

自然エネルギー白書(風力編) Ver.2.1

1. 導入実績
 - (1) 単年度導入量と累積導入量
 - (2) 都道府県別の導入実績
 - (3) 単年度導入量と施策
 - (4) 連系可能量と募集実績
2. 風力のポテンシャル
 - (1) 陸上風力のポテンシャル
 - (2) 洋上風力のポテンシャル
 - (3) 地域別のポテンシャル
3. 風力発電の中・長期導入目標
4. 中・長期導入シナリオ
5. 産業・雇用効果

2009年9月

風力発電事業者懇話会
一般社団法人 日本風力発電協会

3. 風力発電

3.1 導入実績

(1) 単年度導入量と累積導入量

日本における 10kW 以上の風力発電は、1980 年に三菱重工業(株)殿が試験研究用として 40kW 機を長崎県に設置したのが最初であり、1990 年度末までには、同社の 250kW、300kW 機、石川播磨重工業(株)殿の 100kW 機、ヤマハ発動機(株)殿の 15kW、17kW 機が建設され、運転中の累積容量は、1,015kW となった。

1999 年には、1,000kW 機が登場し、(株)ユーラスエナジー苫前殿が 1,000kW 機 20 台による、国内初の本格的ウインドファーム (20,000kW) を建設した。

その後、風車の単機容量及びウインドファーム容量は、年々大型化し、現在では単機容量 3,000kW (ブレード径≒90m、ハブ高さ≒90m:陸上風力として輸送・建設の限界に近い) 機が登場している。

また、50,000kW 以上のウインドファームも 5 箇所を運転を開始しており、現在の国内最大容量のウインドファームは 2009 年 5 月に運転を開始した(株)ユーラスエナジー新出雲風力発電所で、単機容量 3000kW 機 26 台による 78,000kW である。

2008 年度 (2009 年 3 月末) 時点の導入量は、1,853.6MW (185.36 万 kW)、1517 台であるが、このままでは、国の導入目標である 2010 年までに 300 万 kW の達成は、困難な状況といえる。

1990 年度から 2008 年度までの単年度および累積の導入実績を図 3-1 に、また主要年度の累積導入容量と累積台数を表 3-1 に示す。

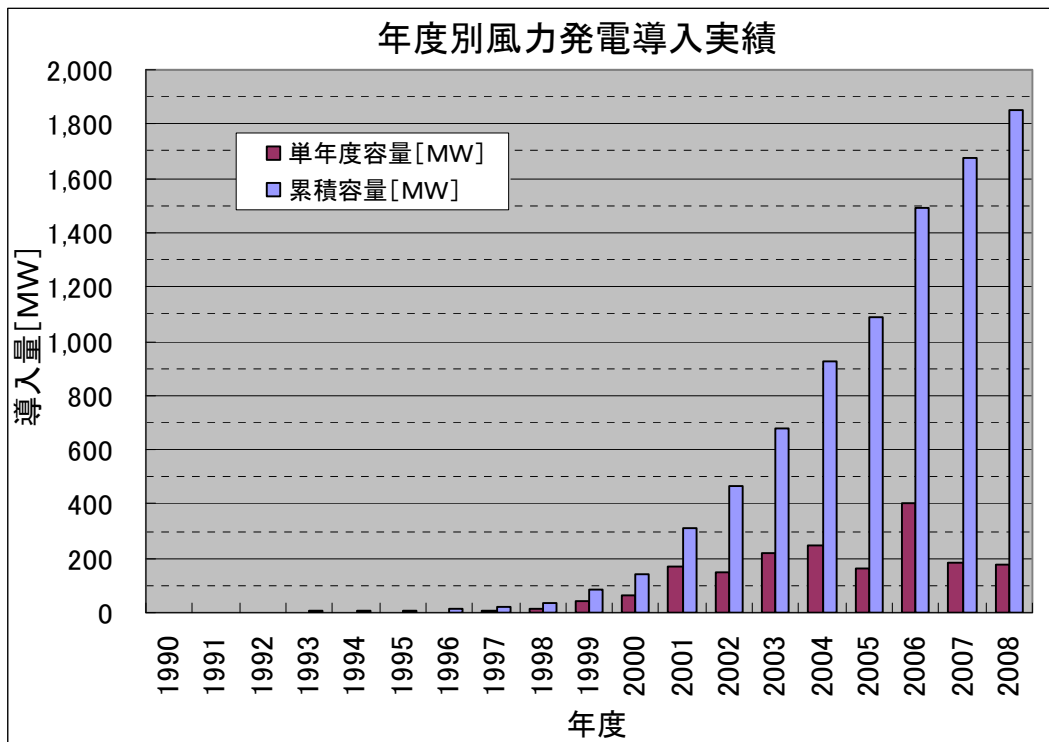


図 3-1 1990 年度から 2008 年度までの単年度および累積導入

表 3-1 累積導入量と累積台数

年度	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
累積容量[MW]	1	10	144	313	464	681	925	1085	1490	1675	1854
累積台数[台]	9	54	259	434	576	741	920	1059	1317	1415	1517

(2) 都道府県別の導入実績

風況の良い北海道、東北、九州の導入量が多く、2008 年度に青森県と鹿児島県で大容量ウインドファームが運転開始したこと、北海道では新規開始ウインドファームが無かったことなどにより、2008 年度は青森県が北海道を抜いて 1 位となった。

2007 年度および 2008 年度の都道府県別導入量を図 3-2 に示す。

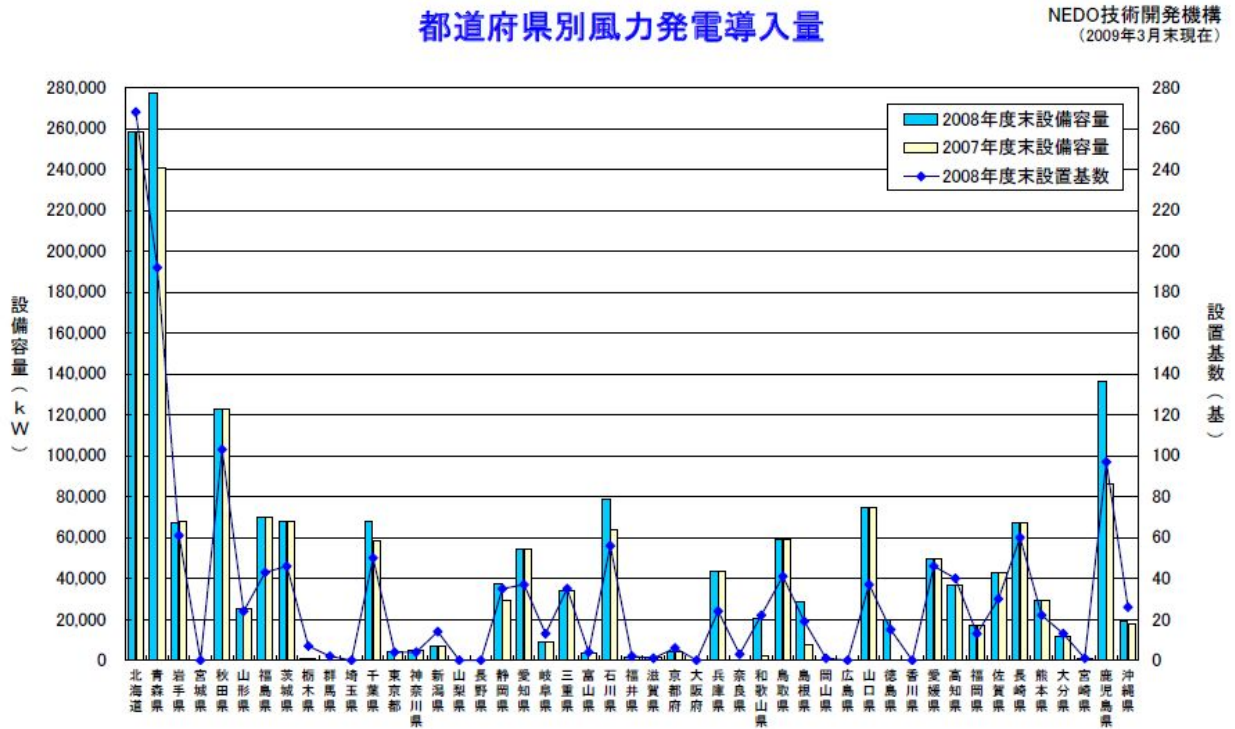


図 3-2 2007 年度および 2008 年度の都道府県別導入量 出典：NEDO

(3) 単年度導入量と施策

1990年度から2008年度までの単年度導入実績と、関連するNEDO共同研究、建設費補助、系統連系メニュー、法・制度の様相を図3-3に示す。

導入量増加に伴う各電力会社殿の募集容量制限、抽選・入札制度の導入、最近では改正建築基準法施行による初期の混乱、世界的な風車需要増加などの影響により、単年度導入量が低下している。

風車の建設は、規模や地域により異なるが、計画時点から2~5年の期間を要するので、諸制度の変更に伴い、直ちに影響を受ける場合と数年後に影響を受ける場合とがある。

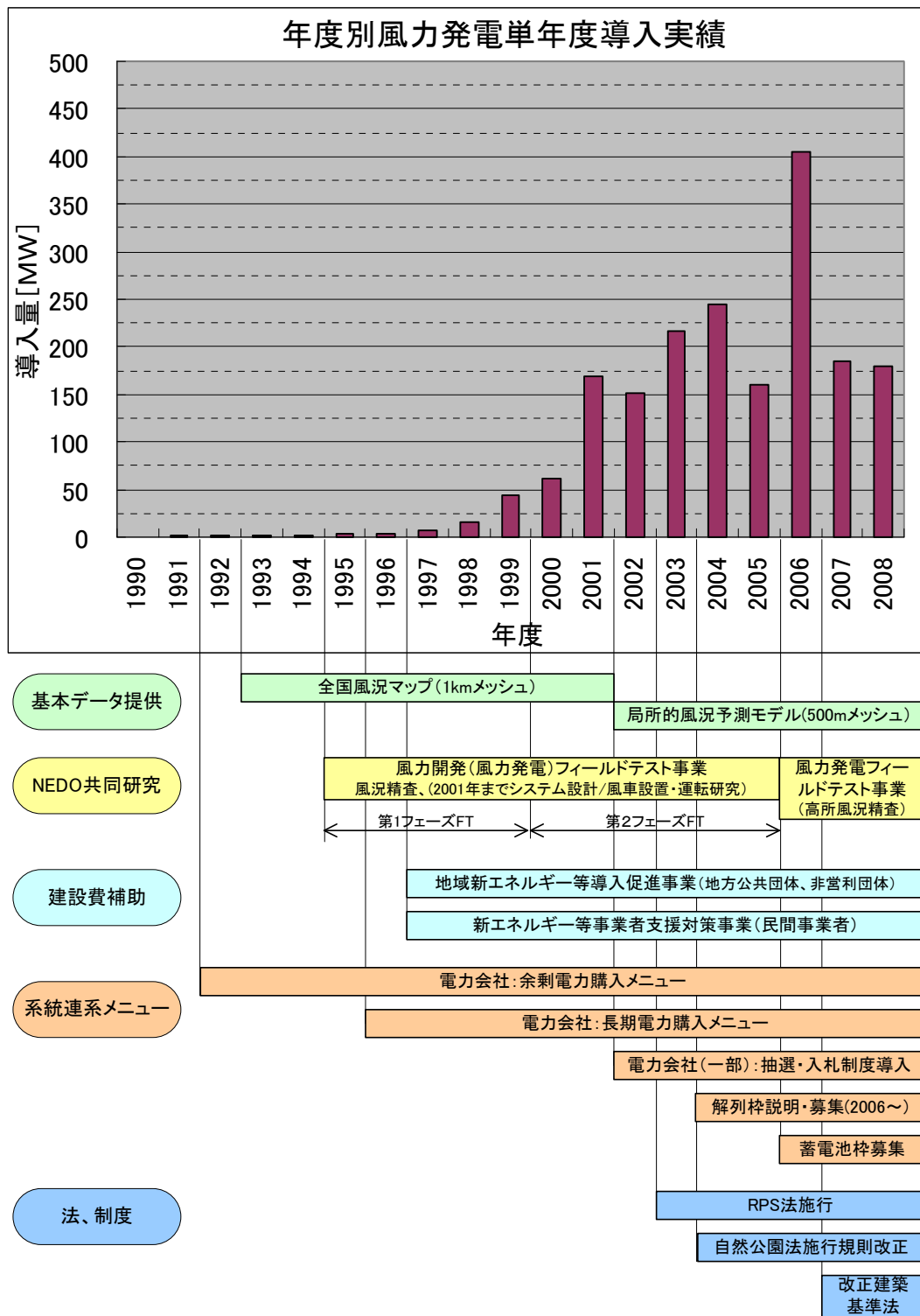


図3-3 1990年度から2008年度までの単年度導入実績と関連施策

(4) 連系可能量と募集実績

2006年度以降における各電力会社殿の連系可能量と募集実績を表3-2に示す。

東京電力殿、中部電力殿、関西電力殿以外は、現設備・運用による連系可能量に比して、連系希望者が多いため、抽選や入札により風力発電事業候補者を決定し、その後に詳細検討を行う方式を採用している。また風力発電系統連系対策小委員会中間報告(案)(2004年7月)に従い、連系制約のある電力会社においては、解列方式や蓄電池併設方式による募集も行われている。

2008年11月時点では、連系制約のある電力会社殿が公表した連系可能量の合計は、330万kWであり、これに連系制約のない電力会社の連系可能量(推定)を加えると、電事連会長が2008年5月に公表した連系可能量(500万kW)になると考えられるが、更なる連系可能量増加には、抜本的な系統連系対策が必要となる。

表3-2 電力会社別連系可能量と募集実績

電力会社	2007年度 発電設備容量 [万kW]	2008-3現在 風力設備容量 [万kW]	連系可能量 公表年月	解析データ (容量[万kW] 、期間)	短周期 変動	最大値	連系可能量 (短周期) [万kW]	連系可能量 (長周期) [万kW]	(逆算) LFC容量 [万kW]	(逆算) 下容量 [万kW]	平成18年度募集 (2006年)	平成19年度募集 (2007年)	平成20年度募集 (2008年)	平成21年度募集 平成22年度募集
北海道電力	650	25.8 4.0%	平成20年3月	24万kW ~20万kW H17-11 ~H19-11	22%	87%	41 6.3%	31 4.8%	9.0	27.0	H18-6:入札、抽選 解列(入札):3万kW 解列(抽選):2万kW		H20-11予:入札、抽選 通常(入札):3万kW 通常(抽選):2万kW	
東北電力	1,680	46.7 2.8%	平成20年11月	35→89万kW 連系時を推定 H14-12 ~H20-3	17.3%	??	88 5.2%	85 5.1%	15.2	??	H18-6:抽選 出力一定、解列:5万kW 変動緩和、解列:5万kW H18-6:抽選 中規模、解列:0.5万kW	H19-12:抽選 変動緩和、解列:7万kW H19-12:抽選 中規模、解列:1万kW		H21-7予:抽選 変動緩和、解列:5万kW H21-7予:抽選、入札 解列(入札):5万kW 解列(抽選):5万kW 中、解列(抽選):1万kW
中国電力	1,180	14.1 1.2%	平成20年11月	10万kW H19年度	??	??	80 6.8%	62 5.3%	??	??	H19-1:入札、抽選 一般枠(入札):5万kW 自治体(抽選):0.5万kW	H19-12:入札、抽選 一般枠(入札):5万kW 自治体(抽選):0.5万kW		H21-11予:入札、抽選 一般枠(入札):9万kW 自治体(抽選):1万kW H22-11予:同上
北陸電力	810	6.9 0.9%	平成20年11月	??	25%	30%	25 3.1%	15 1.9%	6.3	4.5	H18-6:抽選 通常(抽選):2万kW	H19-6:抽選 通常(抽選):2万kW		H21-4~:随時 解列:10万kW
四国電力	670	8.6 1.3%	平成20年1月	??	35%	85%	25 3.7%	20 3.0%	8.8	17.0		H19-10:入札、抽選 通常(入札):2万kW 通常(抽選):1万kW (20万kW強き分)	H21-1予:入札、抽選 解列(入札):3万kW 解列(抽選):2万kW	
九州電力	1,970	25.5 1.3%	平成20年11月	19万kW H15/10 ~H20/3	??	??	130 6.6%	100 5.1%	??	??	H18-6:抽選 通常(一般):5万kW 通常(研究):0.2万kW	H19-6:抽選 通常(一般):13万kW 通常(地域):2万kW 通常(研究):0.2万kW	H20-7:抽選 通常(一般):17万kW 通常(地域):3万kW 通常(研究):0.2万kW	
東京電力	6,250	21.8 0.3%												
中部電力	3,250	11.2 0.3%												
関西電力	3,440	5.2 0.2%												
沖縄電力	190	1.8 0.9%	平成18年2月	??	50%	??	2.5 1.3%	??			H18-8:抽選 通常(一般):1.1万kW 通常(研究):0.2万kW			
全電力計	20,090	167.6 0.8%					391.5 1.9%	313.0 1.6%						
							330.5 1.6%							

3.2 風力のポテンシャル

(1) 陸上風力のポテンシャル

これまでに、新エネルギー・産業技術総合開発機構、総合エネルギー調査会新エネルギー部会から公表されている陸上風力のポテンシャルおよび主な条件は以下のとおりである。

- ・ **1994年4月：物理的限界潜在量=3,500万kW**

年間平均風速=5m/s以上 at 30m高さ、

土地利用区分(1987年)=畑、果樹園、その他の樹木畑、森林、荒地、海浜

(除外:田、建物用地、幹線交通用地、その他の用地、内水地、海水域)

自然公園=含む

道路=幅員2.5m以上、最大傾斜角=5°以下

標高=500m以下

利用面積率=50%

上記全条件適用時の利用可能面積=3,599km²

適用風車=500kW(ブレード径40m 10D×3D配置≒10,417kW/km²)

- ・ **2000年3月：実際の潜在量=640万kW**

年間平均風速=5m/s以上 at 30m高さ、

土地利用区分(1987年)=畑、果樹園、その他の樹木畑、森林、荒地、海浜

(除外:田、建物用地、幹線交通用地、その他の用地、内水地、海水域)

自然公園=除く

道路=幅員5.5m以上、最大傾斜角=10°以下

標高=制限なし

利用面積率=50%

上記全条件適用時の利用可能面積=939km²

適用風車=1,000kW(ブレード径56m 平均10D×4.7D配置≒6,816kW/km²)

しかしながら、これらは約10年前の算出値であり、現在の風車単機容量(2000kW)や、ウインドファームの大型化、社会的環境の変化などに伴う前提条件の見直し、年間平均風速の算出に際しては統計手法から数値シミュレーション手法への移行などを考慮し、再計算・再検討が望まれる。

日本風力発電協会および風力発電事業者懇話会にて、数値シミュレーション手法、最新の国土地理情報などを適用して算出したポテンシャルおよび主な条件は、以下の通りである。

- ・ **2008年3月：実際の潜在量=2,500万kW**

年間平均風速=6m/s以上 at 60m高さ、

土地利用区分(1997年)=その他の農用地、荒地、海浜

(除外:森林、田、建物用地、幹線交通用地、その他の用地、河川地及び湖沼、海水域、ゴルフ場)

自然公園=含む

道路=指定なし、最大傾斜角=指定無し

標高=1000m以下

利用面積率=40%(自然公園、道路、最大傾斜角による制約を80%と仮定:50%×80%=40%)

上記全条件適用時の利用可能面積=2,414km²

適用風車=2,000kW(ブレード径80m 10D×3D配置≒10,356kW/km²)

(2) 洋上風力のポテンシャル

これまでに、公的機関から洋上風力のポテンシャルは公表されていないが、日本風力発電協会および風力発電事業者懇話会にて、数値シミュレーション手法、最新の国土地理情報などを使用して、算出したポテンシャルおよび主な条件は、以下の通りである。

<着床式洋上風力>

- ・ 2008年3月：実際の潜在量=1,800万kW（2000kW風車適用時および5000kW風車適用時）
- 年間平均風速=7m/s以上 at 60m高さ、
- 水深= 30m未満
- 陸地からの距離= 50km未満
- 利用面積率=20%
- 上記全条件適用時の利用可能面積=1,750km²
- 適用風車=2,000kW または 5000kW

<浮体式洋上風力>

- ・ 2008年3月：実際の潜在量=3,800万kW（2000kW風車適用時および5000kW風車適用時）
- 年間平均風速=7m/s以上 at 60m高さ、
- 水深= 30m以上300m未満
- 陸地からの距離= 50km未満
- 利用面積率=2%
- 上記全条件適用時の利用可能面積=3,670km²
- 適用風車=2,000kW または 5000kW

(3) 地域別のポテンシャル

日本風力発電協会と風力発電事業者懇話会が算出した陸上および洋上風力のポテンシャルを単純合計すると8,100万kWとなるが、各電力会社管内に区分すると、北海道、東北、九州の合計が全体の約80%に達し、各電力会社の設備容量なども考慮した導入計画が必要となる。東京、中部、関西は住宅・人口も多いことなどから、再生可能エネルギー拡大には、この地域には、太陽光発電設備の大幅設置が望まれる。（中・長期導入目標値と地域別導入量の試算結果は、3.3項を参照）

電力会社管内別の風力ポテンシャルを図3-4に示す。棒グラフと折れ線グラフの低値を合計すると2,500万kWとなり、これは年間需用電力量の約5%供給可能な値に相当する。

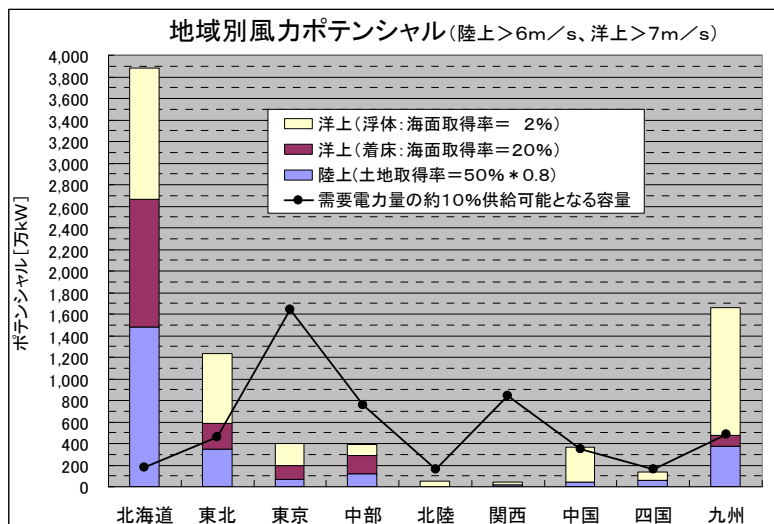


図3-4 電力会社管内別風力ポテンシャル

3.3 風力発電の中・長期導入目標（ロードマップ）

現在、温室効果ガス排出量削減中期目標が策定されているが、日本風力発電協会と風力発電事業者懇話会は、2008年2月に2050年までの長期導入目標を策定し、関係省庁への要望書や再生可能エネルギーに関するセミナーなどにおいて、これを公表している。

- ☆ 中期導入目標値（2020年）：1,000万kW以上
- ☆ 中期導入目標値（2030年）：2,000万kW以上
- ☆ 長期導入目標値（2050年）：2,500万kWを最低値とし、5,000万kWを目指す。

上記目標値算出の手順は、以下の通りである。

- ① 国内電力会社の発電設備容量および年間需用電力量、最大需用電力および最低需用電力から、目標値を設定
 - ・ 年間需用電力量の約10%を風力で供給：ビジョン = 5,000万kW
 - ・ 年間需要電力量の約5%を風力で供給：オルタナティブ = 2,500万kW
- ② 日本全国の風力発電ポテンシャル（3.2項(1)、(2)参照）から、目標値を設定
 - ①項の目標値を達成可能であることを確認
- ③ 電力会社（地域）別の風力発電ポテンシャル（3.2項(3)参照）から目標値を設定
 - ①項の目標値を達成可能であることを確認。但し地域によっては洋上風力の面積利用率を変更
- ④ これまでの単年度導入実績に基づく成長曲線などから目標値達成の成長曲線を設定し、2050年度までの導入目標値に展開

図3-5 および表3-3に、中・長期導入目標値と風車構成を示す。

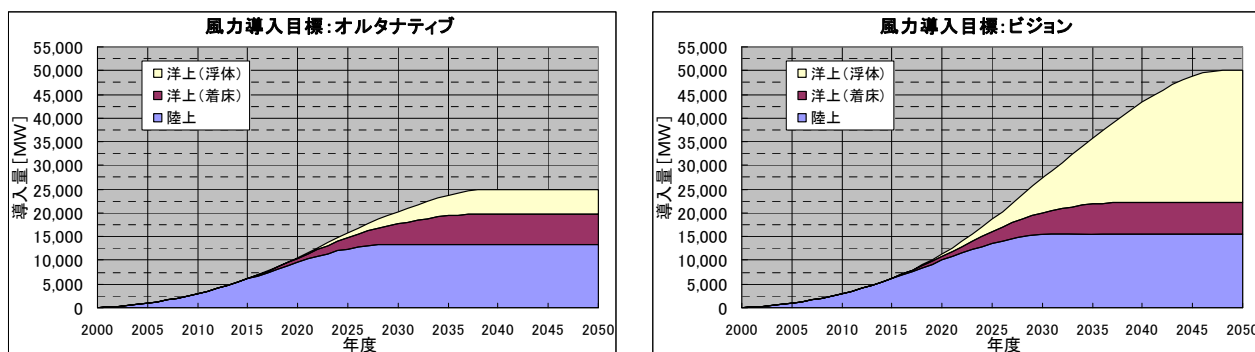


図3-5 中・長期導入目標値と風車構成

表3-3 中・長期導入目標値と風車構成

年度	オルタナティブ：[MW] (需要電力量の5%供給)				ビジョン：[MW] (需要電力量の10%供給)			
	陸上	洋上(着床)	洋上(浮体)	合計	陸上	洋上(着床)	洋上(浮体)	合計
2008	1,854	0	0	1,854	1,854	0	0	1,854
2010	3,000	0	0	3,000	3,000	0	0	3,000
2020	9,600	800	200	10,600	10,000	800	400	11,300
2030	13,200	4,500	2,600	20,200	15,500	4,600	7,200	27,300
2040	13,200	6,500	5,300	25,000	15,500	6,700	21,100	43,300
2050	13,200	6,500	5,300	25,000	15,500	6,700	27,800	50,000

中・長期導入目標値による地域別導入量試算結果の一部を図 3-5 に示す。なおこの試算に際しては、2000 万 kW 導入時に 3 地域における電力会社の導入量を、年間需用電力量の 10%供給相当とし、導入量増加に伴い、10%供給を超過または 3.2 項に記した、利用面積率の増加を図っている。

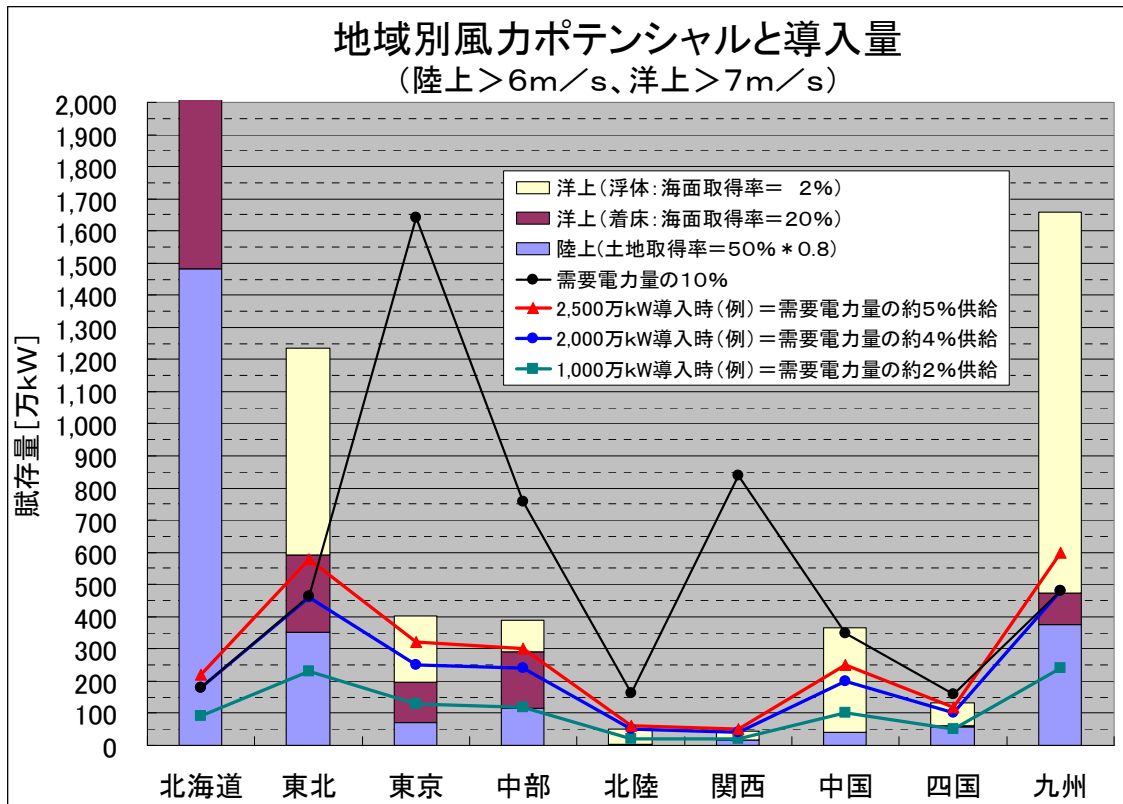


図 3-5 風力ポテンシャルと地域別導入量試算結果 (例)

一方、総合資源エネルギー調査会需給部会においては、2020 年および 2030 年の見通し（最大導入ケース）を、それぞれ 491 万 kW、661 万 kW と公表しており、日本風力発電協会および風力発電事業者懇話会が算定したビジョンおよびオルタナティブによる導入目標とは大きく異なっている。

これまでの導入実績と需給部会の見通し、2030 年までのビジョンおよびオルタナティブによる導入目標を図 3-6 に示す。

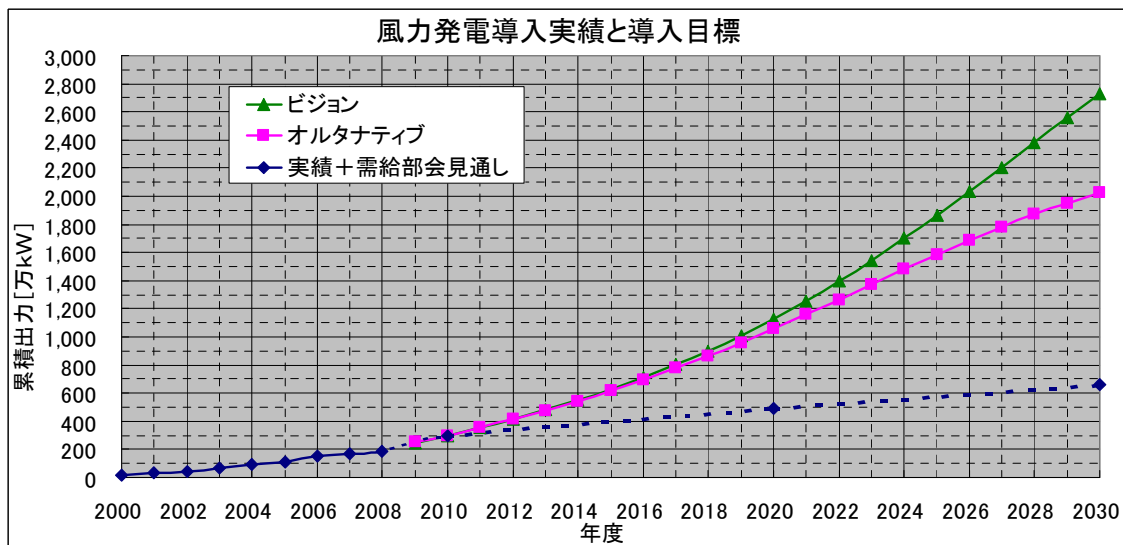


図 3-6 導入実績、需給部会見通しおよび JWPA/WPDA 算定のビジョンとオルタナティブ

3.4 中・長期導入シナリオ

風力発電は、地球温暖化対策のみならず、エネルギーセキュリティー、産業・雇用効果を含めて総合的な経済効果の観点からも、世界的に再生可能エネルギーの切り札として、中・長期導入目標が定められ、生産設備の新增設が進められている。

しかしながら、系統連系対策や新機種の開発・投入には10年単位での期間を要する場合が多く、常に10年先を見越した対策の実施が必要である。

日本の中・長期導入目標（2020, 2030, 2050年）が2010年までに、JWPA/WPDAの導入目標値と同等な値に設定される事を前提にした対策を以下に示す。

（1）2020年の目標値（1000万kW以上）実現の為に2010年頃までに開始

☆ 系統連系対策

- ・ 主に深夜帯の会社間連系線と個別制御蓄電池システムを活用した風力開発の実施
- ・ グループ制御方式蓄電値システムを活用した風力開発の実証
- ・ ウインドファーム制御機能（最大出力制限、出力上昇率制限、無効電力・電圧制御）を活用した風力開発の実施
- ・ 風況の良い地点への送電線・会社間連系線、電力貯蔵設備および調整電源の新增設計画の策定

☆ 調査・研究開発

- ・ 気象予測システムを取り入れた50(60)Hz系統の広域系統運用システムの実証
- ・ 着床式洋上風力の実証
- ・ 浮体式洋上風力の研究

（2）2030年の目標値（2000万kW以上）実現の為に2020年頃までに開始

☆ 系統連系対策

- ・ グループ制御方式蓄電値システムを活用した風力開発の実施
- ・ 風況の良い地点への送電線・会社間連系線の新增設実施
- ・ 風況の良い地点への電力貯蔵設備、調整用電源の新增設実施
（集中制御方式蓄電値システム、揚水発電、コンバインド火力など）

☆ 調査・研究開発

- ・ 気象予測システムを取り入れた50(60)Hz系統の広域系統運用システムの実施
- ・ 浮体式洋上風力の実証

（3）社会環境、経済環境などに応じて、継続的に実施

☆ 事業性の確保

- ・ 中・長期導入目標値と整合したRPS義務量の設定
- ・ 風力発電による発電電力の適正買い取り価格設定
- ・ 風力発電による発電電力の買い取り期間延長（設計耐用年数との整合）

☆ 規制・制度の緩和と創設

- ・ 自然公園内への風力発電導入促進
- ・ 建築基準法における風力発電に対する超高層建築物並みの要求基準緩和
- ・ 建築基準法の要求基準と電気事業法による規制との統合
- ・ 農地及び林地への風力発電導入促進と申請の簡素化
- ・ 地元へのインセンティブ付与

3.5 産業・雇用効果

風力発電は、太陽光発電と異なり自動車産業に近い【約2万点の部品による組み立て産業】であり、機械系・電気系・素材系の部品産業、メンテナンス（年2回の定期点検）、送電線や系統制御設備の増設工事、土木・建設工事などを含めると産業・雇用効果が極めて大きい事業であると言える。

- ① 世界風力会議（GWEC）発行の【Global Wind 2008 Report】および【Global Wind Energy Outlook 2008】による、2008年末における世界の風力発電産業は、以下の通りである。
 - ・ 年間生産風車≒2,800万kW
 - ・ 風車産業雇用≒40万人 : 約15人/MW（約150人/万kW）
 - ・ 市場規模：風車関係≒5兆円、
 - : 部品・メンテナンス・風力発電所以外の電力設備など≒5兆円（推定）
 - : 合計≒3.5億円/MW（約35万/kW）
 - ・ 年間増加率 ≒25%（5年で3.0倍、10年で9.3倍）
- ② アメリカの【20%Wind Energy by 2030】計画では、風車の製造・建設・運用で15万人の直接雇用を、関連部本産業・メンテナンスなどで30万人の雇用が図れると公表している。
- ③ 日本は、風車の世界シェアが約3%であり、金額で約1千億円/年であるが、大型軸受けは、世界のトップ5に日本企業が3社も入っており、機械系・電気系・素材系・メンテナンス系の産業を含めると約3千億円/年以上である。
また、風車メーカーの直接雇用は1千人以上であり、関連産業などを含めると約1万人の雇用と考えられる。

風力発電設備は、約20年で設備更新を行うので、JWPA/WPDAが策定した導入目標「オルタナティブ」の場合でも、2025年以降の単年度導入量は約130万kW/年であり、更新工事に伴う建設コスト低下、市場拡大に伴う量産効果による建設コスト低下および洋上風力の建設コストなどを考慮すると共に、メンテナンスコストを加えると、国内向けのみで約3.5千億円/年の市場規模、約2万人の雇用に相当する。（ビジョンの場合はこの2倍以上）

一方、世界市場は年率約25%の上昇が見込まれており、国内の風力関連産業における市場規模は、これまで実績がある、国産風車、大型軸受けなどの機械系部品や電気系部品に加えて、風車ブレードへの適用が検討されているカーボン繊維などの海外輸出を積極的に推進することにより、2020～2025年には、最低でも約2兆円/年、約5万人の雇用を実現する事が可能と言える。

図3-7に、オルタナティブ、ビジョンにおける更新を含む風力発電設備単年度導入量を示す。

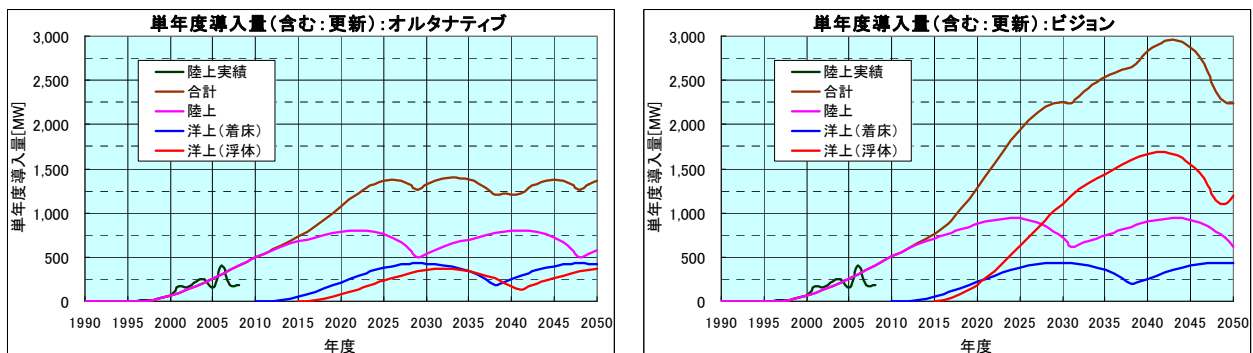
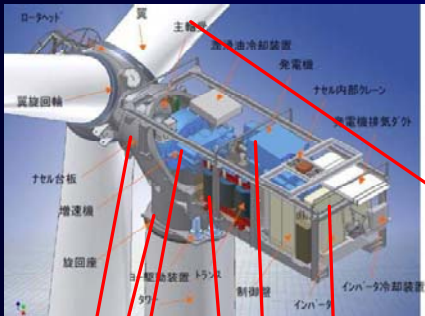


図3-7 更新を含む単年度導入量

<参考>

WPDA風力発電事業者懇話会 JWPA 日本風力発電協会

風力発電装置と主な日本メーカー-1



大型風車メーカー: 三菱重工・富士重工・日本製鋼所・駒井鉄工

小型風車メーカー: ・ゼファー・那須電機鉄工・エフテック
ニッコー・中西金属工業・MECARO・菊川工業・ジーエイクラフト・前川製作所・豊琰電研・シフニアテクノロジー

ブレード: 日本製鋼所・ジーエイクラフト(クラレ)

FRP: 日本ユピカ・昭和高分子・大日本インキ・日本冷熱・旭ガラス・日本電気ガラス・東レ
(三菱レーヨン・東邦テナックス・クラレ)

発電機: 日立・三菱電機・東芝・明電舎・神鋼電機

変圧器: 富士電機・利昌工業

電気機器: 日立・三菱電機・東芝・富士電機・安川電機・明電舎・フジクラ

軸受: ジェイテク(旧 光洋精工)・日本精工・NTN・コマツ・日本ロパロ

増速機(歯車): 石橋製作所・大阪製鎖(住友重機械)・コマツ

油圧機器: カワサキプレジジョンマシンリ(川崎重工)・日本ムーグ

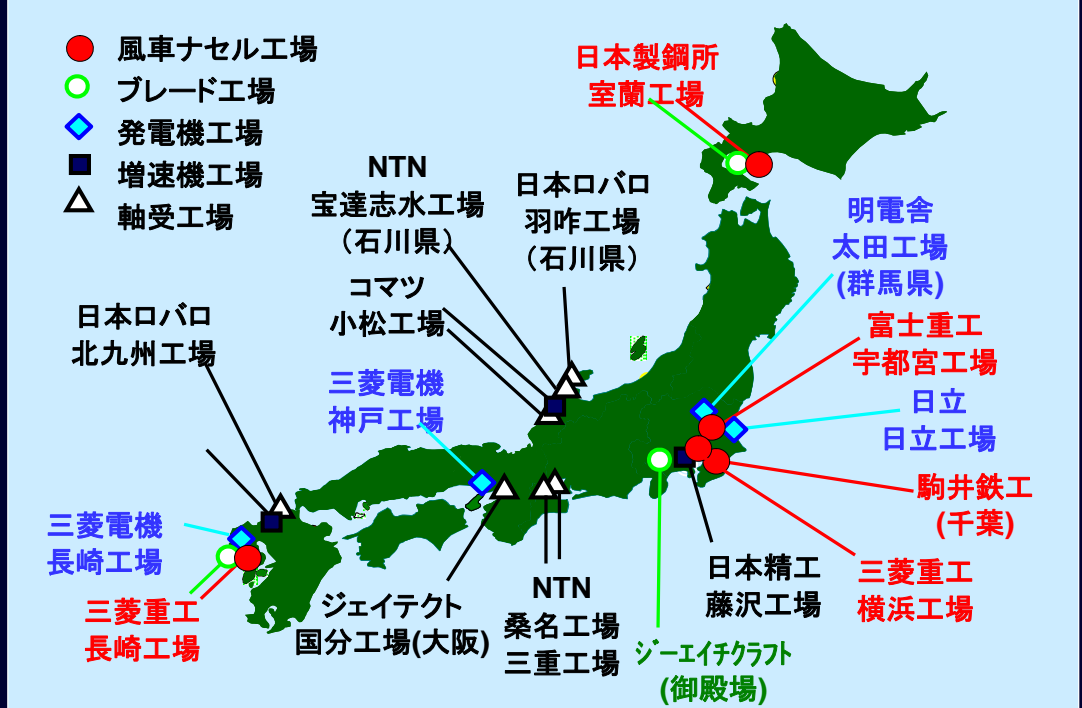
機械装置: ナブテスコ・住友重機械・豊興工業・曙ブレーキ

鉄鋼・鋳物: 日本製鋼所・日本鋳造

39

WPDA風力発電事業者懇話会 JWPA 日本風力発電協会

風力発電装置と主な日本メーカー-2



- 風車ナセル工場
- ブレード工場
- ◆ 発電機工場
- 増速機工場
- △ 軸受工場

日本製鋼所 室蘭工場

明電舎 太田工場 (群馬県)

富士重工 宇都宮工場

日立 日立工場

駒井鉄工 (千葉)

三菱重工 横浜工場

日本精工 藤沢工場

ジーエイクラフト (御殿場)

NTN 桑名工場 三重工場

ジェイテクト 国分工場(大阪)

三菱電機 長崎工場

三菱重工 長崎工場

日本ロパロ 北九州工場

三菱電機 神戸工場

NTN 宝達志水工場 (石川県)

日本ロパロ 羽咋工場 (石川県)

コマツ 小松工場

40