

May 22nd 2015 (Friday) 12:50-13:50

**風力発電の技術と日本における動向 /
Engineering and trend of wind
energy in Japan**

吉岡剛 / Tsuyoshi Yoshioka

認定NPO法人環境エネルギー政策研究所 /
Institute of Sustainable Energy Policy, ISEP

風力発電とは？

風車の種類

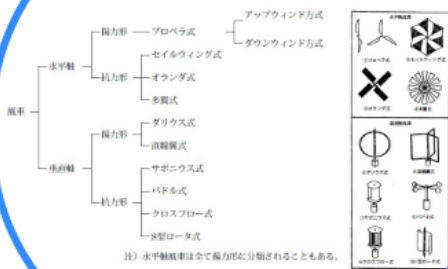
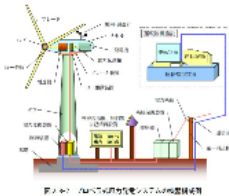


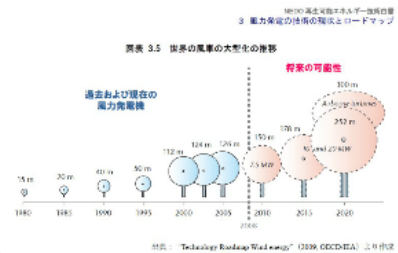
図 2.1-2 風車の種類

風力発電の機器構成



部品名	機能
ブレード	風を捉え、回転エネルギーに変換する
ナセル	ブレード、ギヤ箱、発電機などを収容する
タワー	ナセルを支える
基礎	タワーを支える
変圧機	発電機で発電した電圧を送電線に適合させる
制御システム	風速や风向に応じてブレードの角度やナセルの向きを調整する
ブレーキ	過剰な回転速度を抑制し、メンテナンス時に停止させる
冷却システム	発電機やギヤ箱の過熱を防ぐ
ケーブル	発電機と変圧機、送電線と接続する
接地システム	雷害を防ぐ
避雷針	雷を誘引し、安全に接地させる
防錆処理	腐食を防ぐ
点検システム	メンテナンスを容易にする
安全システム	緊急時に停止させる
通信システム	遠隔地から監視・制御する
電力ケーブル	発電機から変圧機へ電力を送る
送電ケーブル	変圧機から送電線へ電力を送る
接地ケーブル	タワーやナセルを接地させる
避雷針ケーブル	避雷針を接地させる
ブレーキケーブル	ブレーキを操作する
冷却ケーブル	冷却システムを操作する
制御ケーブル	制御システムを操作する
電力ケーブル	送電線へ電力を送る
接地ケーブル	タワーやナセルを接地させる
避雷針ケーブル	避雷針を接地させる
ブレーキケーブル	ブレーキを操作する
冷却ケーブル	冷却システムを操作する
制御ケーブル	制御システムを操作する

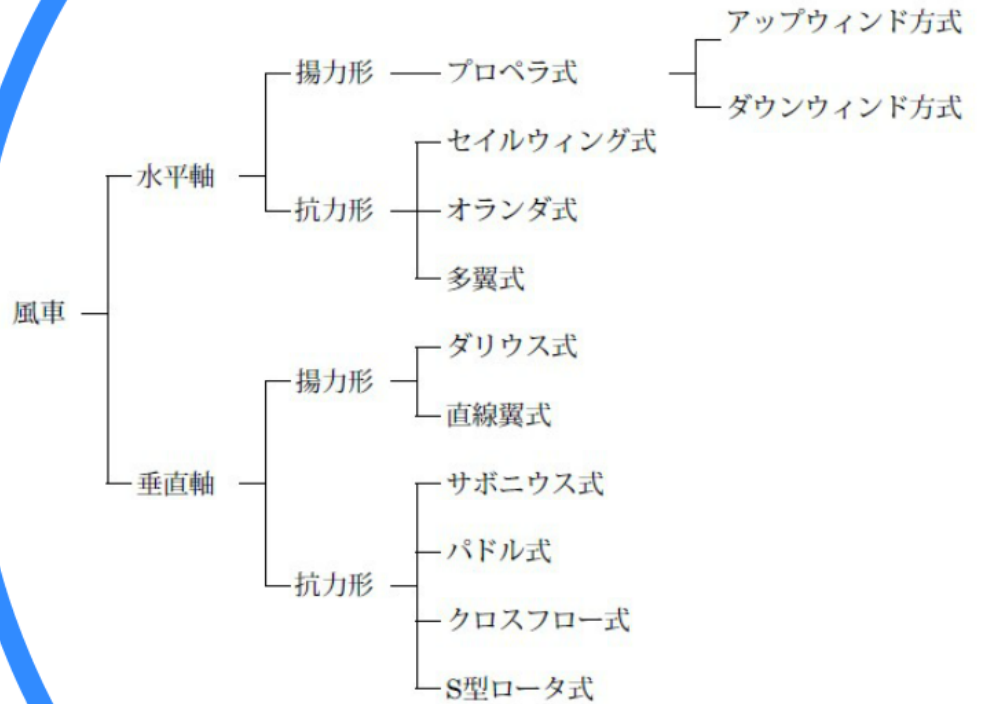
風力発電の大きさ





風力発電とは？

風車の種類



注) 水平軸風車は全て揚力形に分類されることもある。

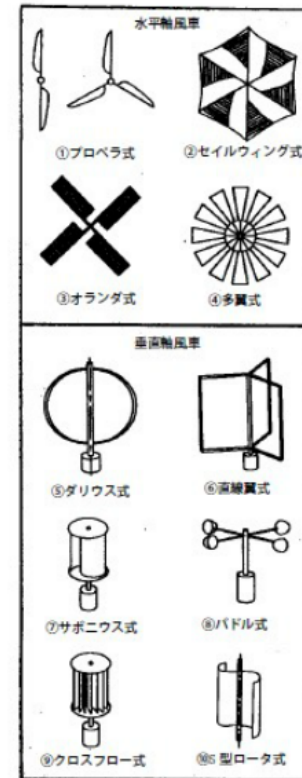


図 2.1-2 風車の種類

風力発電の機器構成

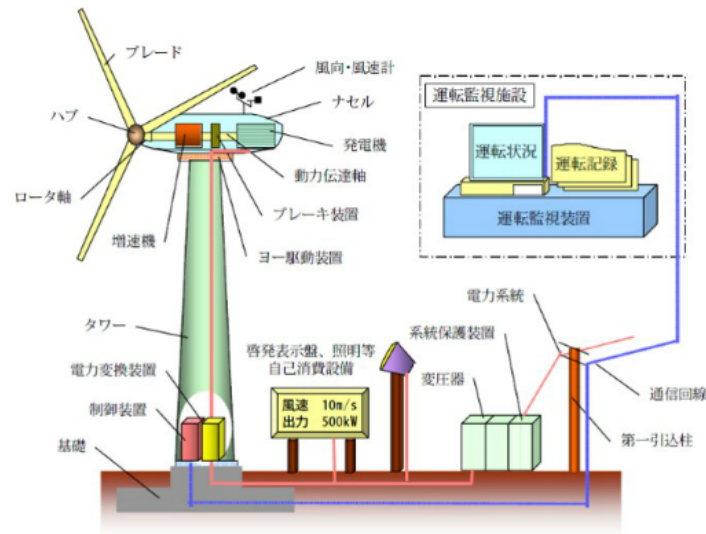


図 2.3-2 プロペラ式風力発電システムの機器構成例

表 2.3-1 プロペラ式風力発電システムの構成

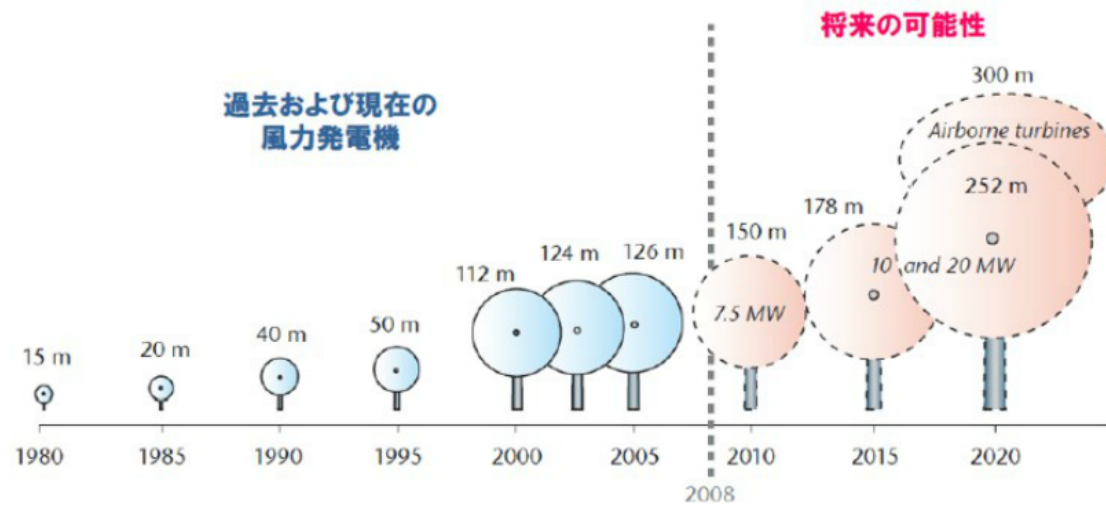
ロータ系	ブレード	回転羽根、翼
	ロータ軸	ブレードの回転軸
	ハブ	ブレードの付け根をロータ軸に連結する部分
伝達系	動力伝達軸	ロータの回転を発電機に伝達する
	増速機	ロータの回転数を発電機に必要な回転数に増速する歯車(ギア)装置(増速機のない直結ドライブもある)
電気系	発電機	回転エネルギーを電気エネルギーに変換する
	電力変換装置 ^{*1}	直流、交流を変換する装置(インバータ、コンバータ)
	変圧器	系統からの電気、系統への電気の電圧を変換する装置
	系統連系保護装置	風力発電システムの異常、系統事故時等に設備を系統から切り離し、系統側の損傷を防ぐ保護装置
運転・制御系	出力制御	風車出力を制御するピッチ制御あるいはストール制御
	ヨー制御	ロータの向きを風向に追従させる
	ブレーキ装置	台風時、点検時等にロータを停止させる
	風向・風速計	出力制御、ヨー制御に使用されナセル上に設置される
支持・構造系	運転監視装置	風車の運転/停止・監視・記録を行う
	ナセル	伝達軸、増速機、発電機等を収納する部分
	タワー	ロータ、ナセルを支える部分
	基礎	タワーを支える基礎部分

*1: 電力変換装置は DC リンク方式の場合に設置。

風力発電の大きさ

NEDO 再生可能エネルギー技術白書
3 風力発電の技術の現状とロードマップ

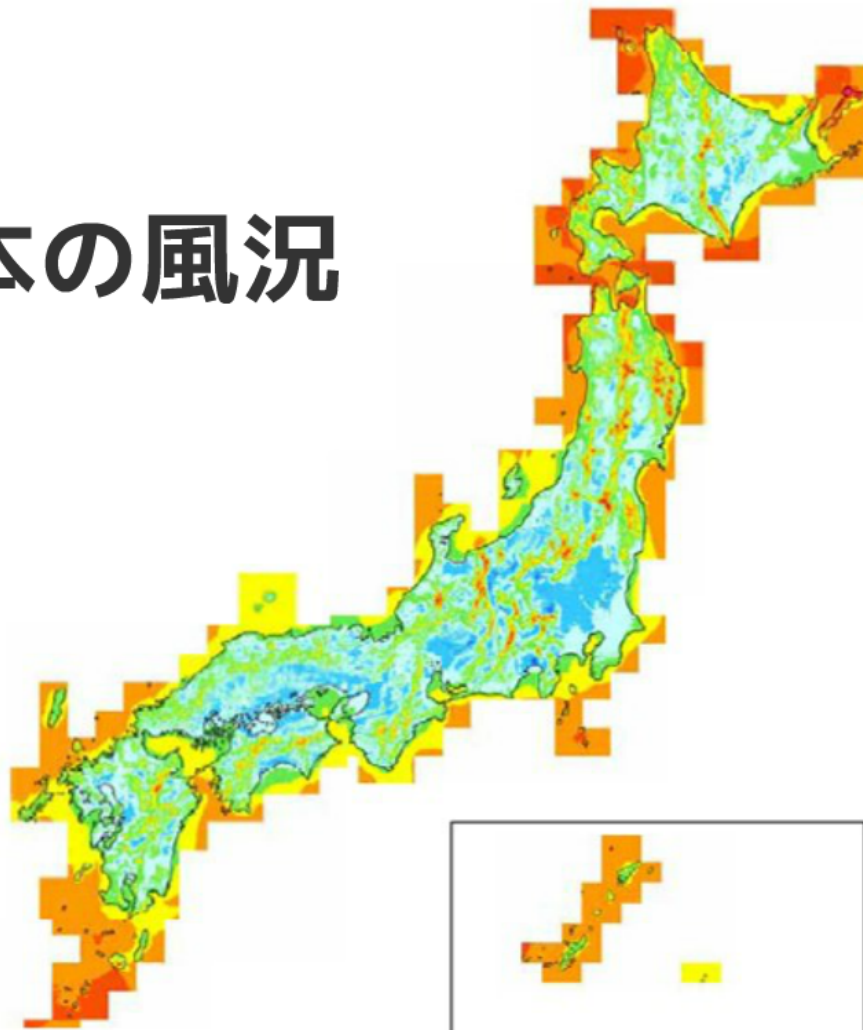
図表 3.5 世界の風車の大型化の推移



出典：“Technology Roadmap Wind energy” (2009, OECD/IEA) より作成

風力発電導入の流れ

日本の風況



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
m/s

風力エネルギー

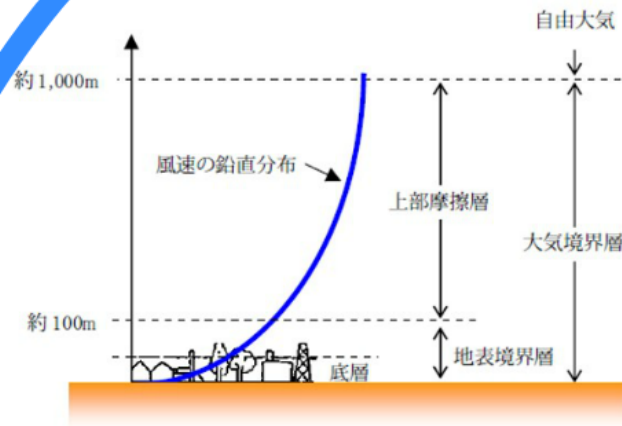


図 3.2.2-4 大気境界層

3.2.1 風力エネルギー

風は空気の流れてあり、風の持つエネルギーは運動エネルギーである。よく知られているように質量 m 、速度 V の物質の運動エネルギーは $\frac{1}{2}mV^2$ で表される。いま、受風面積 A (m^2)の風車を考えると、この面積を単位時間当たりに通過する風速 V (m/s)の風のエネルギー（風力エネルギー） P (W)は、空気密度を ρ (kg/m^3)とすると次式で表される。

$$P = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} (\rho A V) V^2 = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

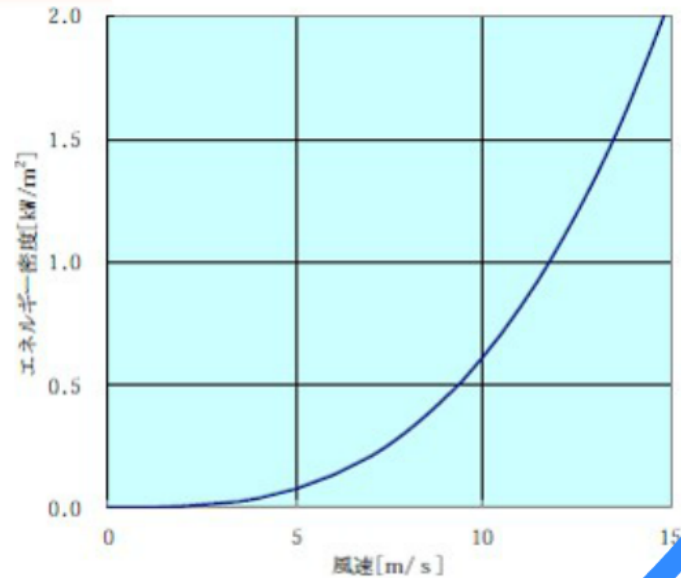


図 3.2.1-1 風力エネルギー密度

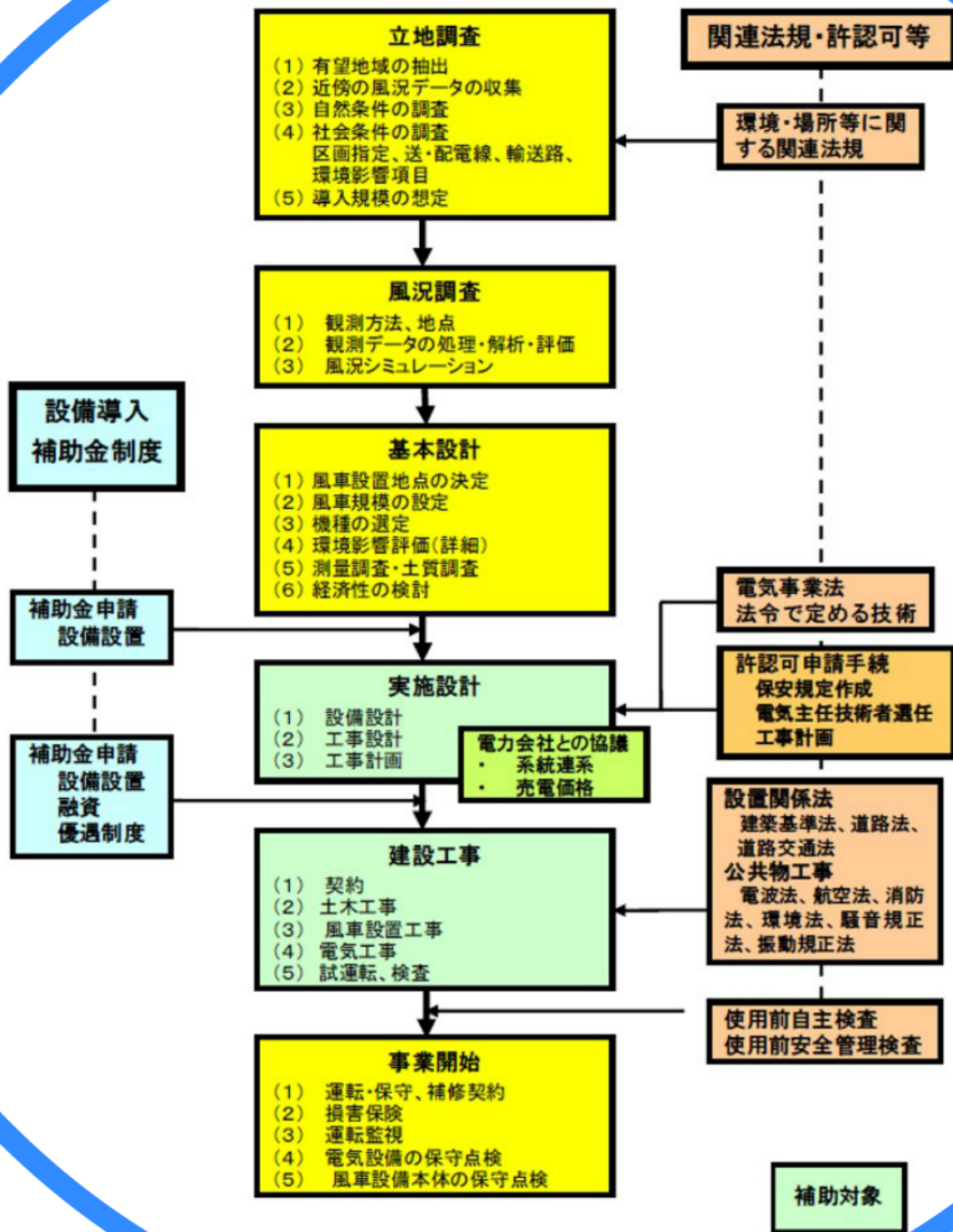


図 4.1-2 風力発電導入の流れ

2. 日本における風力発電 の導入状況

- ・ 日本における風力発電の導入状況
- ・ 政策動向
- ・ 導入事例

オランダ キンデルダイク（治水用）

Discover
Kinderdijk



関東近郊事例



図 1.3.2-5 東京臨海風力発電所

表 1.3.2-2 東京臨海風力発電所概要

名称及び設置場所	東京臨海風力発電所（東京風ぐるま）、東京都江東区
発電規模	1,700kW（850kW×2基）
風力発電機	Vestas 社 850kW、型式 V-52
電力購入者	東京電力株式会社
商業運転開始	2003年3月



写真提供：横浜市

図 1.3.2-7 横浜市風力発電所

表 1.3.2-4 横浜市風力発電所概要

名称および設置場所	横浜市風力発電所、神奈川県横浜市神奈川区（瑞穂ふ頭）
発電規模	1,980kW
風力発電機	Vestas 社 1,980kW、型式 V80-2.0MW
電力購入者	毎年、入札により決定（平成19年度：GTF グリーンパワー(株)）
商業運転開始	2007年4月

ウィンドファーム事例



写真提供：ユーラスエナジージャパン(株)

図 1.3.2-11 宗谷岬ウィンドファーム

表 1.3.2-8 宗谷岬ウィンドファーム風力発電所概要

名称および設置場所	宗谷岬ウィンドファーム、北海道稚内市宗谷岬
発電規模	57,000kW (1MW×57 基)
風力発電機	三菱重工業 1,000kW、型式 MWT-1000A
電力購入者	北海道電力株式会社
商業運転開始	2005 年 11 月

ム事例



写真提供：ユーラスエナジージャパン(株)

図 1.3.2-11 宗谷岬ウィンドファーム

表 1.3.2-8 宗谷岬ウィンドファーム風力発電所概要

名称および設置場所	宗谷岬ウィンドファーム、北海道稚内市宗谷岬
発電規模	57,000kW (1MW×57 基)
風力発電機	三菱重工業 1,000kW、型式 MWT-1000A
電力購入者	北海道電力株式会社
商業運転開始	2005 年 11 月

2. 洋上風力発電の事例 (2) 海外事例

Horns Rev (デンマーク) 2,000kW × 80基



Middelgrunden (デンマーク) 2,000kW × 20基



出典 国土交通省港湾局HP 世界の風力発電より



出典 上段 港湾における風力発電マニュアルより
下段 SIEMENS(シーメンス)HPより

2. 洋上風力発電の事例

(3) 国内事例 (実用運転)

鹿島港 (茨城県)

- 【設置者】ウインド・パワー・いばらき
- 【規模】 2,000kW×15基
- 【運用】 平成22年7月より8基
平成25年3月より15基による運転
- 【設置場所・施工方法】
護岸から約50m離れた洋上。
陸上クレーンにより



出典 ウインド・パワー・グループ HPより

酒田港 (山形県)

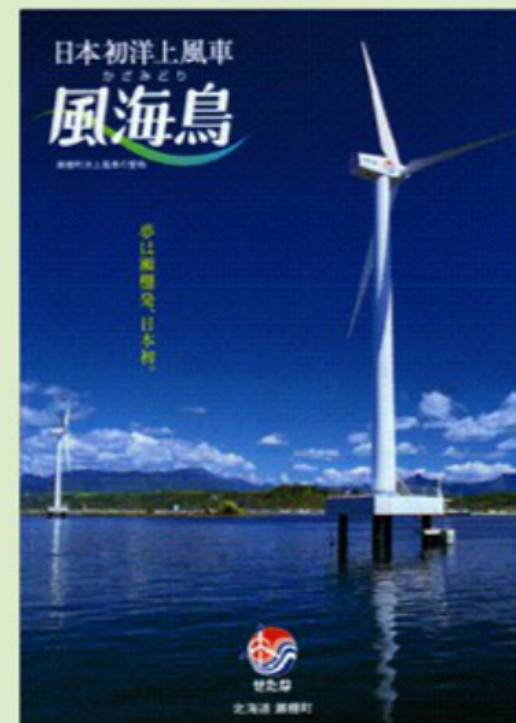
- 【設置者】サミットウインド・パワー酒田
- 【規模】 2,000kW×8基(うち5基洋上)
- 【運用】 平成16年1月～
- 【設置場所・施工方法】
埋立地と防波堤に挟まれた水路内
陸上クレーンにより



出典 サミットウインド・パワー酒田 HPより

瀬棚港 (北海道)

- 【設置者】瀬棚町
- 【規模】 600kW×2基
- 【運用】 平成16年4月～
- 【設置場所・施工方法】
防波堤内側
SEP台船を使用



出典 瀬棚町 HPより

2. 洋上風力発電の事例 (4) 国内事例 (実証実験)

千葉県銚子沖

【実施】NEDO
 【構造】着床式(ケーソン式)
 【規模】2,400kW × 1基
 風況観測タワー1基
 【運転】平成25年10月



出典 NEDO HPより

福岡県北九州沖

【実施】NEDO
 【構造】着床式(ジャケット式)
 【規模】2,000kW × 1基
 風況観測タワー1基
 【運転】平成25年6月



出典 NEDO HPより

福島県沖

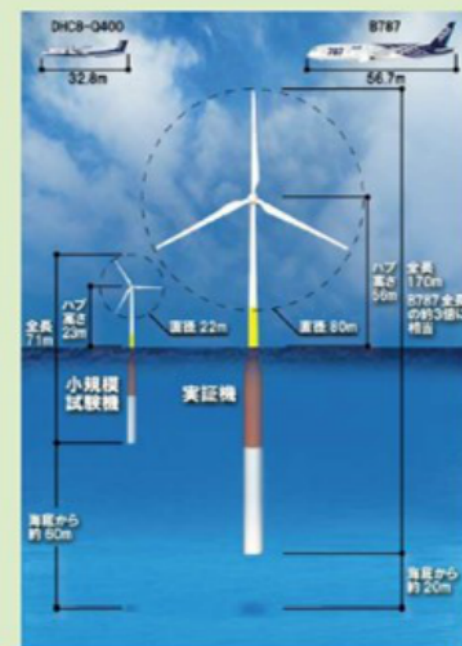
【実施】資源エネルギー庁
 【構造】浮体式
 【規模】2,000kW × 1基
 洋上変電所1基
 【運転】平成25年11月
 【予定】7,000kW × 2基
 平成26年～



出典 福島洋上風力コンソーシアム HPより

長崎県五島列島沖

【実施】環境省
 【構造】浮体式
 【規模】2,000kW × 1基
 【運転】平成25年10月



出典 五島市 HPより

世界の風力発電導入量(国別)



世界の風力発電導入量(国別)

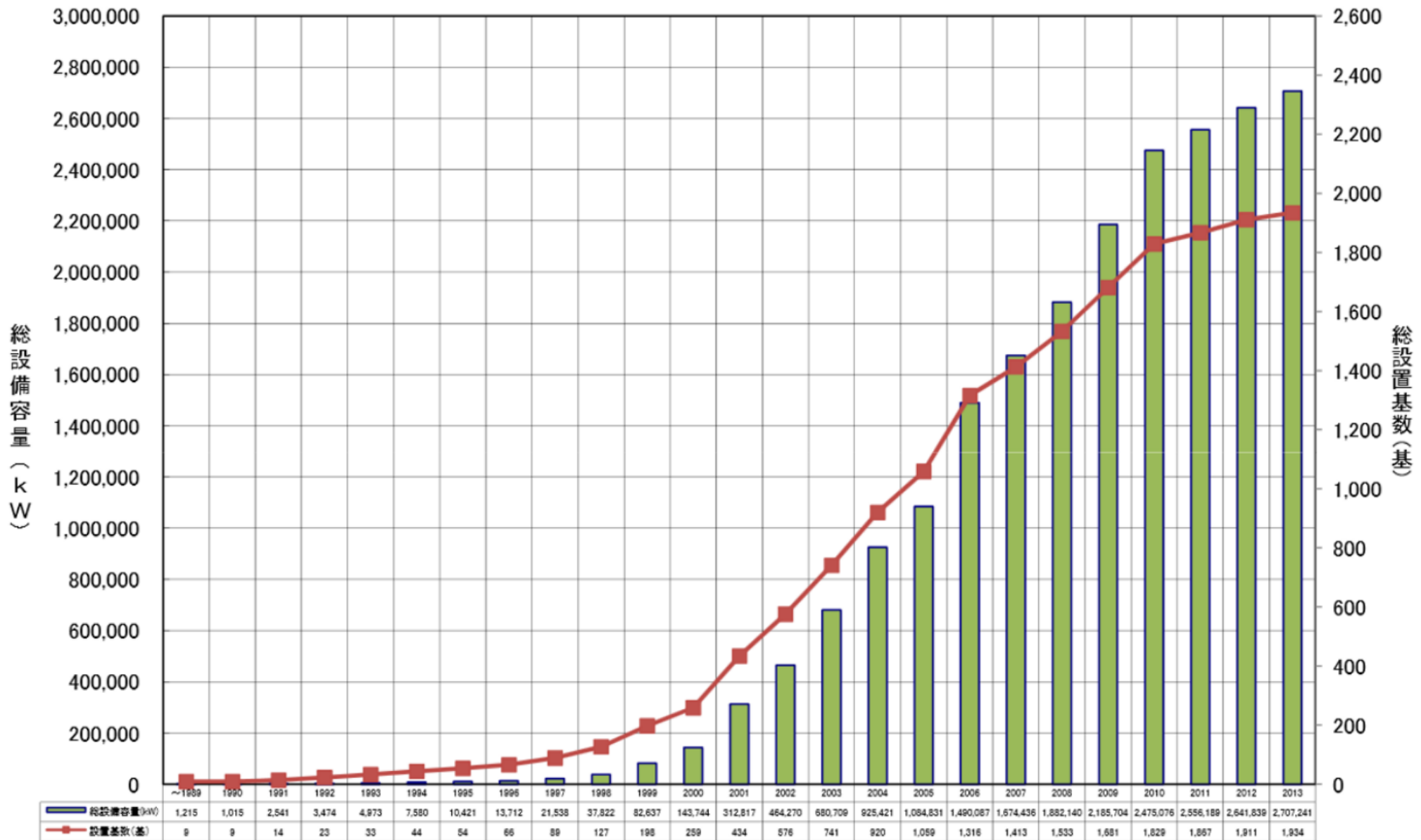


出典: GWEC Global Wind Statistics(暦年版)を基に、JWPA 作成

Global Wind Statistics 2014 (2015-02-10)

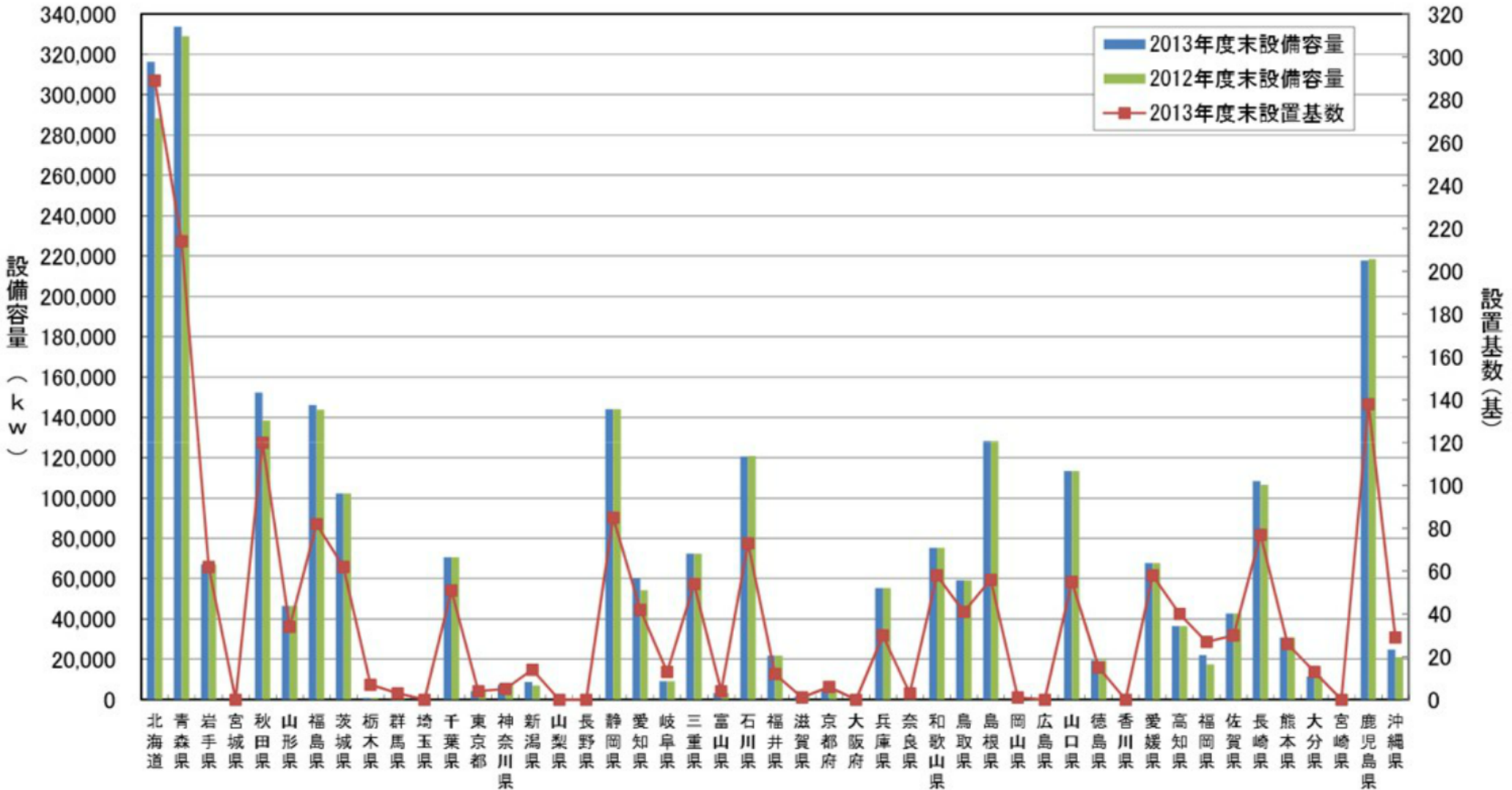
http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/02/GWEC_GlobalWindStats2014_FINAL_10.2.2015.pdf

日本における風力発電導入量の推移



都道府県別風力発電導入量

NEDO
(2014年3月末現在)



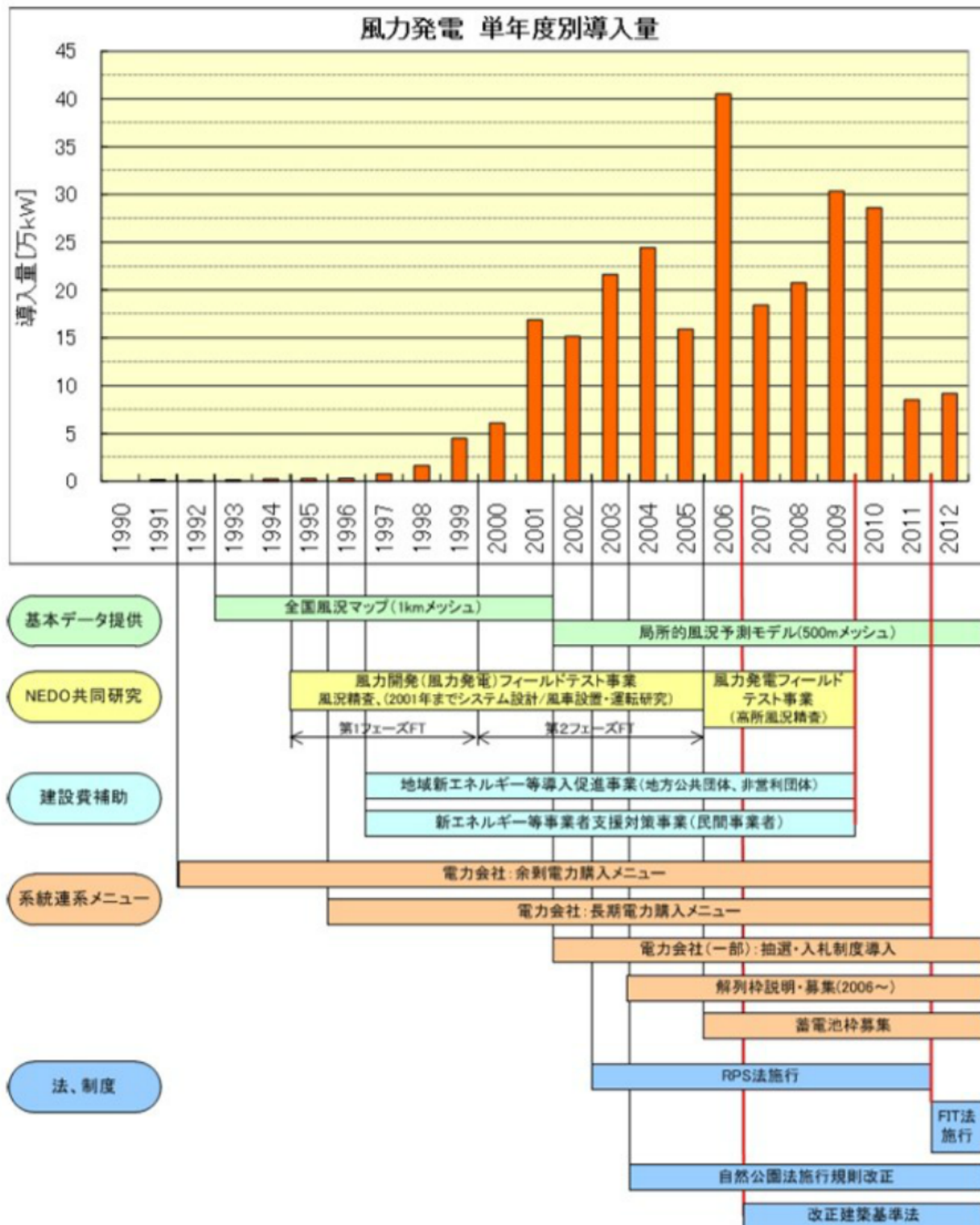
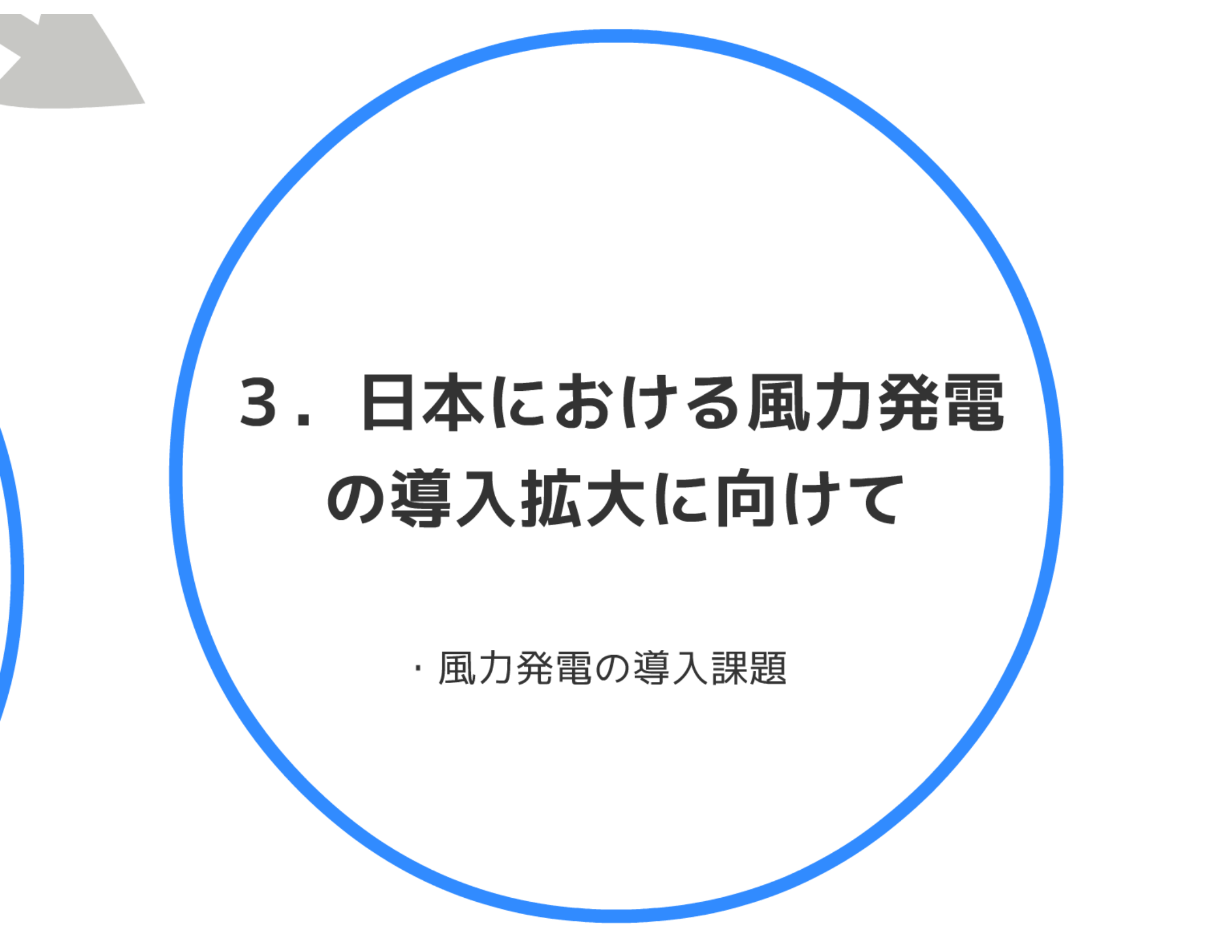


図 1-1 1990 年度から 2012 年度までの単年度導入実績と関連施策



3. 日本における風力発電 の導入拡大に向けて

- ・ 風力発電の導入課題



日本における風力発電の課題

- ・ 技術

- 日本特有の地形、風況への適応、風況予測、洋上風力、コスト、系統連系、etc

- ・ 自然災害

- 雷、台風、etc

- ・ 制度

- 固定価格買取制度、系統運用、etc

- ・ 環境影響

- 自然公園、野鳥、景観、騒音・低周波、etc

騒音



図 1.3.2-9 瀬戸ウインドヒル風力発電所

表 1.3.2-6 瀬戸ウインドヒル風力発電所概要

名称及び設置場所	瀬戸ウインドヒル発電所、愛媛県瀬戸町
発電規模	11,000kW (1MW×11基)
風力発電機	三菱重工業 1,000kW、型式 MWT-1000A、MWT-1000
電力購入者	四国電力株式会社
商業運転開始	2003年10月

景観

阿蘇おぐにウインドファーム

阿蘇おぐにウインドファームは、熊本県阿蘇郡にある、阿蘇くじゅう国立公園内に位置しており、このため、周辺環境への影響を低減させた風車の配置、基盤としています。また、毎年、地元の小学生が環境学習に多く訪れるなど、環境教育の場としての役割も担っています。



所在地:	熊本県阿蘇郡小国町
発電所出力:	8,500kW
風車発電機:	1,700kW×5基
年間発電電力量:	約1,616万kWh/年 (一般家庭約5,300世帯分)
営業運転開始:	2007年3月

阿蘇にしはらウインドファーム

阿蘇にしはらウインドファームは、九州有数の観光地、阿蘇山に近い場所に位置し、地元の観光資源としても大きな期待を集めています。



所在地:	熊本県阿蘇郡西原村大字鳥子字俵山地区
発電所出力:	17,500kW
風車発電機:	1,750kW×10基
年間発電電力量:	約2,500万kWh(一般家庭約7,000世帯分)
営業運転開始:	2005年2月

回らない風車

風力発電の失敗事例2



滋賀県草津市 夢風車 (出典: 草津市HP)



京都府太鼓山風力発電
(出典: 太鼓山風力発電事故に関する専門家会議資料)

江差ウインドパワー 太鼓山風力発電所
(出典: 江差町HP)

風況予測

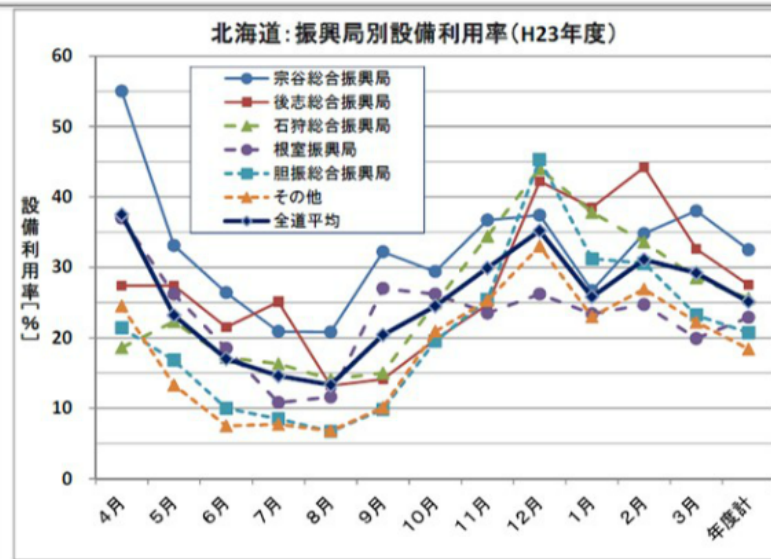
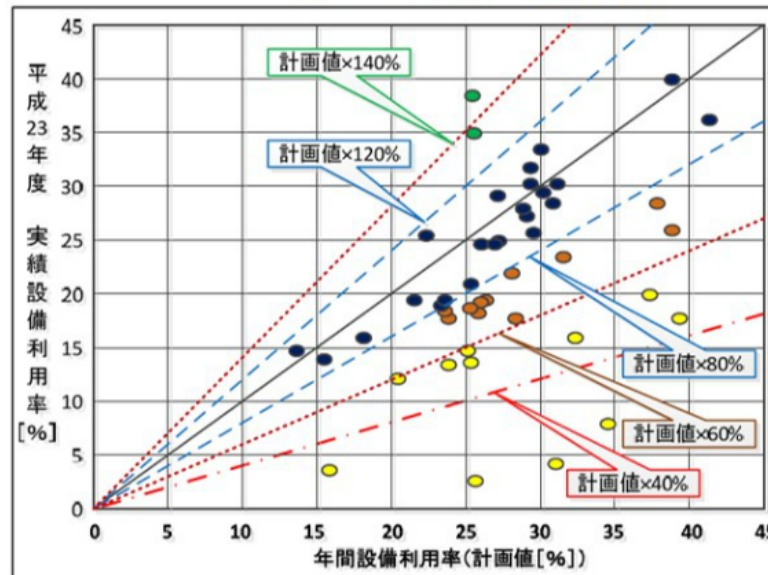
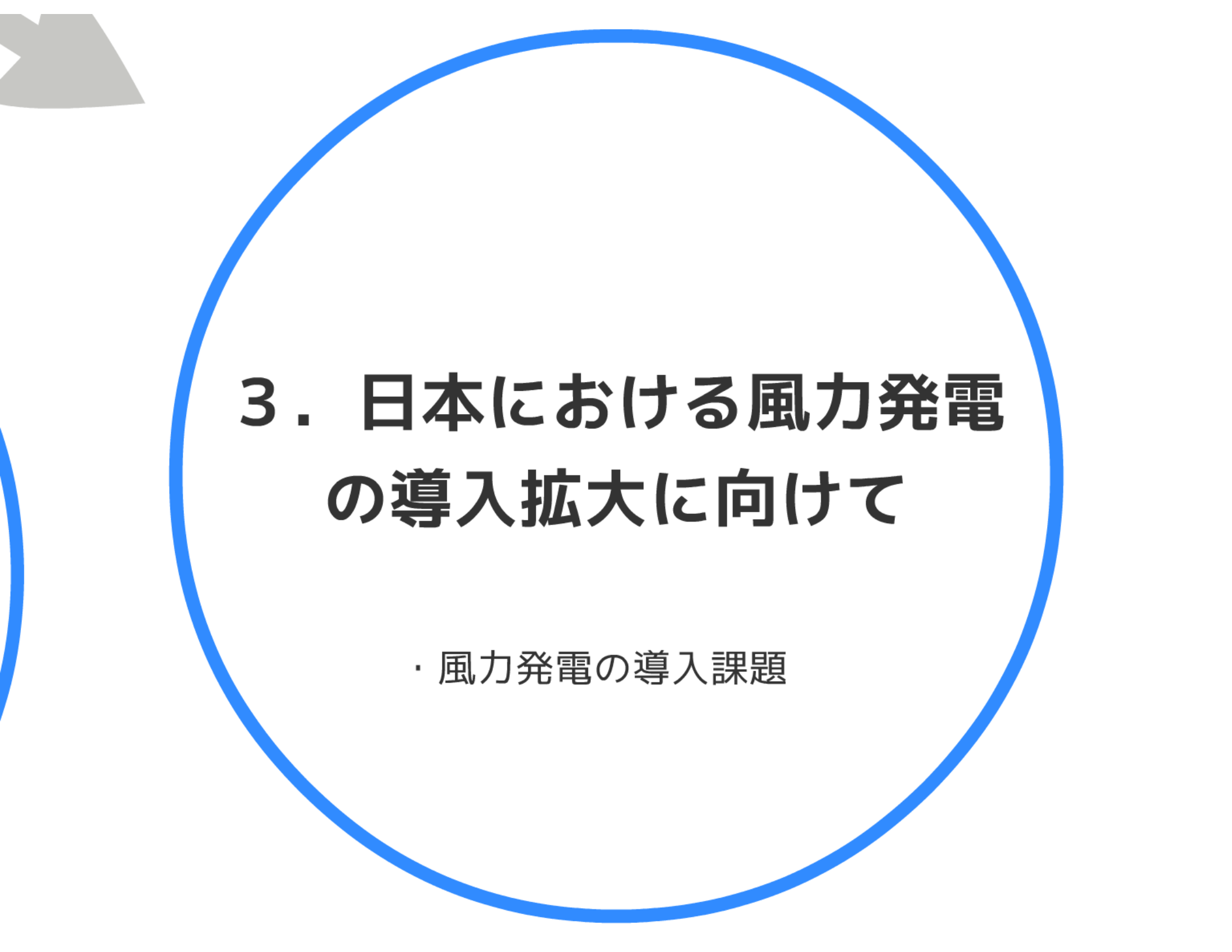


図 2-4 北海道における振興局別設備利用率



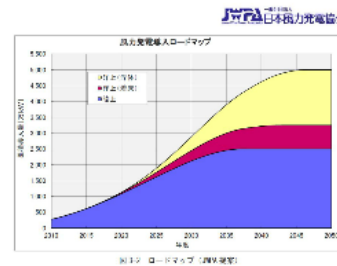


3. 日本における風力発電 の導入拡大に向けて

- ・ 風力発電の導入課題

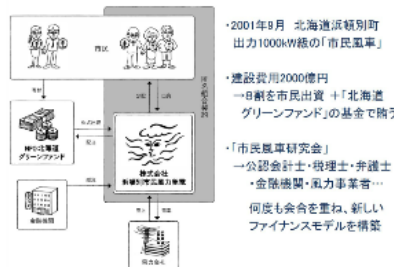
風力発電の導入拡大に向けて

- 各種課題（技術、コスト等）の解決
→ 特に系統連系容量の拡大、出力予測・制御



■ 地域との合意形成

事例紹介: 市民出資による市民風車「はまかぜ」ちゃん



風力発電導入ロードマップ

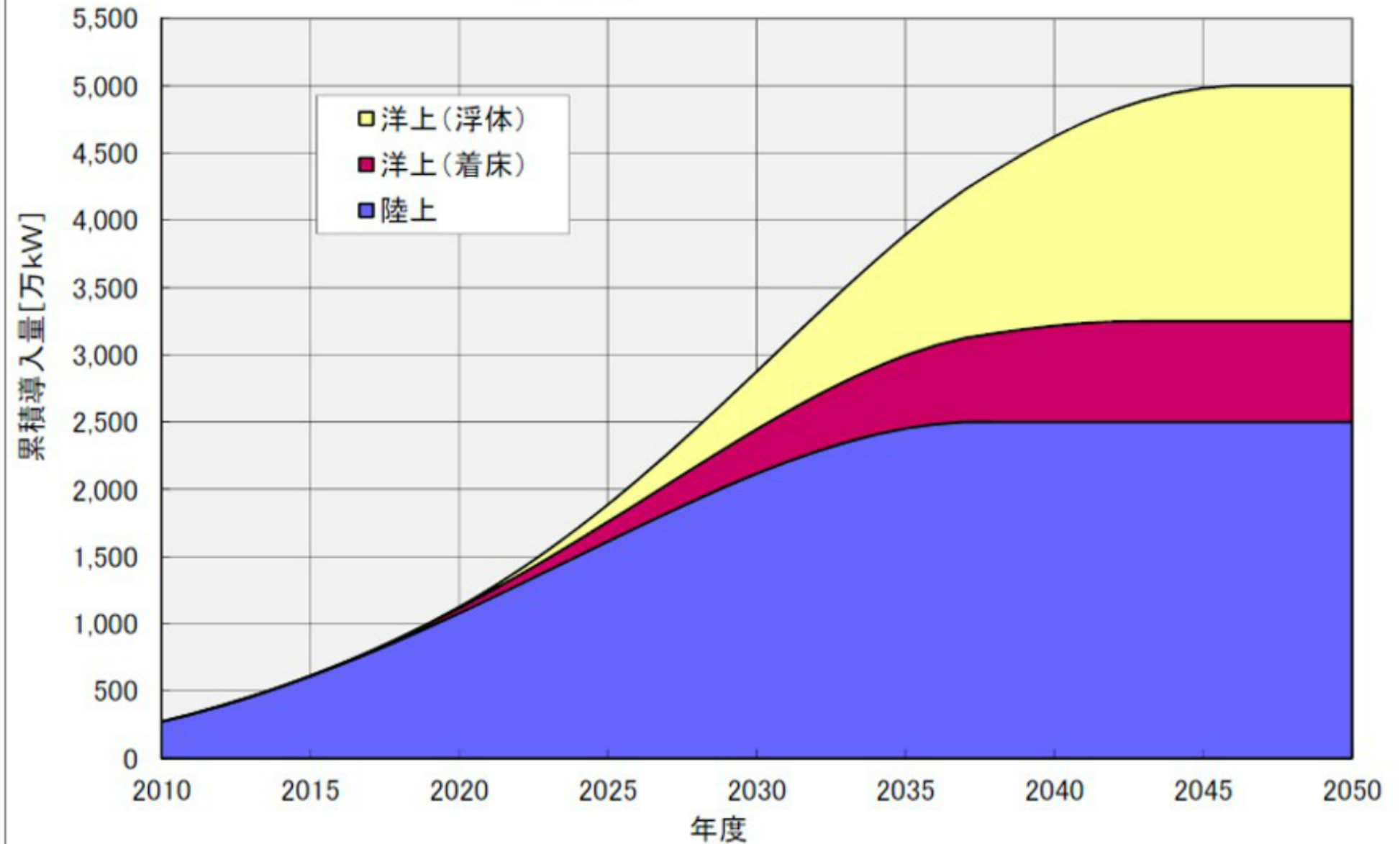
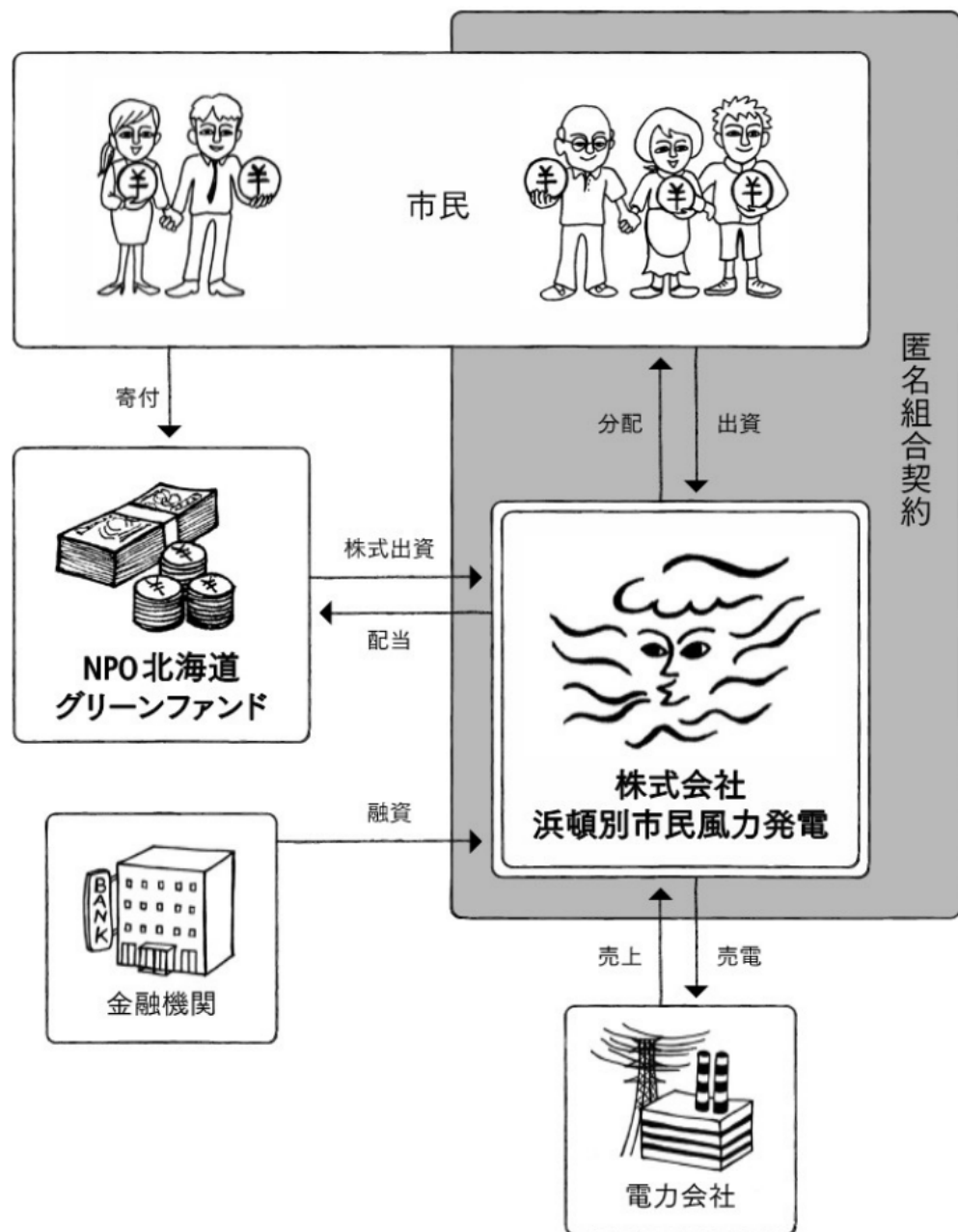


図 3-2 ロードマップ (JWPA 提案)

事例紹介：市民出資による市民風車「はまかぜ」ちゃん



・2001年9月 北海道浜頓別町
出力1000kW級の「市民風車」

・建設費用2000億円
→8割を市民出資 + 「北海道
グリーンファンド」の基金で賄う

・「市民風車研究会」
→公認会計士・税理士・弁護士
・金融機関・風力事業者…

何度も会合を重ね、新しい
ファイナンスモデルを構築