **福島復興**のシンボルとして、世界一(1GW)の浮体式洋上風力の事業化を目指す
- 総合海洋政策本部、国交省、環境省とも連携
- 漁業権の問題が浮上 → 水産庁が調整

長崎県五島市栲(環境省)

- 環境影響調査:平成24年度~27年度
- 小規模試験機(100kW)の設置・運転
- 実証機(2MW)の実海域設置・運転
- 事業性等の評価

福島県沖(経産省)

(想定)(水深:約150m、離岸距離:約20km)

- 実施主体:公募により決定
- 設置方法:浮体式
- 風車出力:2,000kW級
- 基数:6基程度
- 将来事業規模:100万kW
(1GWウィンドファーム)

福岡県北九州市沖(NEDO)

(水深:15m、離岸距離:約1.5km)

- 実施主体:電源開発等
- 設置方法:着床式
- 風車出力:2,000kW(株)日本製鋼所製
- 基数:1基

千葉県銚子沖(NEDO)

(水深:11m、離岸距離:約3.5km)

- 実施主体:東京電力等
- 設置方法:着床式
- 風車出力:2,400kW(三菱重工業(株)製)
- 基数:1基

NEDO着床式洋上風力発電実証試験



千葉県銚子沖



福岡県北九州沖

NEDO「洋上風力発電等技術研究開発委員会」

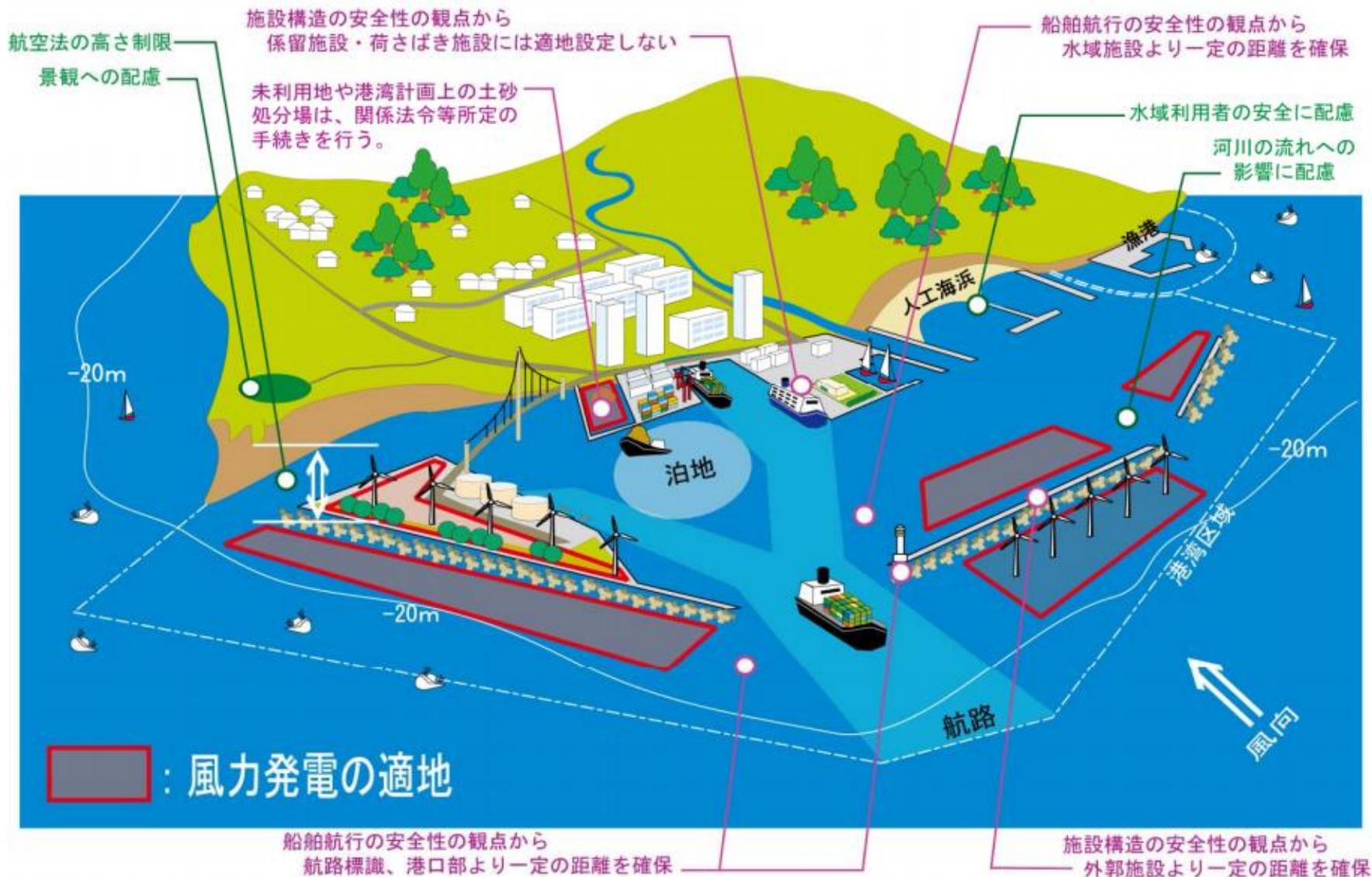
「平成27年度NEDO新エネルギー成果報告会」
 日時:平成27年10月28～30日 風力発電は【3日目】
 平成27年10月30日(金) 9時30分～18時10分
 会場:パシフィコ横浜 アネックスホール

NEDOのウェブサイトで公開
 「着床式洋上風力発電導入ガイドブック」
 「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」

風力発電分野プログラム

時間	コソノチ	研究開発内容	テーマ	講師	備考
8:20 ~ 8:30			会場立寄り受付開始		8:20 ~ 8:30
8:30 ~ 8:40			NEDO発表説明	NEDO 野村山本 隆 高角 美津子 プ	8:30 ~ 8:40
8:40 ~ 9:00	風力発電等技術開発の 状況(※1)	海上風力発電等技術開発の 状況(※2)	固定式洋上風力発電(※3)の現状(※4)と今後の展開(※5)	国 経済産業省	8:40 ~ 9:00
9:00 ~ 9:15			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※6)	国 国土交通省	9:00 ~ 9:15
9:15 ~ 9:30			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※7)	国 国土交通省	9:15 ~ 9:30
9:30 ~ 9:45			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※8)	国 国土交通省	9:30 ~ 9:45
9:45 ~ 10:00			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※9)	国 国土交通省	9:45 ~ 10:00
10:00 ~ 10:15			昼休憩		10:00 ~ 10:15
10:15 ~ 10:30	風力発電等技術開発の 状況(※1)	海上風力発電等技術開発の 状況(※2)	洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※10)	国 国土交通省	10:15 ~ 10:30
10:30 ~ 10:45			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※11)	国 国土交通省	10:30 ~ 10:45
10:45 ~ 11:00			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※12)	国 国土交通省	10:45 ~ 11:00
11:00 ~ 11:15			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※13)	国 国土交通省	11:00 ~ 11:15
11:15 ~ 11:30			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※14)	国 国土交通省	11:15 ~ 11:30
11:30 ~ 11:45			昼休憩		11:30 ~ 11:45
11:45 ~ 12:00	風力発電等技術開発の 状況(※1)	海上風力発電等技術開発の 状況(※2)	洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※15)	国 国土交通省	11:45 ~ 12:00
12:00 ~ 12:15			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※16)	国 国土交通省	12:00 ~ 12:15
12:15 ~ 12:30			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※17)	国 国土交通省	12:15 ~ 12:30
12:30 ~ 12:45			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※18)	国 国土交通省	12:30 ~ 12:45
12:45 ~ 13:00			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※19)	国 国土交通省	12:45 ~ 13:00
13:00 ~ 13:15			昼休憩		13:00 ~ 13:15
13:15 ~ 13:30	風力発電等技術開発の 状況(※1)	海上風力発電等技術開発の 状況(※2)	洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※20)	国 国土交通省	13:15 ~ 13:30
13:30 ~ 13:45			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※21)	国 国土交通省	13:30 ~ 13:45
13:45 ~ 14:00			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※22)	国 国土交通省	13:45 ~ 14:00
14:00 ~ 14:15			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※23)	国 国土交通省	14:00 ~ 14:15
14:15 ~ 14:30			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※24)	国 国土交通省	14:15 ~ 14:30
14:30 ~ 14:45			昼休憩		14:30 ~ 14:45
14:45 ~ 15:00	風力発電等技術開発の 状況(※1)	海上風力発電等技術開発の 状況(※2)	洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※25)	国 国土交通省	14:45 ~ 15:00
15:00 ~ 15:15			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※26)	国 国土交通省	15:00 ~ 15:15
15:15 ~ 15:30			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※27)	国 国土交通省	15:15 ~ 15:30
15:30 ~ 15:45			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※28)	国 国土交通省	15:30 ~ 15:45
15:45 ~ 16:00			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※29)	国 国土交通省	15:45 ~ 16:00
16:00 ~ 16:15			昼休憩		16:00 ~ 16:15
16:15 ~ 16:30	風力発電等技術開発の 状況(※1)	海上風力発電等技術開発の 状況(※2)	洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※30)	国 国土交通省	16:15 ~ 16:30
16:30 ~ 16:45			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※31)	国 国土交通省	16:30 ~ 16:45
16:45 ~ 17:00			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※32)	国 国土交通省	16:45 ~ 17:00
17:00 ~ 17:15			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※33)	国 国土交通省	17:00 ~ 17:15
17:15 ~ 17:30			洋上風力発電の導入促進に向けた取り組み(※34)	国 国土交通省	17:15 ~ 17:30

港湾地域における風力発電の適地設定イメージ図



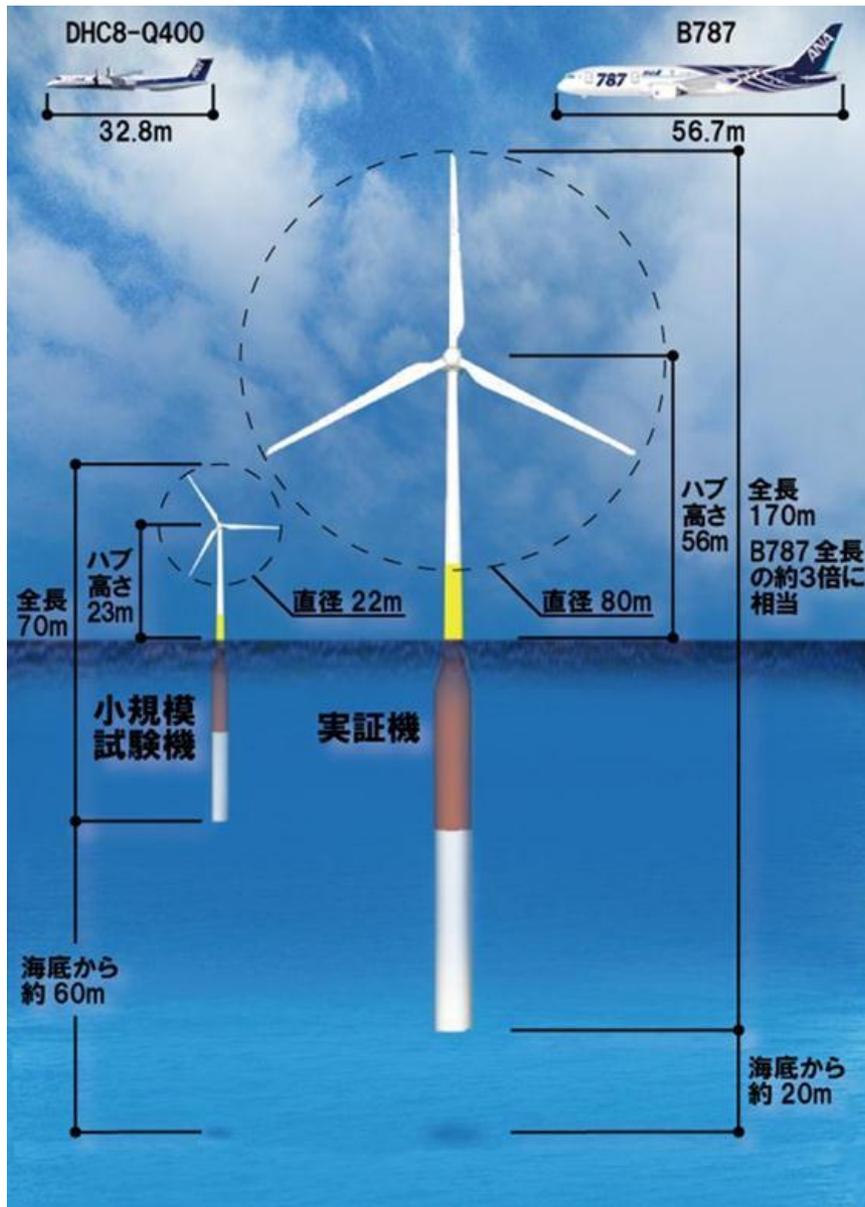
福島復興 浮体式洋上windファーム 実証研究事業



ふくしま未来

2013年6月27日、2MW風車搭載コンパクトセミサブ浮体が千葉県三井造船葉事業所ドックを出渠し、福島県に向けて曳航が開始され7月1日小名浜港に入港した。小名浜港にて試運転調整後、実証研究実施海域に係留された。

環境省・実証機の基本仕様



鳥取県北栄町 北条砂丘風力発電所 1500kW×9基

風力発電による地域振興
観光, 環境, 教育



鳥取県北栄町 北条砂丘風力発電所
1500kW×9基



“新エネ100選” NEDO(経済産業省) 2009.

”ストップ温暖化「一村一品」大作戦全国大会”最優秀賞
(参加1394団体)(環境省主催) 2010.2.14

“全国風サミット” 風力発電推進市町村全国協議会, 2009.7.

北条砂丘における風況精査の経緯

(1) 30mタワー 北条町 & 大栄町・砂防林の陸側

平成10年6月～ 研究費:800万円

鳥取大学 砂防林の影響 → 再調査

トーマン 北海道で事業 → 保留

(2) 70mタワー 北条町・砂防林の陸側

平成12年12月～ 研究費:2000万円

鳥取大学 大規模風力発電可能 → 研究成果

(株)エナテクス ビジネス可能 → 事業化

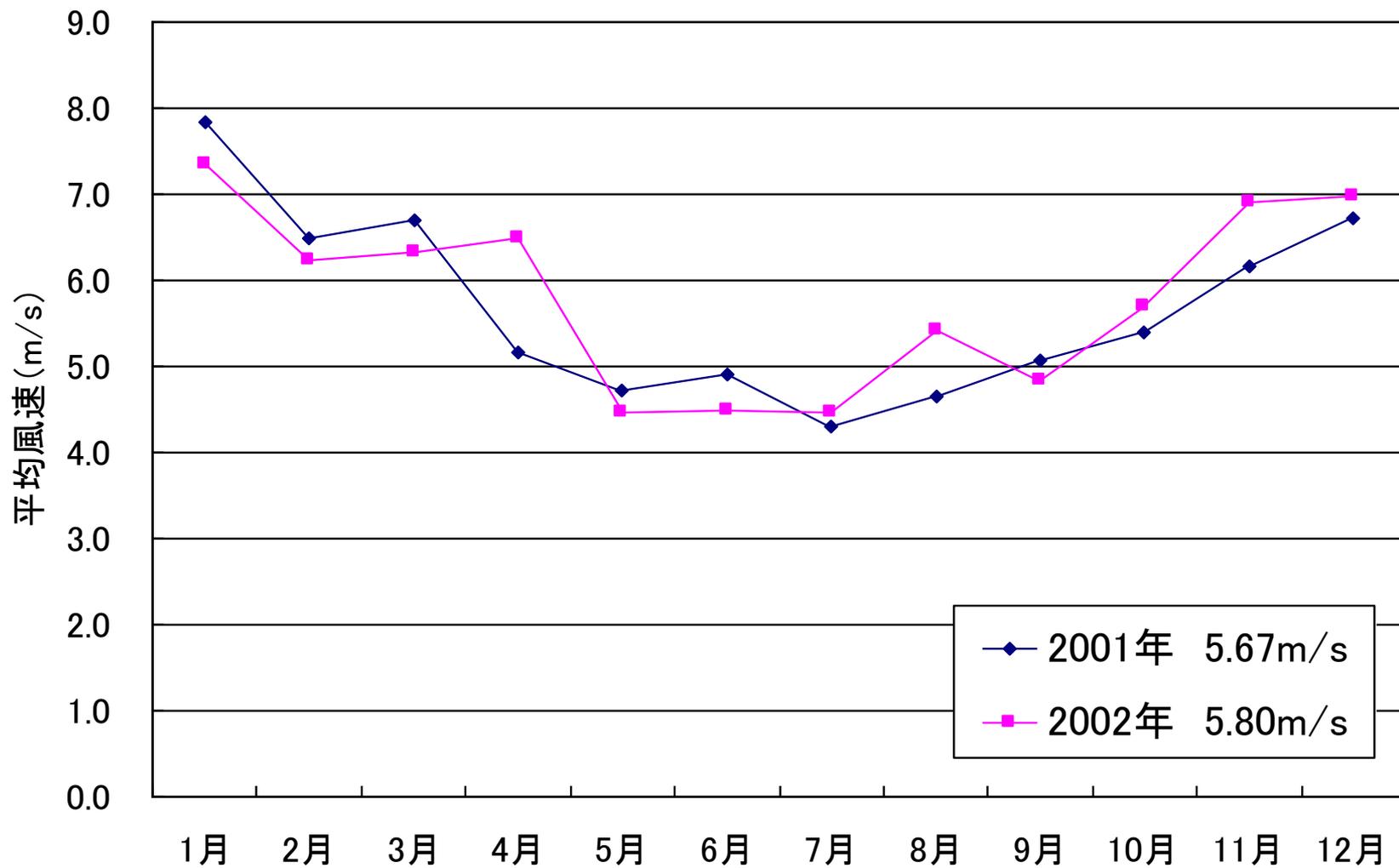
(株)東芝プラント 不況・事業縮小 → 保留

(3) 北条町地域エネルギー研究会 平成14年5月～

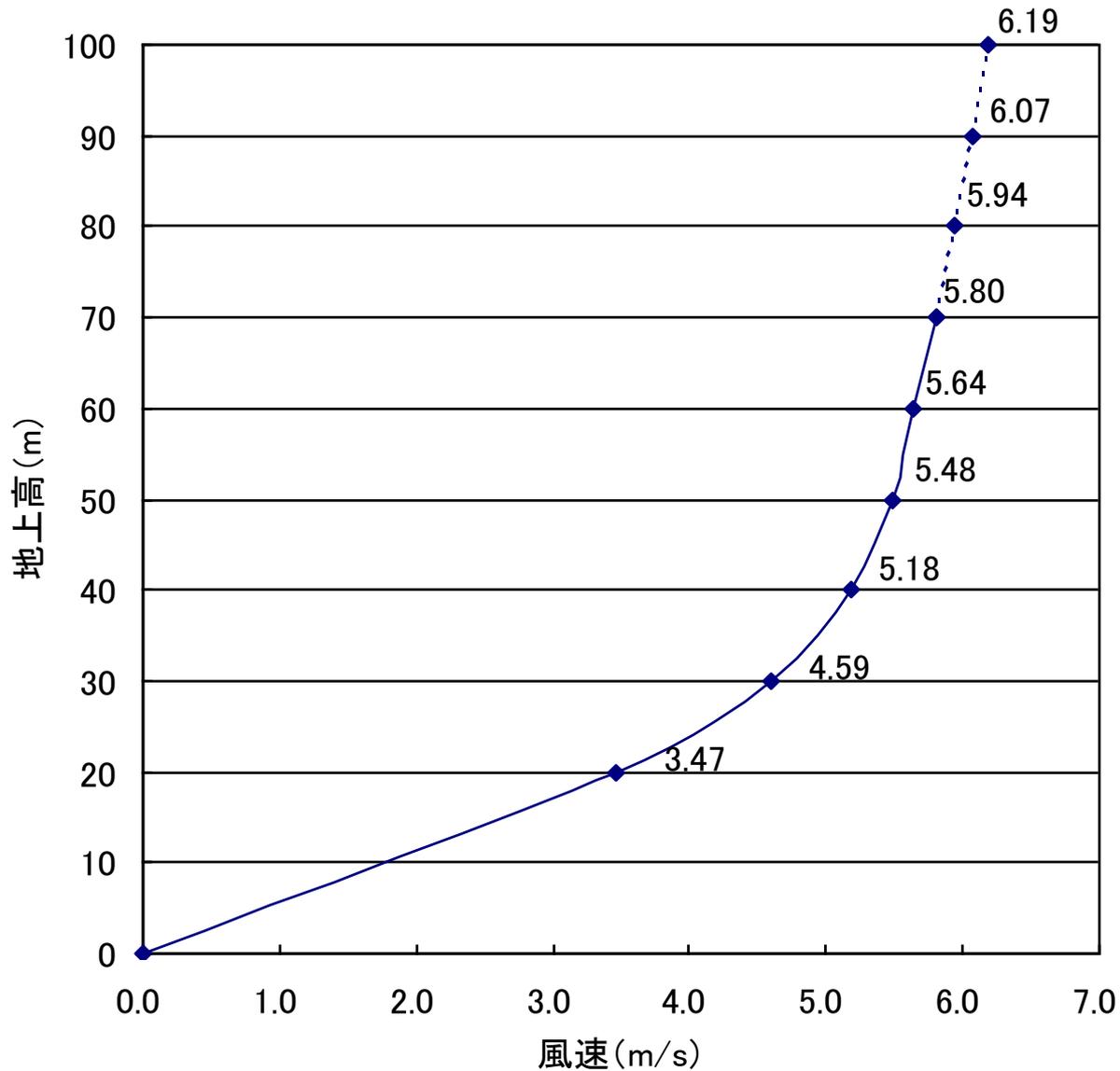
(4) 北条町風力発電事業化推進委員会 平成15年4月～

(5) 運転開始:平成17年11月

北条砂丘の月平均風速(地上高70m)



年間平均風速の高度分布(北条砂丘2002年)



20m~70m: 実測値

80m~100m:
べき指数 $n = 5.5$ で外挿

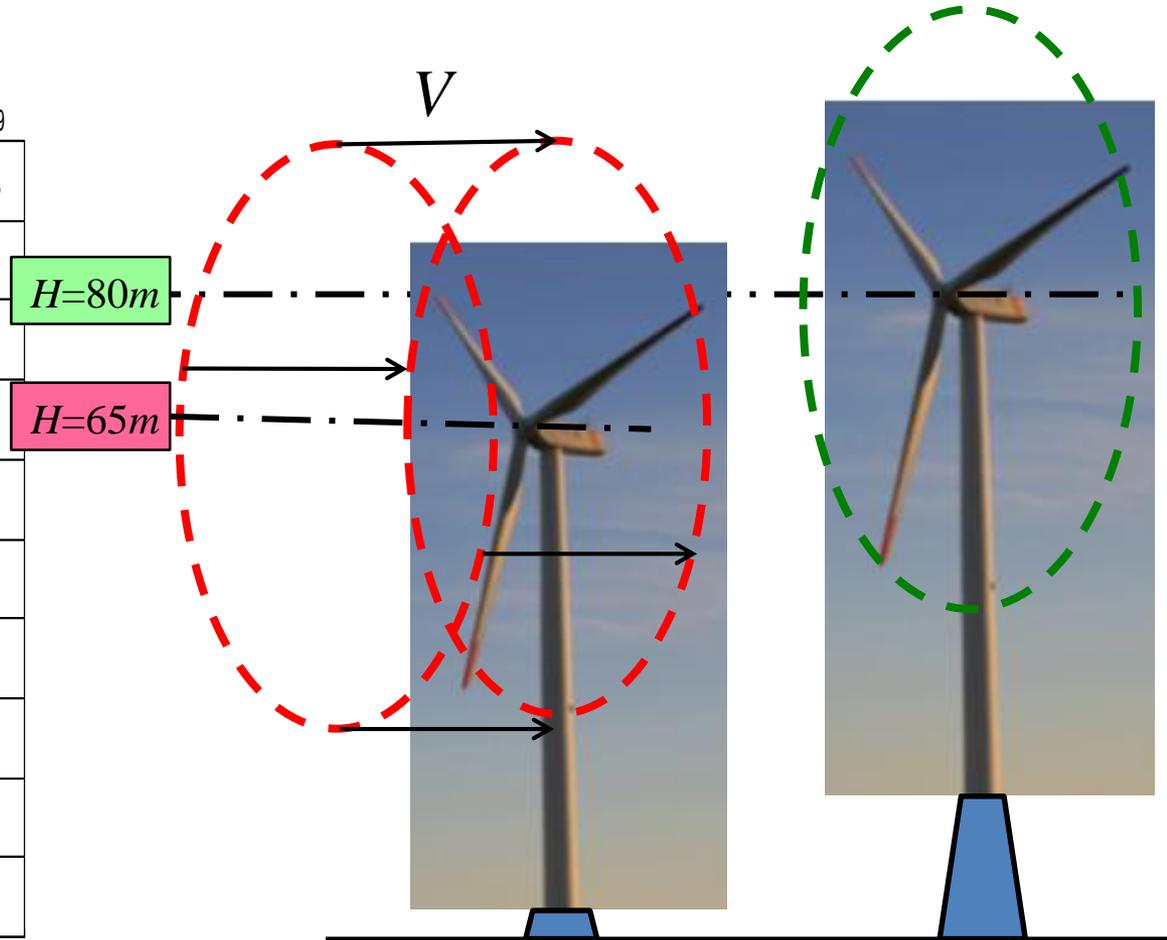
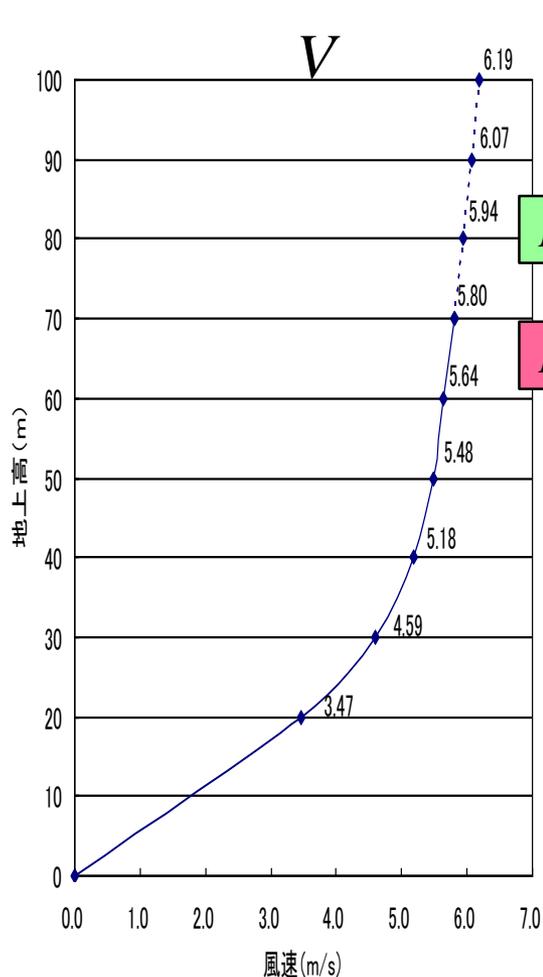
$$\text{べき法則} : \frac{U}{U_0} = \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{\frac{1}{n}}$$

ハブ高さを高く、ローター直径を大きくすることの優位性

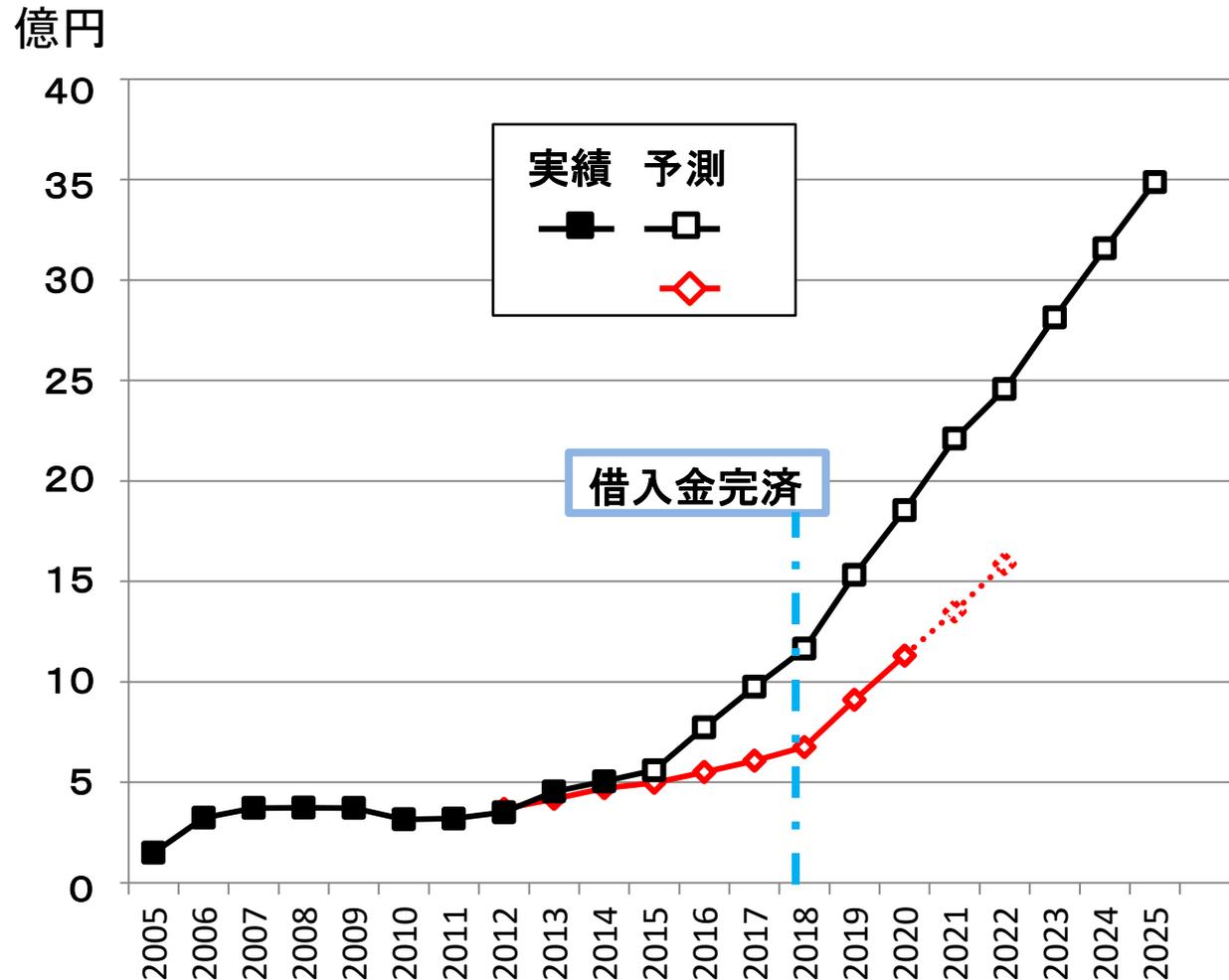
風車を通過する単位時間あたりの運動エネルギー

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

- ・ローター直径の2乗、風速の3乗に比例
- ・風速10%増→エネルギー33%増
(1.1)³ = 1.33



北条砂丘風力発電所・累積利益の推移



鳥取県北条町

町・総予算:30億円
 総工事費:30億円
 総利益:30億円~

RPS 2003/4/1~

FIT 2012/7/1~

風力発電導入拡大の実現のための課題

- 電力の安定供給, 広域的取引の環境整備 (基幹電力システムの整備・強化)
- 洋上風力発電は大規模開発が可能のため, 国主導によるゾーニングの実施, 一般海域利用のための環境整備, 系統・港湾インフラ整備, 規制緩和等の事業環境整備が不可欠 (洋上風力発電)
- 規制・制度の見直しと緩和 (風力適地拡大)
 - 環境アセスメントの迅速化・合理化, 農地転用許可制度の円滑・確実な運用, 農地・森林における諸規制の緩和, リプレイス・リパフリング実施の規制・制度の見直し
- 風力発電に係る技術開発の継続 (コスト効率化)
 - 国際基準への準拠及び我が国の事情(気象条件等)との適合の両立
- 風力発電プロジェクトマネジメントスキルの向上 (品質向上)
 - 開発から運転保守までの計画的な人材の育成
- サプライチェーン確立と風力発電関連産業育成 (国内産業育成)
- 資金調達に係るコスト抑制・効率化, 及び多様化 (投資促進)
- 地球温暖化対策への貢献, 地元との共生, 社会受容性の向上 (国民理解)



ご静聴ありがとうございました

連絡先:

林 農 (Tsutomu HAYASHI) (日本工学アカデミー会員)
鳥取大学名誉教授 (前日本風力エネルギー学会副会長)
(公益)名古屋産業科学研究所・上席研究員
元名古屋大学客員教授,
〒519-0506 三重県伊勢市小俣町湯田306

Email: hayashi_wind@kind.ocn.ne.jp TEL 0596-64-8864