

風力発電導入ガイドブック

(2008年2月改訂第9版)



表紙の説明

2002 年度より行われている J-POWER「風車のある風景」絵画コンテスト（主催：朝日新聞社、後援：経済産業省、環境省、朝日小学生新聞、朝日中学生ウィークリー、協賛：J-POWER 電源開発株式会社）の入賞作品

表表紙：2007 年度 一般の部「楊貴妃の里に吹く風」田中靖寛様（山口県山口市）

裏表紙：2007 年度 小学生以下の部「かわとふうしゃ」小林由佳様（愛知県大府市）

ま え が き

21世紀に入り、国際情勢の緊迫化や中国経済の活発化に伴う国際的エネルギー需給逼迫の可能性も指摘され、また地球温暖化をはじめとする地球環境問題が顕在化し、気候変動枠組み条約締約国会議で約束されたいわゆる「京都議定書」も2005年2月に発効され、環境負荷の少ない石油代替エネルギーである新エネルギーの導入促進が重要となってきた。新エネルギーの中でも、自然エネルギーである風力エネルギーは、有力な再生可能エネルギーで、稼働中には二酸化炭素、硫黄酸化物等の大気汚染物質の排出を伴わないクリーンなエネルギーであり、また新エネルギーの中では経済的にも有望であることから、その導入促進が期待されている。

風力発電は、既に欧米では相当容量の商業運転が行われ、2006年末現在、世界の風力発電総設備容量は約7,433万kWに達しており、ドイツ（約2,062万kW）、アメリカ（約1,170万kW）、スペイン（約1,162万kW）、インド（約627万kW）、デンマーク（約314万kW）等で導入が進んでいる。わが国においても、電気事業法関連法令の改正による設置手続き等の簡素化、電力会社による電力長期購入制度の整備、経済産業省およびNEDO技術開発機構による助成制度等を背景として、風力発電の導入が盛んに行われ、2007年3月末現在の導入総設備容量は約149万kWとなり、経済産業省の総合資源エネルギー調査会「新エネルギー部会報告書」（2001年6月）で定めた国の導入目標である「2010年度までに約300万kW」のほぼ半分に達したところであり、目標の達成に向けてさらなる導入が期待される。

しかし、一方で、風力発電の導入後の運転実績については、故障・事故による稼働率の低下（運転時間の減少）、予想と異なった風況等により初期の予想より発電量が低い事例も見受けられ事業性に影響を及ぼすとともに、風力発電装置の大型化に伴い周囲の環境への影響が現れてきつつある。

NEDOではこのような背景を踏まえ、2002年度に「騒音」、「環境影響評価」に関する調査および2002、2003年度に風力発電システム導入に向けた技術的阻害要因の調査・検討を行う「風力発電に関する総合調査委員会」を設置し、技術的課題の抽出・整理と選定された主要テーマに対して対応策をまとめた。2004～2006年度にはそれを受けて「風力発電利用率向上調査委員会」が設立され、風車の故障・事故の実態や稼働状況について整理・分析するとともに、課題と対策等について取りまとめる活動を行い、2007年度からは「風力発電故障・事故等調査委員会」を設置して、わが国の風力発電設備の利用率の向上と一層の導入促進に向けての活動を継続して行っている。

一方、「風力発電導入ガイドブック」は風力発電事業者等が風力発電の導入を検討する際の手引きとして、1996年に第1版を刊行し、以降必要に応じて改訂版を発行してきたが、この度、NEDO技術開発機構がイー・アンド・イー ソリューションズ株式会社に委託し、風力発電の導入意義、風力発電の現状、導入事例、並びに実際に導入を行う際に必要となる調査等の検討の進め方等について内容を一新してまとめ、第9版として発行するものである。

なお、風力発電に関しては、系統連系をしない独立型のもの、公園や建物の屋上に設置する小型風車やマイクロ風車もあるが、本書では系統連系をする比較的大型の風車を主な対象として記述している。本ガイドブックが、風力発電に対する理解と導入に際しての一助となり、さらなる導入促進につながることを期待する。

2008年2月

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー対策推進部

風力発電導入ガイドブック(第9版)

目次

1. 風力発電の導入意義	1
1.1 導入の背景	1
1.1.1 エネルギー問題	1
1.1.2 温室効果ガスの排出に対する取組み動向	6
1.1.3 我が国の新エネルギー政策	13
1.2 新エネルギーにおける風力発電の位置づけ	21
1.3 風力発電導入の動向	23
1.3.1 世界の動向	23
1.3.2 日本の動向	34
2. 風力発電システム	54
2.1 風車の種類	54
2.2 風車の効率	57
2.3 風力発電システムの構成	59
2.4 風況と出力の関係	65
3. 風車の風環境	68
3.1 風力発電導入時に考慮すべき設置環境	68
3.2 風況について	69
3.2.1 風力エネルギー	69
3.2.2 風況の特徴	71
3.2.3 風況データ	85
4. 風力発電事業の検討の進め方	89
4.1 導入事業計画の概要	89
4.2 導入計画の進め方	91
4.2.1 立地調査	91
4.2.2 風況精査	104
4.2.3 基本設計	111
4.2.4 実施設計	125
4.2.5 建設工事	130
4.2.6 運転・保守	140

4.3 電気事業者との協議	149
4.3.1 系統連系に関する手続き	149
4.3.2 売電に関する手続き	153
4.4 電気事業法による法的手続き	155
4.5 助成制度	158
参考となる資料	160

付属資料

．風力発電事業に係る許認可窓口	165
．風力発電関係機関等連絡先	166
．関係法・法的手続き	169
．風力発電導入に関する助成制度	175
．風力発電用語集	196

1. 風力発電の導入意義

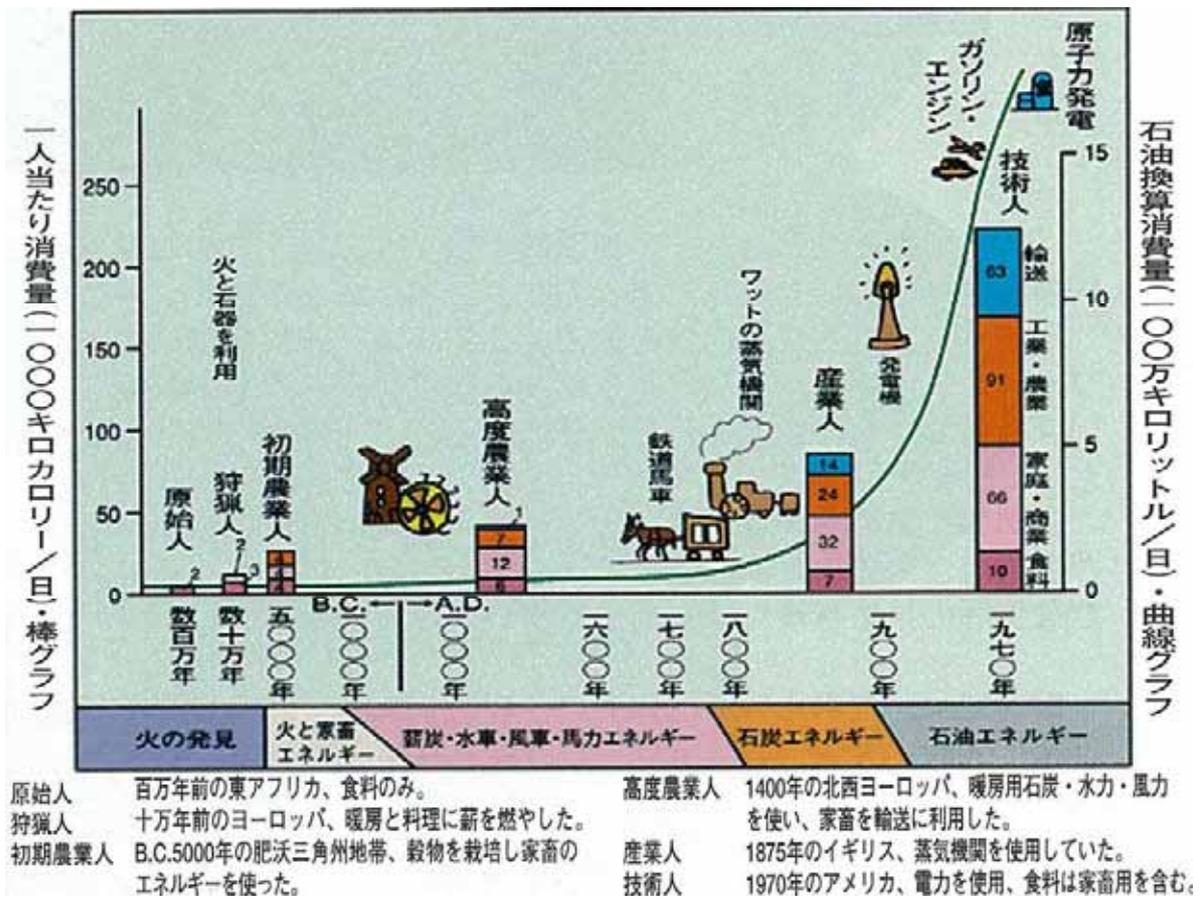
1.1 導入の背景

1.1.1 エネルギー問題

(1) 地球温暖化

人類は今、地球温暖化をはじめとする地球環境問題に直面している。

産業革命以降、現在まで図 1.1.1-1 に見るように人類のエネルギー消費量は急激に増加し、20 世紀以降には生産・消費の規模を拡大することで、豊かで快適な生活を築いてきたが、その裏では大量な資源の消費と膨大な廃棄物の自然界への放出をしつづけてきた。



出典：NEDO 新エネルギーガイドブック概論編

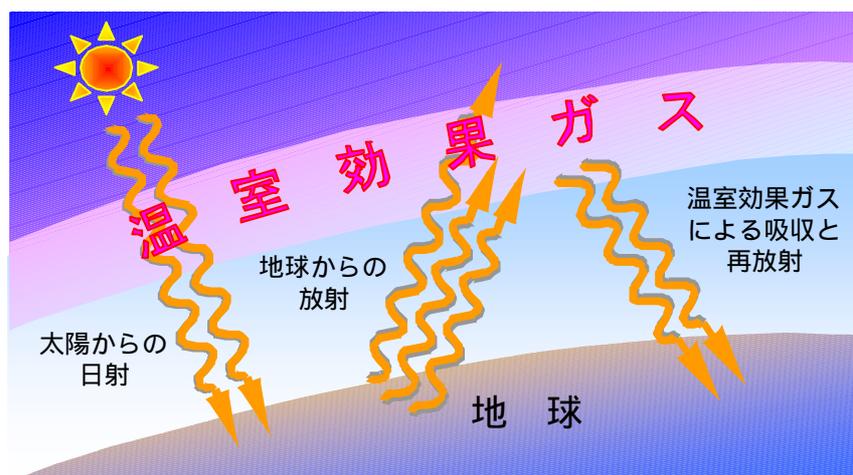
図 1.1.1-1 人類のエネルギー消費量の推移

2004 年の世界の一次エネルギー消費は化石燃料といわれる石炭、石油、天然ガスが約 88.1% を占め、原子力 7.2%、水力 2.3%、地熱 0.4%、新エネルギー・その他 2% となっている。一方、我が国の 2005 年度の一次エネルギー供給は化石燃料 84.1% (内石油 49.7%)、原子力 11.6%、水力 3.1%、新エネルギー・その他 1.3% となっている (EDMC エネルギー・経済統計要覧 2007)。

地球表面は、図 1.1.1-2 に示すように太陽から供給される日射で暖められる一方、地球からの熱の放射によって冷やされるとともに、放射された熱の一部は二酸化炭素 (CO₂)、メタン等の気体によって吸収され、再び地表に再放射されて地球表面は暖められ安定した気温となって

いる。このような機能によって地球表面の大気層が暖められることを「温室効果」と呼び、その機能を有する気体は「温室効果ガス」と言われている。

化石燃料の大量消費は、地球温暖化の影響度が最も高い二酸化炭素の大気中への排出につながる。さらに、近年の産業活動の活発化により、その他の「温室効果ガス」である冷蔵庫の冷媒やIC製造時に使用されるフロンや代替フロン、火力発電所や自動車による化石燃料の燃焼に伴って発生する亜酸化窒素（ N_2O ）、家畜糞尿等の腐敗物であるメタン等の排出が増加している。



出典：環境省 STOP THE 温暖化 2004 パンフレットを編集

図 1.1.1-2 温室効果ガスによる地球温暖化の仕組み

これらの「温室効果ガス」によって地球規模の気候変動が予測され、すでにそれらの兆候はさまざまな形で現れ、各地に異常気象現象をもたらしている。IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル)の2007年第4次評価報告書(AR4)では過去100年に世界平均気温が0.74 上昇し、2030年までは10年当たり0.2 の上昇を予測している。また、それ以降はもし環境の保全と経済の発展が地球規模で両立すれば21世紀末までに1.1～2.9 の上昇、もしこのまま化石燃料を重視し続ければ2.4～6.4 の上昇を予測している。さらに、2006年に発表された「スターン・レビュー 気候変動と経済」によれば、気候変動は、飲料水、食糧生産、健康、環境など、世界中の人々の生活基盤全てを脅かし、このまま温暖化が進めば何億もの人が飢餓や飲料水不足、沿岸洪水の被害を受けると警告している。同報告書によれば、もし、この人類の脅威に対応策を講じなかった場合には、年に世界のGDPの5～20%の損失が生じる可能性がある一方、温室効果ガス排出量削減対策等の対応策を講じた場合の費用は年GDPの1%程度で済むと算出し、国際レベルでの早期の対応が必要であるとされている。

(2) 化石燃料エネルギーの将来

2006年に開催された第8回ドイツにおける風力エネルギー国際会議DEWEK2006において、ドイツが、風力発電に国として取り組む目的として、第一に化石燃料の有限性をあげている。ドイツとしては、現在の天然ガスのロシア依存、石油の中東依存から脱却するためにエネルギーセキュリティの確保が必要であると強調している。また、昨今の天候異変および天然ガス・

石油類の価格の高騰からも、風力発電の開発の必要性があるとしている。

このことは、現在のようにエネルギー資源をほぼ 100%海外に依存している我が国においてはなおのこと当てはまると言える。図 1.1.1-3 に一人当たりの一次エネルギーの消費の動向を示す。過去 25 年間の伸びは世界の平均でみるとさほど大きな伸びではない。しかしながら、2004 年における発展途上国の消費を基準とすると、2004 年の一人当たりの一次エネルギーの消費は、アメリカ人は 10.14 倍、日本人は 5.26 倍となっており、先進国平均で 6.23 倍である。現在急速に経済発展をしつつある中国、インドなどの発展途上国は近い将来、先進諸国並みの経済発展をして、一人当たりの一次エネルギーの消費は先進国並みに達すると考えられる。図 1.1.1-4 に 1990 年を基準とした、世界のエネルギーの消費比率を示す。世界のエネルギー消費は着実に伸びていることがわかり、特に発展途上国の伸びが著しく、今後この傾向は続くと考えられる。いま、エネルギー消費の伸びが、将来もこの延長線上で進むとした場合の想定曲線を図 1.1.1-5 に示す。石油、天然ガス、ウラン、石炭等の消費が 2004 年のエネルギー消費の延長線で消費されるとし、資源産油国が資源が枯渇するまで世界に資源を供給し続けるとすると、2004 年時点で見つかっている資源の埋蔵量が完全に枯渇する時期が算定出来る。図中にその結果も合わせて示した。

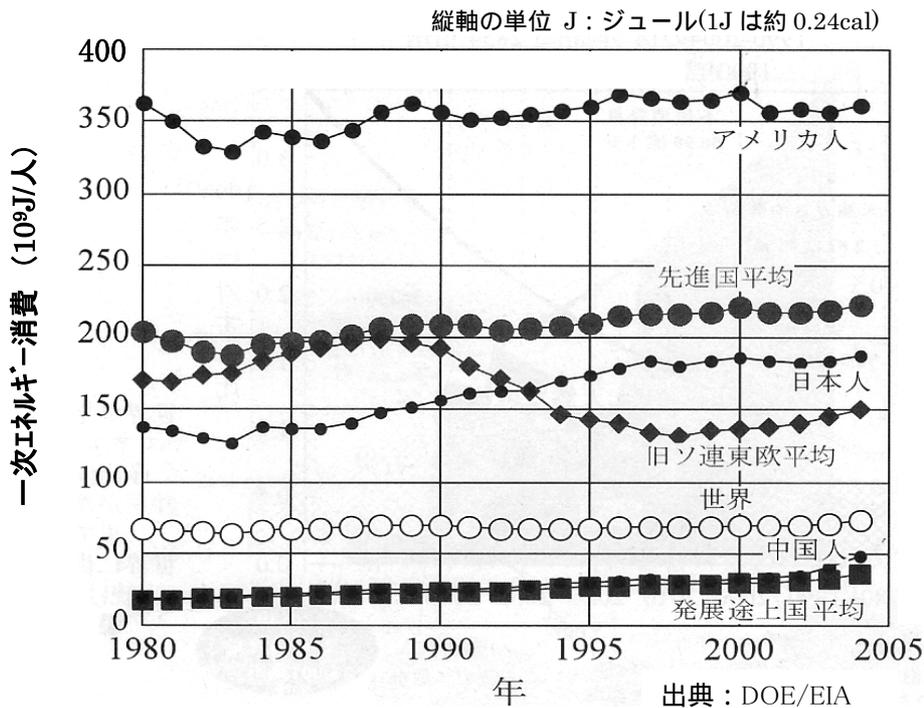


図 1.1.1-3 一人当たりの一次エネルギー消費の推移

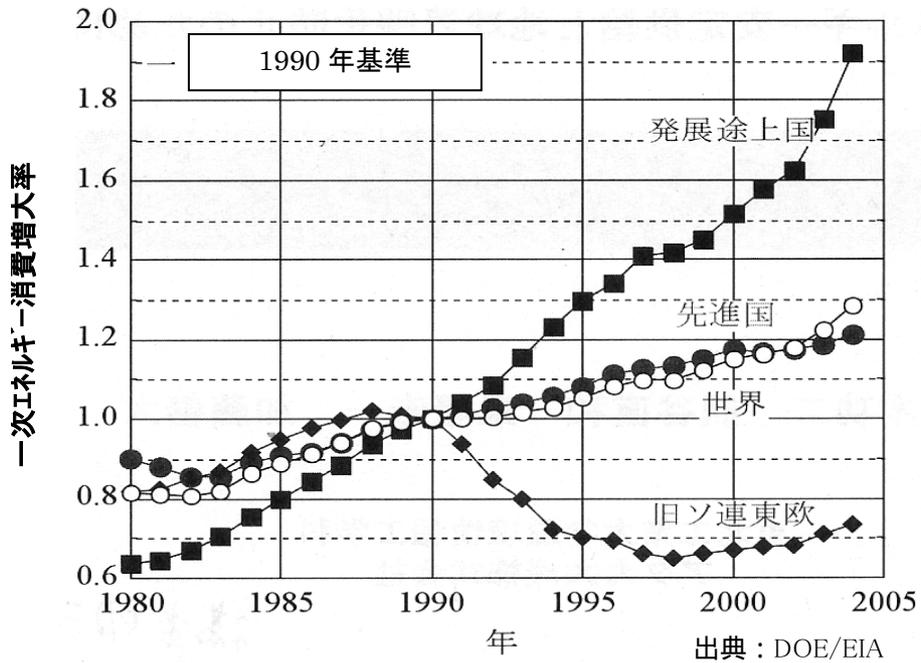


図 1.1.1-4 一次エネルギー消費の増大率

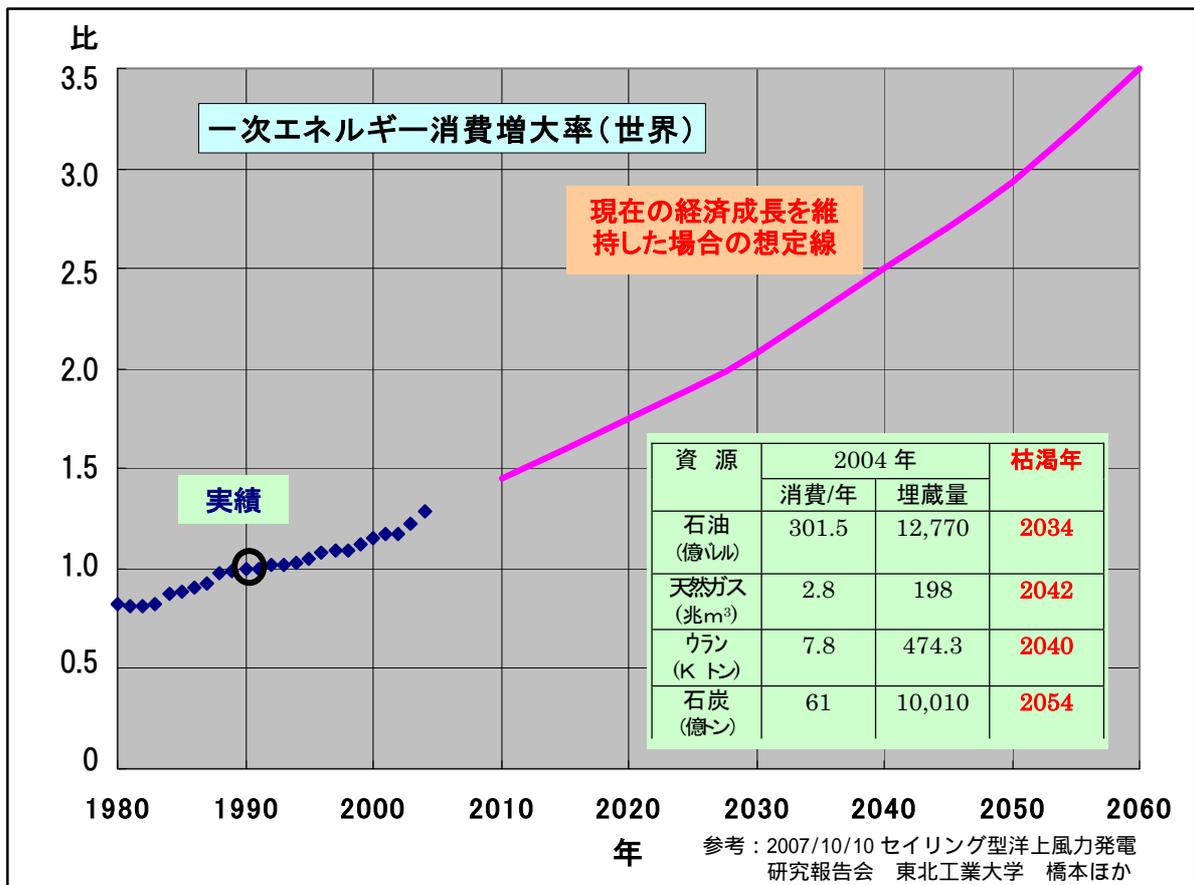
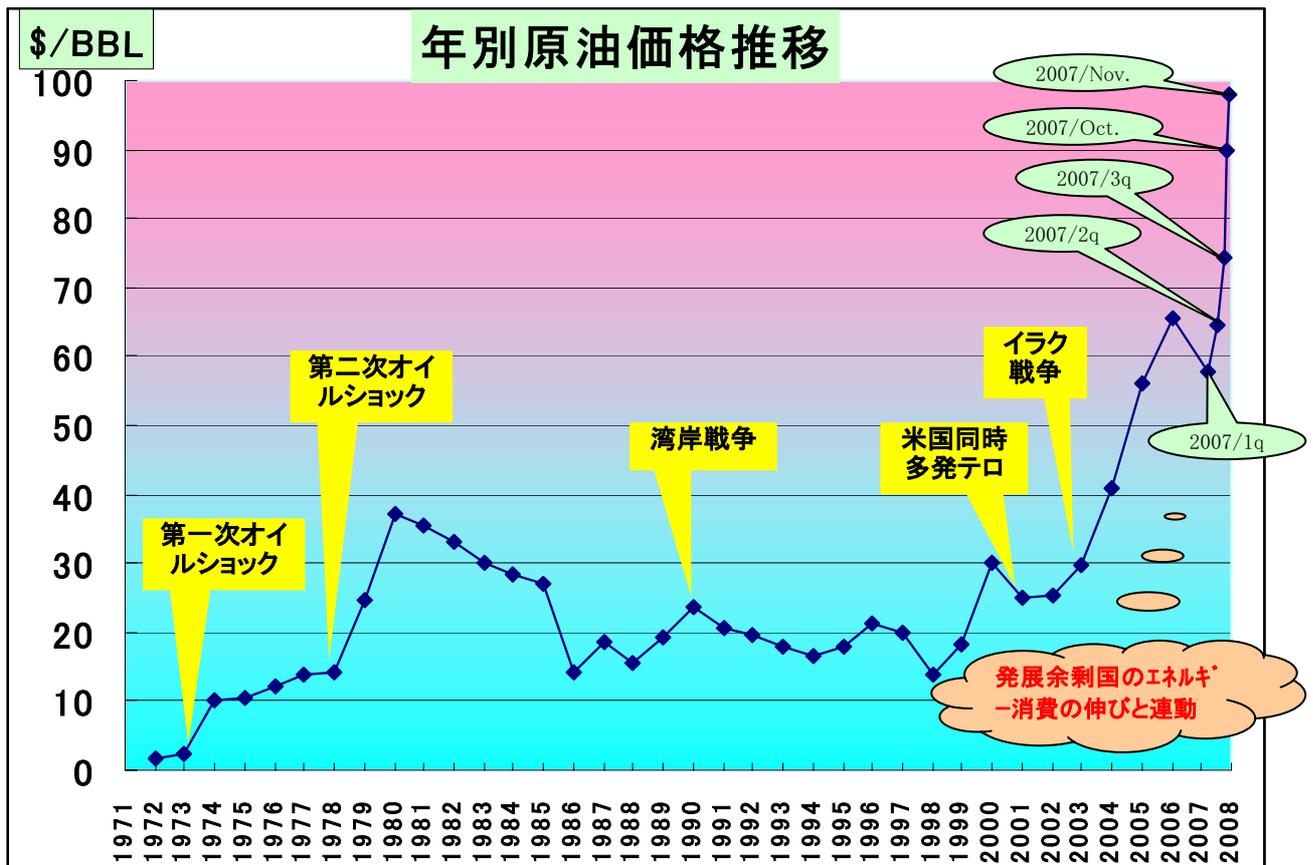


図 1.1.1-5 現在の経済成長率を維持した場合のエネルギーの見通し

図 1.1.1-6 に原油価格の推移を示す。第 1 次オイルショック前には 2\$/バレルの価格は、僅か 35 年後 2007 年 11 月には 98\$/バレル (2000 年初頭には 100\$/バレルとなり 50 倍) に上昇している。このことは、一部の投機家の価格操作と言われているものの、逆に原油価格の不透明性が投機の対象になったことを意味する。いずれにしても今後のこの価格の推移は注目する必要がある。現在、新エネルギーのコストは一般的に高いといわれているが、エネルギーの将来動向から見ると、現在の化石燃料によるエネルギー依存体制は、経済的な視点からも比較的早い時期に逆転することが予測される。このことから、我が国としても少なくとも化石燃料に頼らないエネルギー構造として、新エネルギーの一層の導入が必要である。



(Platts Database (<http://www.platts.com/Oil/Resources/>) ほかより作成)

BBL : バレル
 (1BBL は約 159 リットル)
 q : 四半期
 (1q なら第 1 四半期
 [1~3 月]を示す)

図 1.1.1-6 原油価格の上昇

1.1.2 温室効果ガスの排出に対する取組み動向

(1) 世界の動向

1972年6月に採択された国際連合人間環境会議の宣言において、各国が他国のみならずあらゆる環境に対する損害の責任を負うと規定したことを契機に、環境保護に対する認識は徐々に高まりを見せてきた。近年においては、温室効果ガスの排出による地球温暖化問題を始めとする地球規模の環境問題が大きな関心を集めており、地球温暖化問題に関して、このような状況の中で1992年に開催されたりオデイジャネイロの地球サミットにおいて「気候変動枠組条約」が採択された。

本条約においては、以下のことが述べられている。

- 1) 締約国の共通だが差異のある責任
- 2) 開発途上締約国等の国別事情の勘案
- 3) 速やかかつ有効な予防措置の実施等の原則のもと、主に先進締約国に対し温室効果ガス削減のための政策の実施等の義務

このような国際的な動きの中で、1995年に第1回の気候変動枠組条約締約国会議(COP1; Conference of Parties の略)が開催され、図1.1.2-1に示すようにそれ以降原則として毎年開催されている。1997年に京都で開かれた第3回気候変動枠組条約締約国会議(COP3; 通称・地球温暖化防止京都会議)では、先進国の温室効果ガス排出量について国際的な取り決めによる数値目標が各国毎に設定され、いわゆる「京都議定書」と呼ばれている。これを受けて日本では、「2008～2012年の平均の温室効果ガス排出量を1990年比で6%削減する」という目標を達成するため、官民一体となった削減努力が要求されている。

その後、数回に及ぶ気候変動枠組条約締約国会議の結果、2001年10月の第7回締約国会議(COP7)で京都議定書がまとまった(マラケシュ合意)。なお、京都議定書を発効するためには、下記の2条件を満たす必要があった。

55ヶ国以上の国が締結すること。

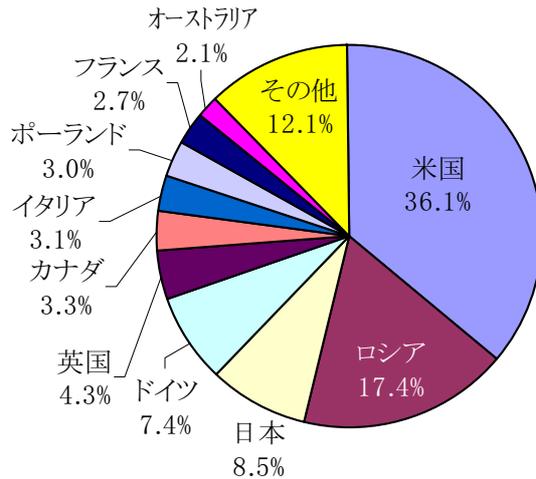
締結した議定書附属書 国の二酸化炭素排出量合計値が1990年の附属書 国全体の55%以上を占めていること。

なお、ここに言う附属書 国とは、アメリカ、カナダ、オーストラリア、日本、EU旧25カ国およびロシアなどの先進国と市場経済移行国を主としたの計41カ国・地域をさす。

2004年9月30日に、それまでに締結していた附属書 国の1990年ベースCO₂排出量割合の約44%とあわせて、1990年当時締約国のCO₂排出量の17.4%を占めるロシア政府が京都議定書の批准法案を閣議決定し、前述の発効条件を満たしたことから(P.8, 図1.1.2-2 参照)、京都議定書は2005年2月16日にようやく発効された。2007年12月時点で議定書の批准国・地域は176に上り、さらに当初離脱を表明していたオーストラリアも同年12月に批准を決定し、その歩みは着々と進められている。

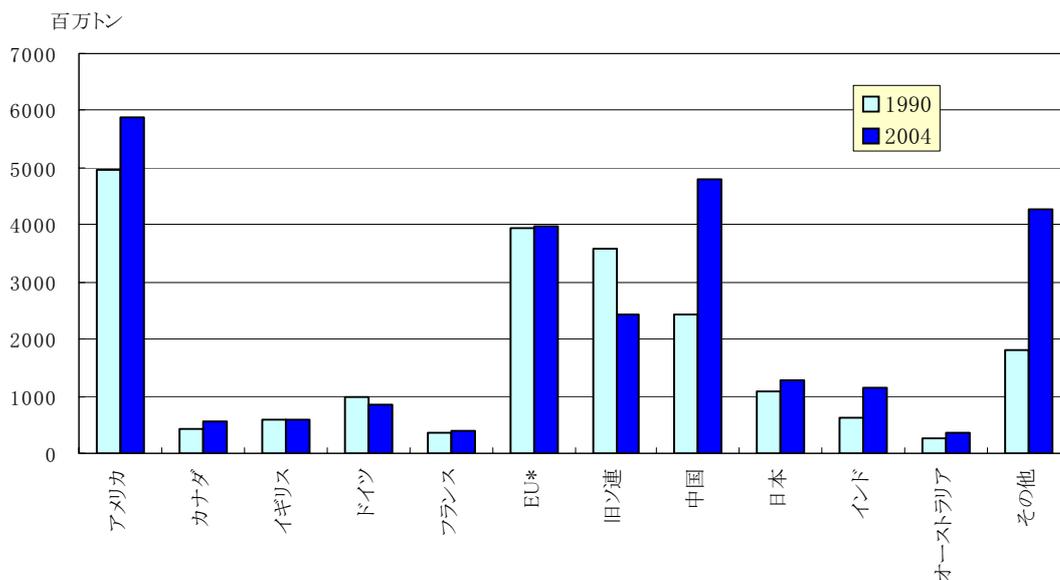
第1回締約国会議 (COP1)ベルリン	1995年3月	「ベルリン・マンデート」採択
第2回締約国会議 (COP2)ジュネーブ	1996年7月	「ベルリン・マンデート」進捗確認
第3回締約国会議 (COP3)京都	1997年12月	「京都議定書」採択
第4回締約国会議 (COP4)ブエノスアイレス	1998年11月	「ブエノスアイレス行動計画」採択
第5回締約国会議 (COP5)ボン	1999年10月	COP6までの段取り確認
第6回締約国会議 (COP6 Part II)ボン	2001年7月	「ボン合意」が成立
第7回締約国会議 (COP7)マラケシュ	2001年10月	京都議定書の詳細ルール(運用方法や資金メカニズム等)について決定「マラケシュ合意」
第8回締約国会議 (COP8)ニューデリー	2002年10月	発展途上国にも二酸化炭素など温室効果ガスの排出削減を初めて促した
第9回締約国会議 (COP9)ミラノ	2003年12月	森林吸収源 CDM(クリーン開発メカニズム)実施の運用ルール
第10回締約国会議 (COP10)ブエノスアイレス	2004年12月	「ブエノスアイレス行動計画」「ポスト議定書国際会合開催」決定
京都議定書の発効! 2005年2月16日		
第11回締約国会議(COP11) (COP/MOP1)モントリオール	2005年11-12	京都議定書運用ルール確定及び対話プロセス開始
第12回締約国会議(COP12) (COP/MOP2)ケニア・ナイロビ	2006年11月	京都議定書の見直しのプロセスと作業スケジュールの合意
第13回締約国会議 (COP13)バリ	2007年12月	バリ・ロードマップ策定

図 1.1.2-1 気候変動枠組み条約締結国会議(COP)の推移



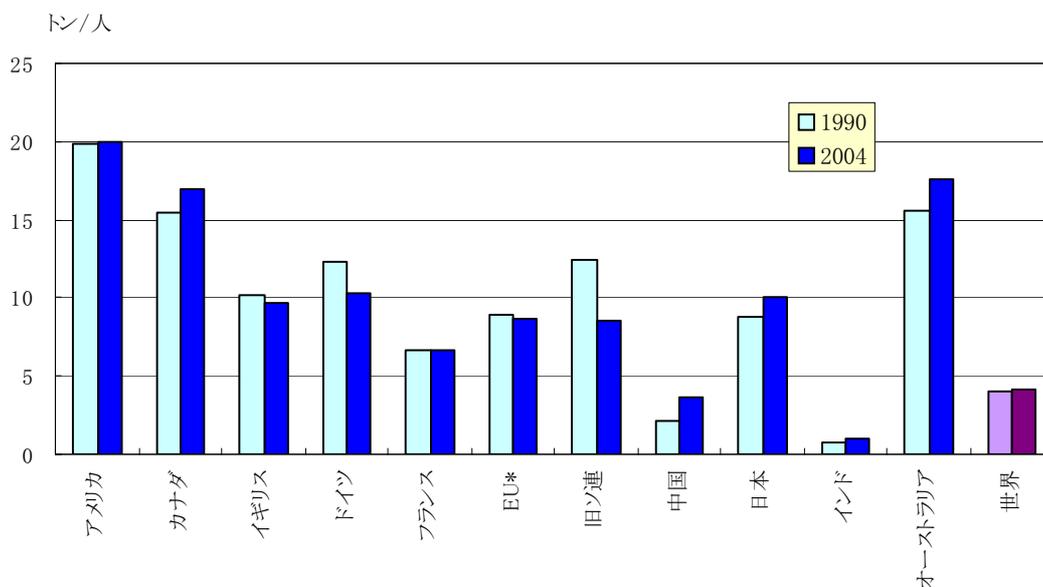
出典:Climate Action Network Europe(UNFCCC のデータをもとに作成)
 図 1.1.2-2 京都議定書付属書 国の 1990 年CO₂国別排出量比率

しかしながら、取り巻く現状は依然厳しい状況にあり、世界のCO₂排出量は、1990年に約210.4億トンであったのが2004年には26.1%増の約265.3億トンへとさらに増加した(EDMC エネルギー・経済統計要覧 2007より算出)。依然批准を拒否し続けるアメリカのCO₂排出量は世界トップを維持し続け、1990年比18.5%増しの58.7億トンとなっている。また、他の削減義務のある先進諸国の努力とは裏腹に、従来から懸案であった中国やインドなどの発展途上国の排出量は、急激な経済発展にともなうエネルギー需要の拡大が進む中、増加の一途をたどっており、中でも中国は1990年の24.2億トンから、2005年にはその倍近くの48.1億トンへと伸びている。また、一部のEU諸国、旧ソ連を除いて、各国ともCO₂排出量は増加を続けていることも付け加えておきたい(図 1.1.2-3)。



出典:EDMC エネルギー・経済統計要覧 2007より作成
 *EUは2004年時点の25加盟国の合計数値
 図 1.1.2-3 世界主要国のCO₂排出量(1990年と2004年の比較)

ところが、ここで一人当たりのCO₂排出量の比較を見てみると、その視点は大きく変わる。ここでもアメリカを筆頭として、オーストラリア、カナダが一人当たりCO₂大量排出国として際だち、また、そのほかの先進諸国も上位を占める。逆に中国、インドは他の先進諸国と比べてもまだまだ低く、世界全体から見た一人当たり排出量と同等かそれ以下という状況である(図 1.1.2-4)。



出典:EDMC エネルギー・経済統計要覧 2007 より作成

*EU は 2004 年時点の 25 加盟国の合計数値

図 1.1.2-4 世界主要国の一人当たりCO₂排出量 (1990 年と 2004 年の比較)

このような中で、2007 年 12 月にはパリで第 13 回締約国会議 (COP13) が開かれ、ポスト京都議定書を見据えた中長期的な地球温暖化対策の枠組みを決めるための議論の工程表 (パリ・ロードマップ) が成立した。具体的な数値目標の設定は見送られたものの、アメリカと大量排出途上国の参加を話し合う条項が盛り込まれ、2009 年の第 15 回締約国会議 (COP15) までに 2013 年以降の枠組みが決定されることとなった。

(2) 日本の動向

我が国は、図 1.1.2-6 (P.12) に示すように、世界の動きに応じて、新エネルギーの施策を進めてきた。その、具体的な内容は次項で述べるが、日本における地球温暖化対策の動きの概要を以下に示す。

政府は 2001 年 11 月の COP7 のマラケシュ合意を受け、1998 年に決定された「地球温暖化対策推進大綱」を見直し、京都議定書の 6%削減約束の達成に向け 2002 年に「地球温暖化対策推進大綱」を決定した。その後 2004 年に再度同大綱を評価・見直し、それまでの国の温暖化対策の基本方針を引き継ぐ形で京都議定書目標達成計画を 2007 年 4 月に閣議決定した。その温室効果ガス別その他の区分ごとの目標は下記のとおりである。

<削減目標：第1約束期間(2008～2012年)における平均値>

1) 温室効果ガスの削減

- (a) エネルギー起源CO₂ 1990年比 + 0.6%
- (b) 非エネルギー起源CO₂、CH₄およびN₂O 1990年比 - 1.2%
- (c) 代替フロン等3ガス(HFC、PFC、SF₆) 1990年比 + 0.1%

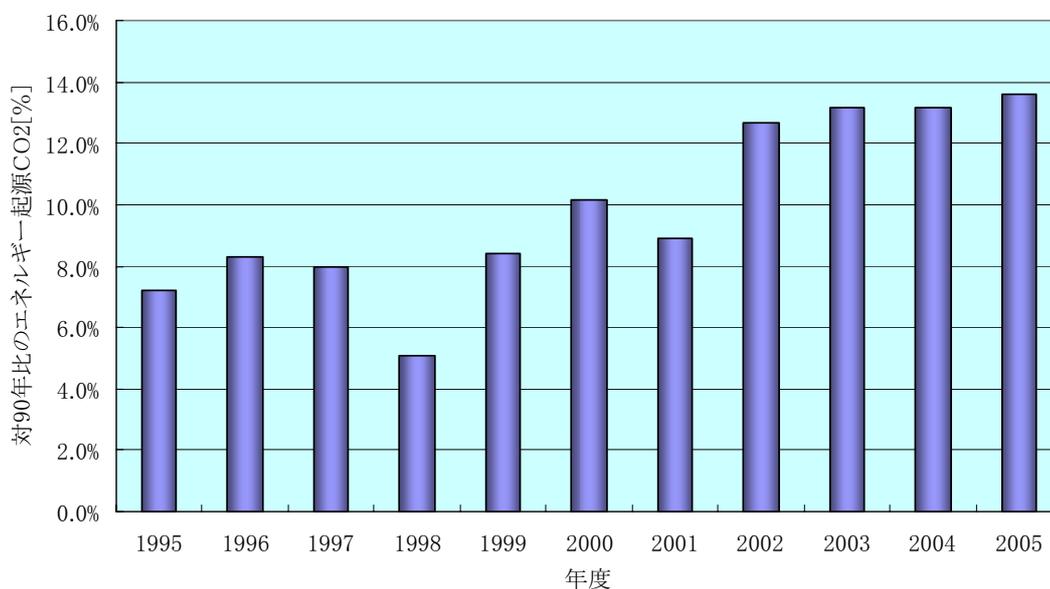
2) 森林経営による吸収 1990年比 - 3.9%

3) 京都メカニズムの活用 1990年比 - 1.6%

エネルギー起源CO₂の抑制に対しては産業・民生・運輸部門の省エネルギーの追加対策(22百万トン・CO₂)、新エネルギーの追加対策(34百万トン・CO₂)、天然ガス等への燃料転換(18百万トン・CO₂)、原子力の推進が掲げられている。

新エネルギーの追加対策による34百万トン・CO₂は、経済産業省・環境省による「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令」(2006年3月)の二酸化炭素排出係数のデフォルト値0.555kg・CO₂/kWhを用いると約6,120万MWh(1MWh=1,000kWh)に相当する。

一方、図1.1.2-5に示すように、我が国のエネルギー起源のCO₂排出量は年々増加の傾向にあり、2005年時点で基準年比13.6%の増加となっている。



出典：温室効果ガスインベントリオフィス 温室効果ガス排出量データ(1990-2005)より作成

図1.1.2-5 対1990年比のエネルギー起源CO₂の推移

なお、参考までに 2005 年時点での温室効果ガス全体の増加率（CO₂換算）とその内訳を表 1.1.2-1 に示す。内訳を見ると、非CO₂の減少が顕著である反面、CO₂そのものの増加率が牽引していることがわかる。温室効果ガス全体の増加率が 7.8%となっており、基準年からの削減目標値 6%とあわせると増加分が 13.8%となり、削減に向けた一層の努力が必要となっている。

表 1.1.2-1 2005 年各温室効果ガス排出量の基準年(1990 年)との比較 (CO₂換算)

(単位：百万トン)

温室効果ガス種別	1990 年 (基準年)	2005 年	増加・減少率
エネルギー起源CO ₂	1059.08	1202.83	13.6%
非エネルギー起源CO ₂	85.05	90.64	6.6%
メタン	33.38	24.07	-27.9%
一酸化二窒素	32.63	25.45	-22.0%
代替フロン等 3 ガス	51.19	16.92	-66.9%
合計	1261.33	1359.91	7.8%

出典：温室効果ガスインベントリオフィス 温室効果ガス排出量データ（1990-2005）より作成

19**年																			200*年																
74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

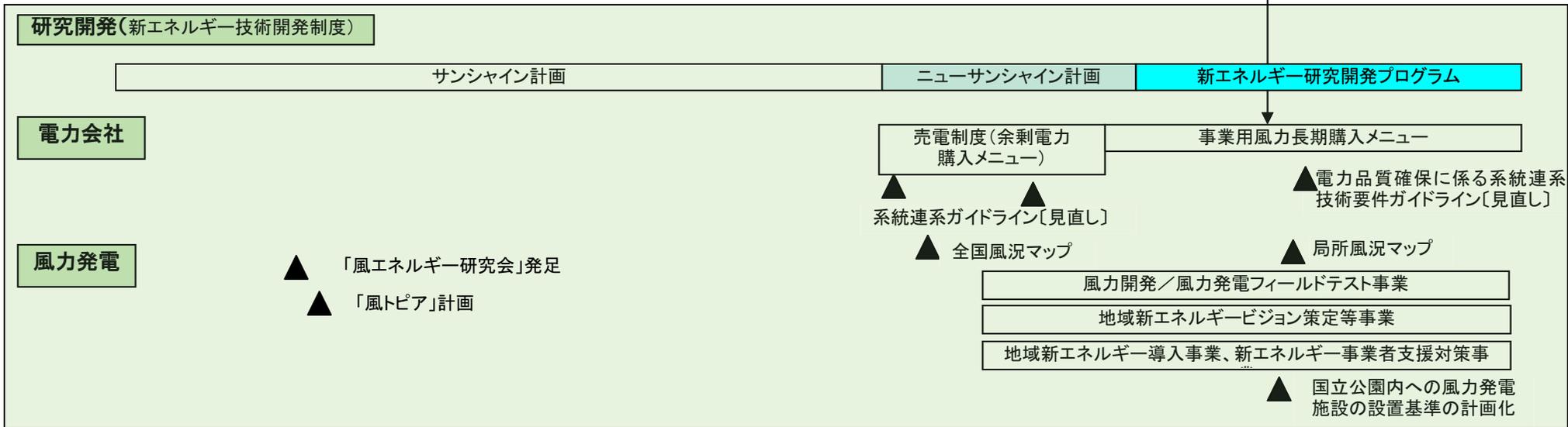
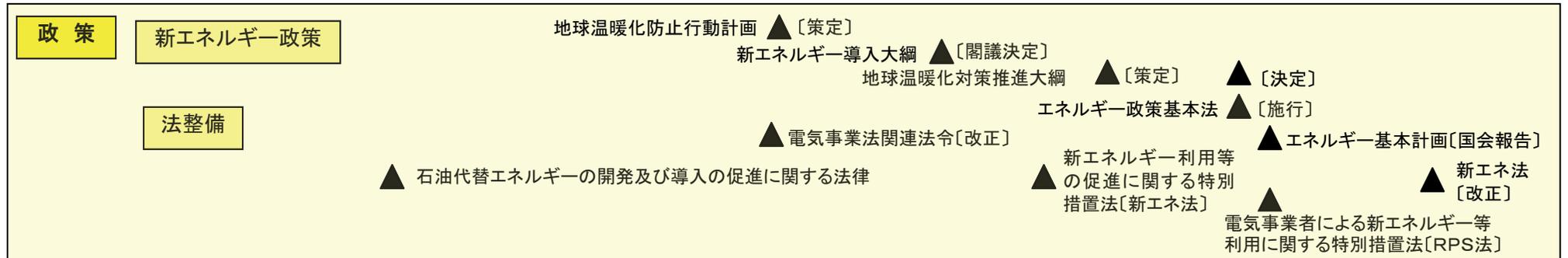
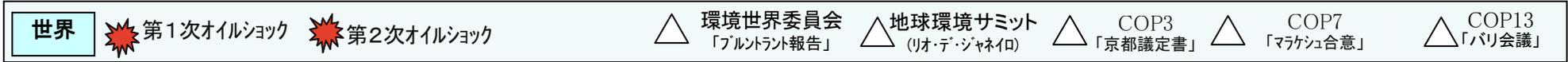


図 1.1.2-6 わが国の新エネルギーおよび風力発電に係る施策の推移

COP：気候変動枠組み条約締結国会議

1.1.3 我が国の新エネルギー政策

我が国の新エネルギー政策の概要を以下に述べる。

(1) 新エネルギーに関わる政策動向

前項の図 1.1.2-4 に示したように、我が国の新エネルギー政策は、世界的エネルギー問題および国際的な枠組み一環としてなされてきている。1990 年に、「地球温暖化防止行動計画」が閣議決定され、以降 1994 年に「新エネルギー導入大綱」の決定、1998 年に「地球温暖化対策推進大綱」が策定されて 2002 年に決定された。さらに 2002 年には「エネルギー政策基本法」が施行され、その基本法を受けて 2003 年に「エネルギー基本計画」が国会に報告されている。エネルギーに関するこれらの施策は多岐にわたっており、ここでは、我が国の新エネルギーに関する施策のうち、骨格をなす主要な施策の概要を説明する。

1) 「地球温暖化防止行動計画」の概要

1990 年に閣議決定された「地球温暖化防止行動計画」の概要を図 1.1.3-1 に示す。

地球温暖化防止行動計画の概要		1990 年 10 月 23 日 地球環境保全に関する関係閣僚会議で決定
I. 背景と意義: 国際的枠組みづくりに貢献していく上での我が国の基本的姿勢を明らかにする		
II. 基本的事項 1. 環境保全型社会の形成 2. 経済の安定的発展との両立 3. 国際的協調(「地球再生計画」を含む)	III. 行動計画の目標 二酸化炭素の排出抑制目標は、先進主要諸国がその排出抑制のために共通の努力を行うことを前提 [1] 官民挙げての最大限の努力により、本行動計画に盛り込まれた広範な対策を実施可能なものから着実に推進し、一人あたり二酸化炭素排出量について 2000 年以降概ね 1990 年レベルでの安定化を図る。 [2] 上記[1]の諸措置と相まって、さらに、太陽光、水素等の新エネルギー、二酸化炭素の固定化等の革新的技術開発等が、現在予測されている以上に早期に大幅に進展することにより、二酸化炭素排出総量が 2000 年以降概ね 1990 年レベルで安定化するよう努める。	
IV. 行動計画の期間 1991 年から 2010 年までとし、2000 年を中間目標年次とする。 国際的な動向や科学的知見の集積等を踏まえつつ、必要に応じ行動計画の見直しを行い、機動的に対応していく	VI. 行動計画の推進 1. 対策を具体化するために必要な措置 2. 地球環境保全に関する関係閣僚会議は、毎年度、二酸化炭素の排出総量等の外、対策の実施状況等について報告を受ける。また、必要に応じ、当該報告を踏まえ、行動計画の推進について検討 3. 地方公共団体に対する支援措置 4. 事業者等に対する行動計画の周知徹底、支援措置	
V. 講ずべき対策 ・ 二酸化炭素排出の少ないエネルギー供給構造の形成 ・ 科学的調査研究、観測・監視の推進 ・ 技術開発及びその普及 ・ 普及・啓発 ・ 国際協力の推進		

図 1.1.3-1 地球温暖化防止行動計画の概要

2) 新エネルギー導入大綱

1994 年 12 月に、新エネルギーに関する我が国最初の国全体の基本方針である「新エネルギー導入大綱」が総合エネルギー対策推進閣僚会議で決定された。

この大綱では、新エネルギー導入促進を効果的に実施するため、再生可能エネルギー(太陽光発電、風力発電等)を重点導入を図るべき新エネルギーとしている。

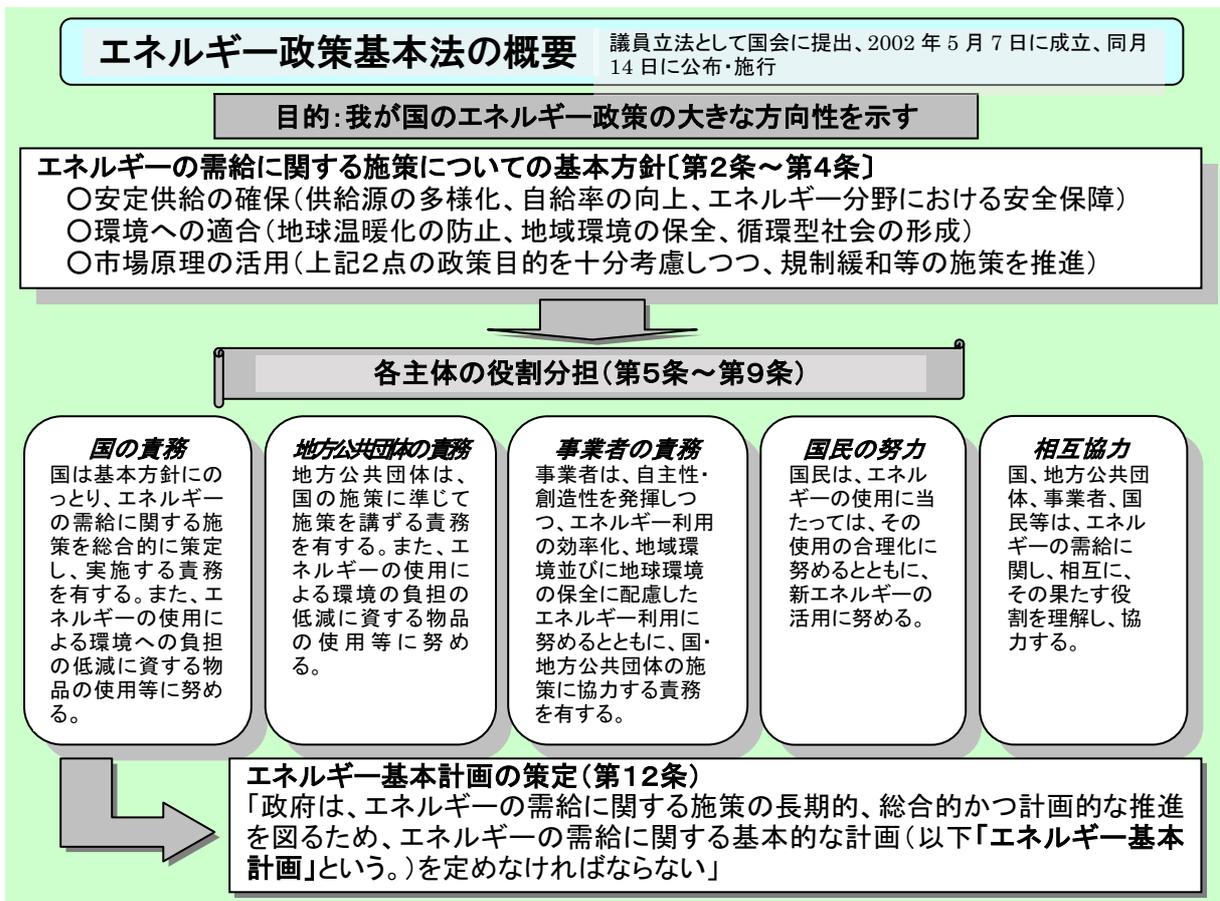
その他、それぞれの新エネルギー固有の導入制約要因を踏まえ、個別に適切な導入支援策を定めること、各種新エネルギーの共通の制約要因であるコストの引き下げを図ること、関係省庁が一体となって総合的な施策を展開すること、地方自治体等による地域特性を活かした取り組みや民間事業者、個人の導入活動を奨励し支援すること、さらには制度面での環境整備、特に規制緩和を進めていくことなどの方針が示されている。

3) 地球温暖化対策推進大綱

1998年6月に策定され、2002年3月19日、地球温暖化対策推進本部において、地球温暖化対策推進大綱が決定された。

日本政府が議長国として取りまとめた、京都議定書の約束を履行するための具体的裏付けのある対策の全体像を明らかにしている基本方針である。政府等の100種類を超える個々の対策・施策のパッケージをとりまとめ、地球温暖化対策推進法改正における京都議定書目標達成計画は、新大綱(2002年)を基礎として策定される。

基本的な考え方として、「環境と経済の両立」、「ステップ・バイ・ステップ アプローチ(節目の進捗見直し)」、「各界・各層が一体となった取り組みの推進」および「地球温暖化対策の国際的連携の確保」を方針としている。ただし、あくまで大綱であり、方針を示しているものの、具体的な実施方法については各個別法に譲るとしている。



参考: <http://www.tohoku.meti.go.jp/koho/kohoshi/mokuji/0412/tokusyuzuhyo3.pdf>

図 1.1.3-2 エネルギー政策基本法の概要

4) エネルギー政策基本法

2002年6月に制定された法律である。図1.1.3-2にそのエネルギー政策基本法の概要を記す。この法は、日本のエネルギー政策の理念を示すもので、ここでは基本方針を「安定供給」「環境適合」および「市場原理」とし、国、地方公共団体、事業者の責務、国民の努力等が明確にうたわれている。

5) エネルギー基本計画

エネルギー政策基本法に基づき2003年10月、「エネルギー基本計画」が国会に報告された。その骨子を図1.1.3-3に示す。そこでは「新エネルギーは、当面は補完的なエネルギーとして位置付けるものの、長期的にはエネルギー源の一翼を担うことを目指し、施策を推進する」と位置付けられ今後の方向性も示されている。

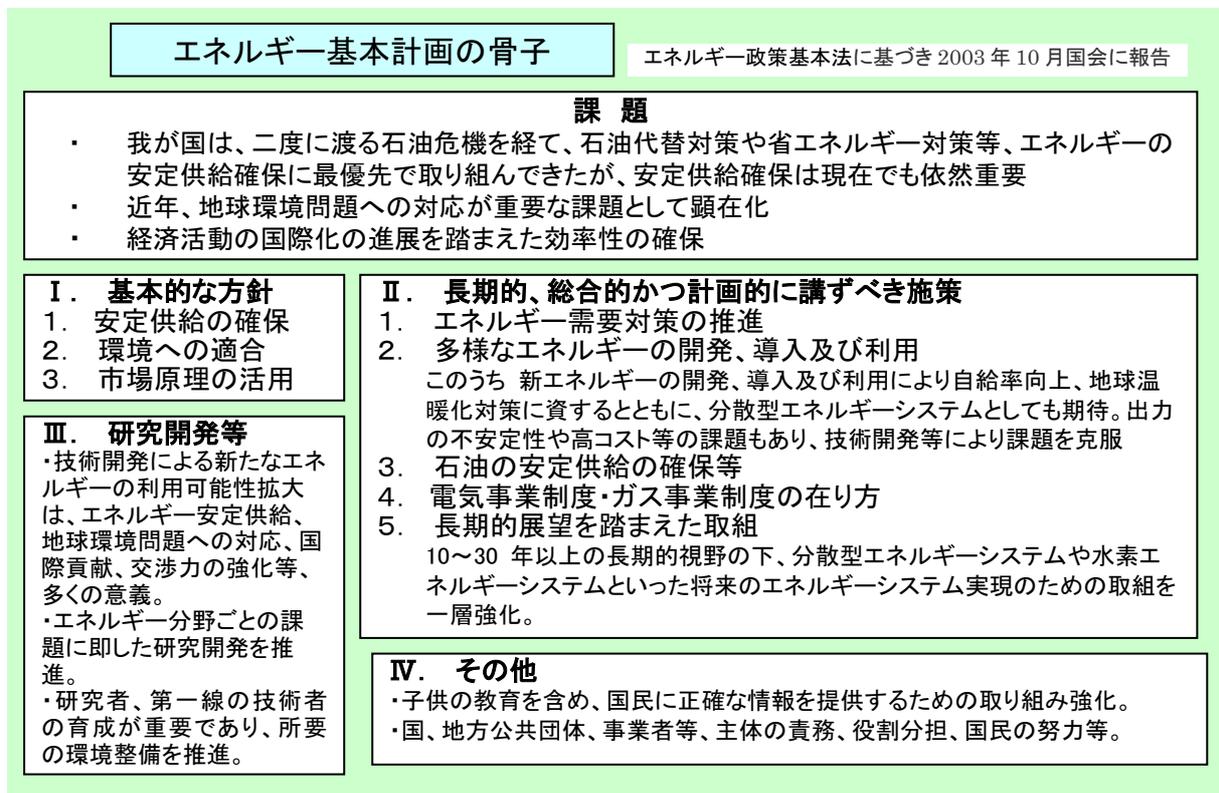


図1.1.3-3 エネルギー基本計画の骨子

(2) 新エネルギー関連施策

新エネルギーの推進にあたっては、我が国のエネルギー政策である「環境保全や効率化の要請に応えつつ、エネルギーの安定供給を実現する」という基本目標のもと、明確な考え方と施策や制度の枠組みが必要になった。具体的には、「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律(代エネ法)」および「長期エネルギー需給見通し」をベースとし、「エネルギー政策基本法」のもとに「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)」そして「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法(RPS法)」の制定により、我が国のエネルギー政策のベースが確立した。その関係を図 1.1.3-4 に示す。



出典:NEF ホームページ～NEPS(新エネルギーパートナーシップ)「新エネルギーを支える施策と制度」より

図 1.1.3-4 新エネルギーの法体系

1) 石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律 (代エネ法)

代エネ法は、エネルギーの安定的かつ適切な供給の観点から、石油代替エネルギーの開発及び導入を促進する法的枠組みとして制定され、「石油代替エネルギーの供給目標(閣議決定)」の策定・公表等並びに新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、NEDO)が実施する各種事業を規定している。なお、石油代替エネルギーの供給目標は、エネルギーの需要および石油の供給の長期見通し、石油代替エネルギーの開発の状況その他の事情を勘案し、環境の保全に留意しつつ定めることとしており、それらの事情に変動があり必要があると認められるときには、供給目標を改定することとしている。

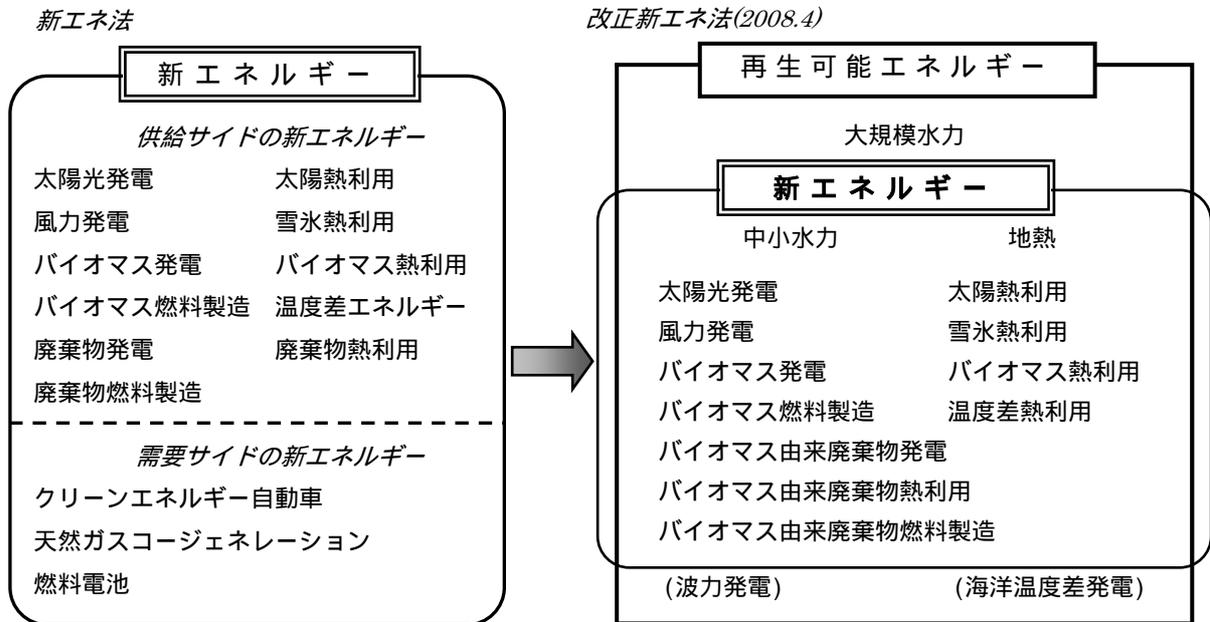
2) 長期エネルギー需給見通し

「長期エネルギー需給見通し」は、総合的なエネルギー政策を確立するため、エネルギー需給の将来像を示しつつ、エネルギー安定供給に向けた取り組みを促す観点から、経済産業大臣(当時は通商産業大臣)の諮問機関である総合エネルギー調査会において策定している。ここでは、2010年におけるCO₂排出量の削減目標を踏まえ(COP3)、1998年および2001年に見通しが改定されている。ちなみに、この「長期エネルギー需給見通し」の中では、2010年の一次エネルギー供給目標として石油依存度は45%に低減すること、そして新エネルギーは3%に高めることが明記されている。

3) 新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)

新エネ法は、新エネルギー利用等の促進を加速化させるため1997年4月に制定され、同年6月から施行された。この法律では、国・地方公共団体、事業者、国民等の各主体の役割を明確化する基本方針(閣議決定)の策定、新エネルギー利用等を行う事業者に対する金融上の支援措置等を規定している。なお、「新エネルギー」は新エネ法において「新エネルギー利用等」として規定されており、新エネ法制定当時は「技術的に実用化段階に達しつつあるが、経済性の面での制約から普及が十分でないもので、石油代替エネルギーの導入を図るために特に必要

なもの」と定義され、「供給サイドの新エネルギー」として 11 種類、「需要サイドの新エネルギー」として 3 種類の計 14 種類が規定されていたが、2008 年 4 月 1 日に同法施行令の改正により分類が大きく整理され、図 1.1.3-5 に示す 13 種類が「再生可能エネルギーのうちその普及のために支援を必要とするもの」として「新エネルギー」に規定される予定である（下記「参考」も参照）。



出典：総合資源エネルギー調査会「新エネルギー部会 平成 18 年度第 15 回」資料

図 1.1.3-5 新エネルギーの分類

参考：新エネ法施行令（2008 年 4 月改正予定）における「新エネルギー利用等」の改正内容

「新エネルギー利用等」からの削除

- ・再生資源を原材料とする燃料の製造
- ・再生資源を原材料とする燃料等の熱利用及び発電利用
- ・天然ガス自動車、メタノール自動車、電気自動車
- ・天然ガスコージェネレーション
- ・燃料電池

「新エネルギー利用等」への追加

- ・地熱発電（バイナリ方式のものに限る。）
- ・農業用水等を利用する小規模な水力発電（1,000kW 以下のものに限る。）

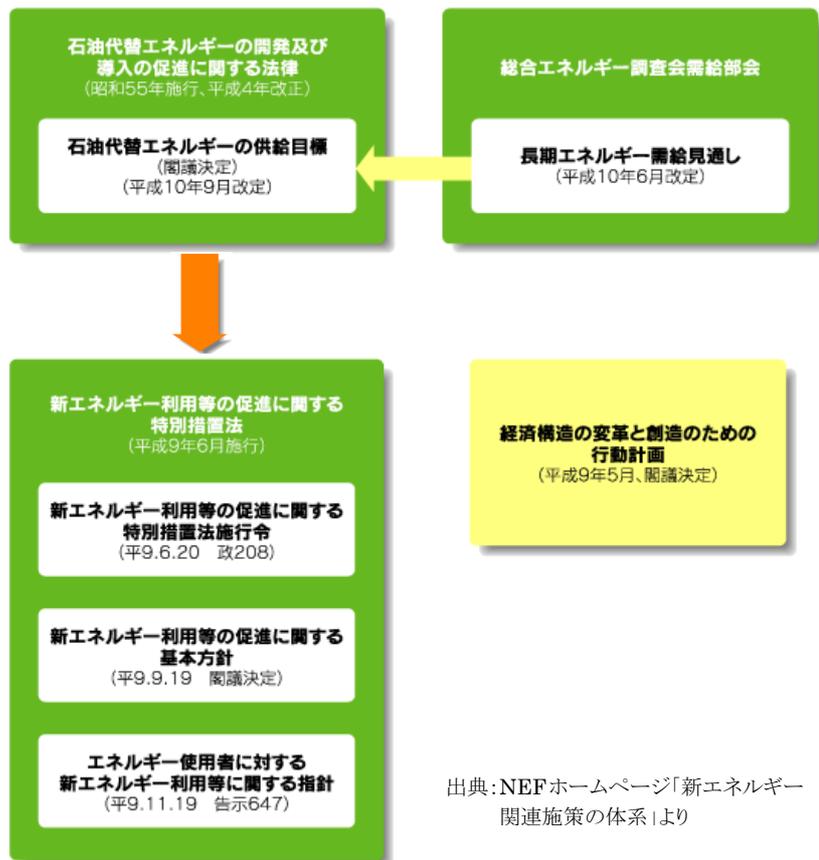
また、新エネ法に基づき、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法施行令」および「エネルギー使用者に対する新エネルギー利用等に関する指針」（通商産業省告示）が定められている。図 1.1.3-6 にその体系を示す。

新エネ法で規定された内容は、大きく分けて次の 2 点である。

政府が新エネルギー利用等を総合的に推進するための基本方針を策定・公表し、エネルギー使用者やエネルギー供給者は基本方針を踏まえ、その促進のために努力する責務を負うことが定められたことである。これにより、国全体としての取り組み体制が明確になった。新エネルギーを事業活動で利用するものに対して、債務保証など金融上の支援措置を講じることである。

「新エネルギー利用等の促進に関する基本方針」

1997年9月に、新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法の規定に基づいて決定されたこの基本方針では、エネルギー使用者、エネルギー供給事業者、政府・地方公共団体等の各主体が新エネルギー導入促進のために果たすべき役割を明確にするとともに、事業者や国民に新エネルギーの積極的な導入を求めるなど、特別措置法の主旨をより具体的に示している。



「今後の新エネルギー対策のあり方」

図 1.1.3-6 新エネ法の体系

1999年12月に、今後のエネルギー政策について議論する「総合資源エネルギー調査会」に「新エネルギー部会」が設けられ、2001年6月に、表 1.1.3-1 のように新エネルギーの導入状況や新たな新エネルギー導入目標(2010年度)および新エネルギー導入に向けて各主体に期待される役割、国の施策のあり方等を盛り込んだ「新エネルギー部会報告書」が取りまとめられた。

表 1.1.3-1 再生可能エネルギーの導入実績と2010年度の導入目標

再生可能エネルギー		2005年度実績		2010年度見通し (’05年年3月の需給部会における追加対策ケース)	
		原油換算 (万kl)	設備容量 (万kW)	原油換算 (万kl)	設備容量 (万kW)
電力分野	太陽光発電	34.7	142.2	118	482
	風力発電	44.2	107.8	134	300
	廃棄物発電、バイオマス発電	252	201	586	450
熱利用分野	太陽熱利用	61	-	90	-
	未利用工場 - (雪氷冷熱を含む)	4.9	-	5	-
	廃棄物熱利用	149	-	186	-
	バイオマス熱利用	142	-	308	-
	(その他)黒液・廃材等	470	-	483	-
新エネルギー供給計 (一次エネルギー - 総供給 / 構成比)		1,158 (2.0%)	-	1,910 (3%程度)	-

出典: 2030年のエネルギー供給展望 総合資源エネルギー調査会需給部会 平成17年3月

4) 電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS 法）

「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS 法）」は 2003 年 4 月施行された。その中では、電気事業者は毎年その販売電力量に応じ、新エネルギーから一定割合以上の電力の調達義務が課せられた。

新エネルギーの一層の導入促進を図るため、RPS（= Renewables Portfolio Standard）制度（証書を用いた再生可能エネルギー導入基準制度）の導入について、新市場拡大措置検討小委員会で報告書がとりまとめられ、2001 年 12 月に総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会において、基本的に了承された。

RPS 制度は、太陽光、風力、バイオマス、廃棄物などによる発電電力を対象に、電力会社等への一定量の購入義務付けを「証書」（新エネルギーによる発電または販売をした事業者に政府が発行）取引を通じて、新エネルギー等電力の導入を促進しようとするものである。図 1.1.3-7 にこの関係の概要を示す。

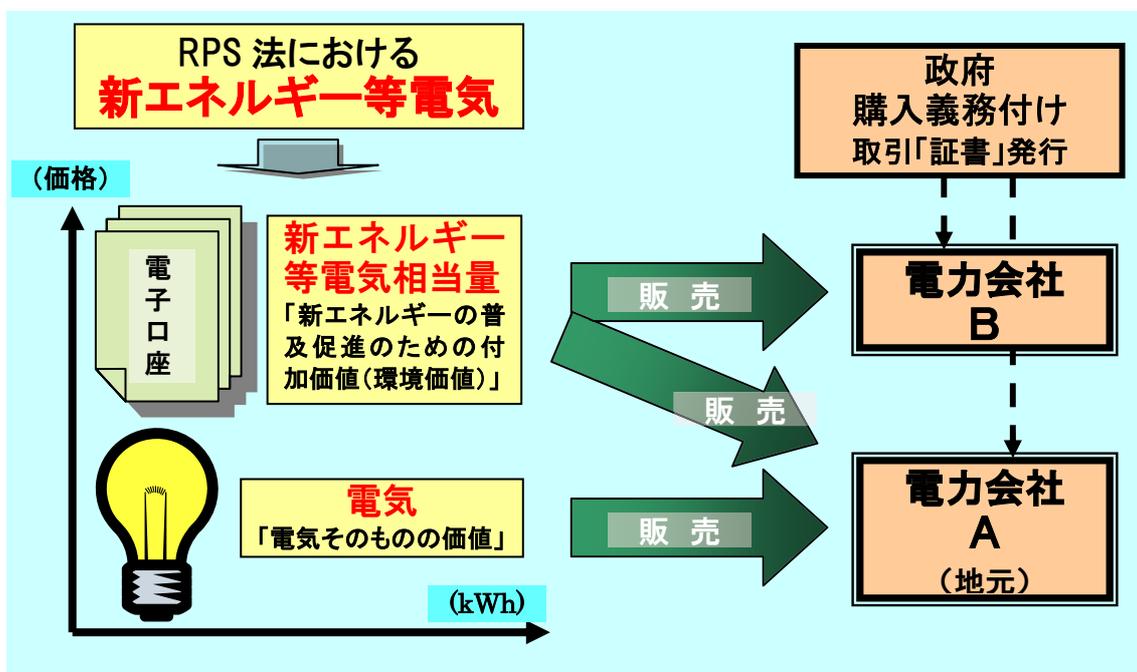


図 1.1.3-7 RPS 法の概要

電力会社に対する、新エネルギー等電気の利用義務量は、総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会 RPS 法小委員会で 2003 年に決定され 2006 年に表 1.1.3-2 のごとく見直し改定された。現在は 2014 年度までの利用目標量ならびに義務量が制定されており、各年度の利用目標量に対して、当初の義務量は達成可能を考慮して、低く設定されていたが、2010 年度からは義務量は利用目標量に一致している。

表 1.1.3-2 新エネルギー等電気の利用目標量と義務量（単位：億 kWh）

年度	2003 (H15)	2004 (H16)	2005 (H17)	2006 (H18)	2007 (H19)	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014 (H26)
利用目標量	73.2	76.6	80.0	83.4	86.7	92.7	103.0	122.0	131.5	141.0	150.5	160.0
義務量	32.8	36.0	38.3	45.5	61.2	75.6	94.6	122.0	131.5	141.0	150.5	160.0

(3) 新エネルギー導入に向けた技術開発および支援策等

1) 研究開発の枠組

前項の図 1.1.2-4 に示したように、第一オイルショックは、日本が経済発展を遂げていくためには、エネルギー資源の確保と節約、省エネルギー型産業構造への転換とともに、新しいクリーンエネルギーを開発し、エネルギー源の多様化を図ることの重要性を認識させる契機ともなった。

このため、通商産業省工業技術院（現：経済産業省産業技術総合研究所）では、長期的かつ総合的な展望に立って、新エネルギー技術の研究開発を目的にした「サンシャイン計画」を1974年度から発足させた。

また、1978年度からは、省エネルギー技術開発を通じてエネルギー問題の解決に寄与することを目指した「ムーンライト計画」を発足させた。両計画は、産学官の連携の下に国家プロジェクトとして進められ、その成果として、太陽光発電、燃料電池等の各プロジェクトにおける基本的な技術の確立や実用化、関連分野への技術的波及等が進んだ。

さらに、地球環境問題の顕在化を背景として、1989年には地球環境保全技術に係る研究開発制度が創設された。

1993年には、これら互いに関連するエネルギー・環境保全技術の研究開発を一体的、総合的に推進すべく、サンシャイン計画、ムーンライト計画および地球環境保全技術研究開発を一体化した「ニューサンシャイン計画」（エネルギー・環境領域総合技術開発推進計画）がスタートし、その中で、長期的に顕著な効果が期待できる革新的技術として太陽光発電や燃料電池などが重点的に研究されてきた。ニューサンシャイン計画の主なプロジェクトはNEDOを中核的母体として推進された。

2000年には社会情勢の変化や省庁再編等に伴い、この「ニューサンシャイン計画」が終了したが、その後も「長期エネルギー需給見通し」に基づいた「新エネルギー研究開発プログラム」として実施されている。

2) 各種助成制度

新エネルギーに関する助成制度としては、NEDOをはじめ(財)新エネルギー財団(NEF)、経済産業省、国土交通省、環境省などの補助制度のほか、地方債措置や各種融資制度など多様な導入支援策がある。なお、風力発電に関する助成制度については4.5節であらためて概要を示す。

1.2 新エネルギーにおける風力発電の位置づけ

人類は、風のエネルギーを帆による船の推進や風車を利用して石臼を回して粉をひいたり水をくみ上げて灌漑等、古くからさまざまな形で利用してきた。有名なオランダの風車をもっとも活躍したのは干拓事業で、堤防に囲まれた平坦な干拓地(ポルダー)の水をくみ上げて排水に利用していた。

電気は、自転車のペダルをこぐことにより発電機を回して豆電球を点灯させるように、一般的に発電機を回転させることにより得られる。発電機の中には電線を巻いたコイルと磁石があり、どちらかを回転させると電気が起こる。

風力発電は、地球上に無尽蔵にある風力エネルギーを利用して電気エネルギーに変換するもので、表 1.2-1 に示すように、他の新エネルギー発電方式の太陽光発電およびバイオマス発電等に比べて、その経済性、効率性および環境性に優れており、以下の特徴と役割がある。

クリーンエネルギー

エネルギーを得る際に、火力発電や原子力発電に見られるように二酸化炭素や放射性廃棄物等の環境汚染物質の排出がなく、環境負荷が小さいことから、地球温暖化の防止対策としての役割は大きい。

国産エネルギー

年間を通して風の吹くところを探す必要はあるが、エネルギー資源の制約のない「純国産エネルギー」である。

電力の一翼を担う風力発電

現在は、我が国における風力発電による発電電力量は電力需要の1%にも満たないが、2006年時点で風力発電の先進国のデンマークでは約20%、ドイツでは約7%に達している(出典: BTM Consult ApS, "International Wind Energy Development", 2006)。系統連系上の制約等の諸問題が解決できれば、今後導入の促進によって、大幅に電力の一翼を担う可能性を秘めている。

再生可能エネルギー

風は太陽のエネルギーによって起こることから繰り返し使える(再生可能)エネルギーで、エネルギーは無尽蔵であり、石油や石炭等に代表される化石燃料のように将来、枯渇することがない。

新エネルギーの発電分野の中では最も経済的

新エネルギーによる発電分野には風力発電の他に太陽光発電、バイオマス(生物起源)発電等があるが、新エネルギーの中では発電の大規模化が可能でかつ効率がよく、現状では最も経済的である。

発電コストが長期安定

風力発電システムは建設時に多額の費用を必要とするが、運転・保守費用の割合は相対的に低く、エネルギーコストがかからないことや、インフレ等による影響が少なく、発電コストは長期的に安定している。適切なメンテナンスにより、長寿命が期待でき長期的に安定した運用が可能である。

普及啓発・社会教育に対する機会の提供

風力エネルギーは再生可能なクリーンエネルギーであることから、地域住民や将来を担う子供たちに対してエネルギーと環境に関する教育の場を提供することができ、新エネルギーの普及促進に向けた地域住民の啓発活動の推進に貢献できる。

地域への貢献

風力発電は、地域の自然資源を最大限活用するという「地産地消」的性格を有しており、建設・メンテナンス・各種イベント等による地域の雇用創出、経済的波及効果等、地域経済の活性化をもたらすことが期待できる。

表 1.2-1 経済性、効率性、環境性に対する新エネルギー間の指標の比較

項 目		風力発電	太陽光発電	バイオマス発電
経済性	発電コスト(円/kWh) *1	10-14(大規模)	46-66(住宅用)	
	建設コスト(万円/kW) *1	21-24(大規模)	65-94(住宅用)	
効率性	設備利用率(%) *3	16.8-20.3	3.2-5.3	18.8-20.0
	単位面積当たりの出力(kW/m ²)	0.45 ^{*4a} 0.28 ^{*4b}	0.10 ^{*5b}	
環境性	設備・運用におけるCO ₂ 排出量の原単位 (g-CO ₂ /kWh) *5	29.5	53.4	
	エネルギーペイバックタイム	3.6年 ^{*6} (3 - 11ヶ月 ^{*7})	12.1年 ^{*6} (11 - 48ヶ月 ^{*7})	0.1年 ^{*6}

出典) *1 : 総合資源エネルギー調査会 新エネルギー部会報告書(2001)より引用

*2 : 資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギーなど電気利用推進室資料(2004)より引用

*3 : 設備利用率は RPS 法の施行状況の設備認定と電気供給量の実績値から推定

*4a: 三菱重工業(株)ホームページより 2,000kW 風車の受風面積を算出して推定

*4b: NEDO 太陽光発電ガイドブック、NEDO 風力発電導入ガイドブックから設置面積/占有面積(地組面積)の引用して推定

*5: 電力中央研究所 「ライフサイクル CO₂ 排出量による発電技術の評価」(2000)より引用

*6: 牛山泉ほか 「風と太陽と海-さわやかな自然エネルギー-(コロナ社刊)」(2001)より引用

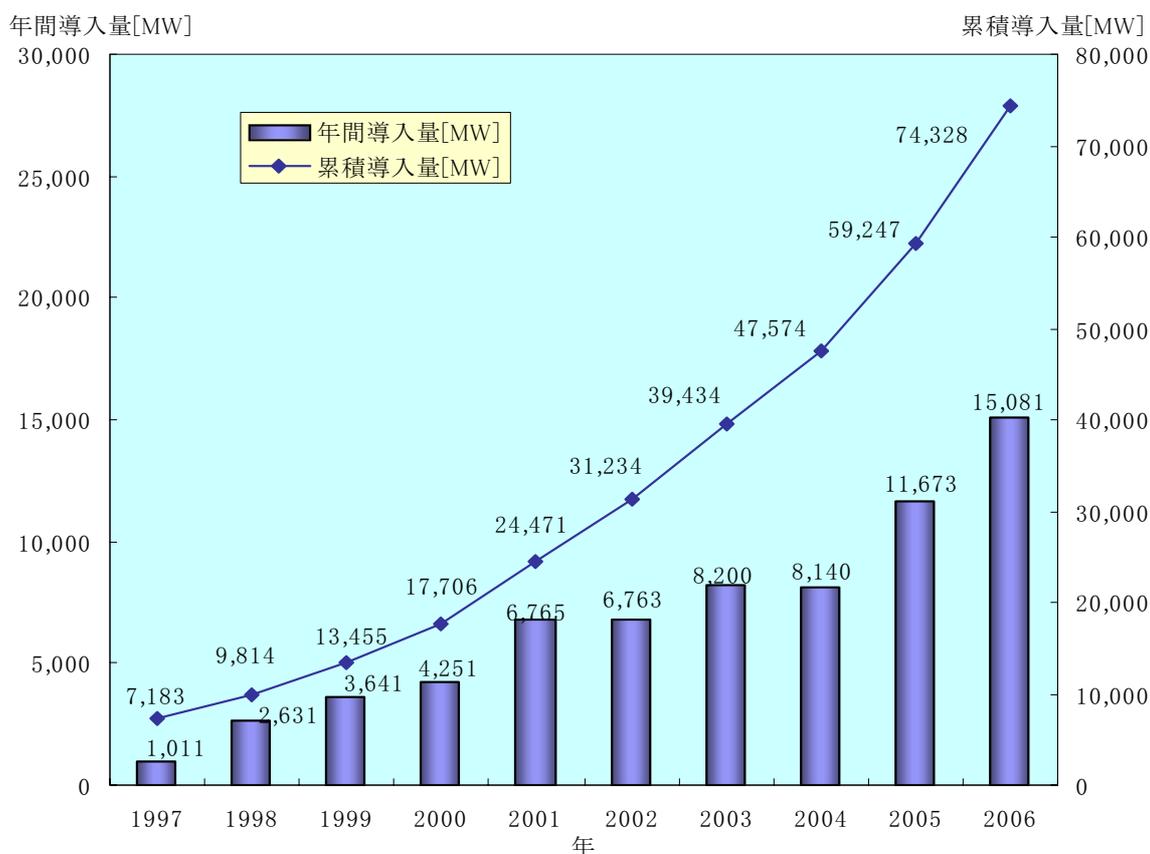
*7: Milborrow,D. Wind plant earn back emissions in less than a year.(2007)より引用

1.3 風力発電導入の動向

1.3.1 世界の動向

(1) 現状

風力発電は、再生可能エネルギーの中でも発電単価が比較的安価であることから実用化が進み、さらなる普及が期待されている新エネルギーの一つであり、既に欧米を中心に相当量の商業運転が行われている。図 1.3.1-1 に示すように 1990 年代の後半では、地球温暖化防止の世界的な気運の高まりとともに、風力発電の導入量は急激に増加し、2006 年末現在での世界の風力発電総設備容量は約 74,300MW となっている。



出典：WINDPOWER MONTHLY (April 1997 - July 2007)

図 1.3.1-1 世界における風力発電導入量の推移

2006 年時点での上位 5 カ国は、ドイツ、アメリカ、スペイン、インド、デンマークで、そこに中国が激しく追い上げているという形である。また、イタリア、イギリス、ポルトガル、フランスなどの欧州諸国の増加率も顕著である。日本は現在 13 位であり、前年(2005 年) 比 20% 以上の伸びを見せているものの、ポルトガル、フランス、カナダの 70%から 100%以上の伸びの前に前年度 10 位から後退した形である。表 1.3.1-1 および図 1.3.1-2 に主要国における風力発電累積導入量の推移を示す。また、その後上位 6 カ国の風力発電導入状況を述べる。

表 1.3.1-1 主要国における風力発電導入量の推移

国名	累積導入量 [MW]									
	1997年*	1998年*	1999年*	2000年**	2001年**	2002年**	2003年**	2004年**	2005年**	2006年**
ドイツ	2,081	2,874	4,442	6,113	8,753	12,001	14,609	16,628	18,427	20,622
アメリカ	1,611	2,141	2,445	2,555	4,245	4,645	6,352	6,752	9,142	11,698
スペイン	512	880	1,812	2,402	3,335	4,830	6,202	8,263	10,028	11,615
インド	940	992	1,035	1,220	1,507	1,702	2,120	2,983	4,434	6,270
デンマーク	1,116	1,420	1,738	2,297	2,417	2,889	3,115	3,118	3,127	3,136
中国	146	200	262	340	399	468	566	764	1,260	2,594
イタリア	103	197	277	389	697	785	891	1,265	1,717	2,123
イギリス	328	338	362	409	485	552	704	897	1,342	1,958
ポルトガル	39	51	61	111*	153*	204*	299	523	1,024	1,716
オランダ	329	379	433	448	483	689	912	1,078	1,219	1,559
フランス	13	21	25	63*	115*	183*	240	390	770	1,469
カナダ	26	83	126	139*	214*	270*	326	444	684	1,460
日本	17	32	70	150	300	384	644	940	1,150	1,394

出典：* BTM Consult ApS, "International Wind Energy Development" (ポルトガル、フランス、カナダの数は1998-2003, 他は1998-2000)

: ** WINDPOWER MONTHLY (April 2001 - July 2007)

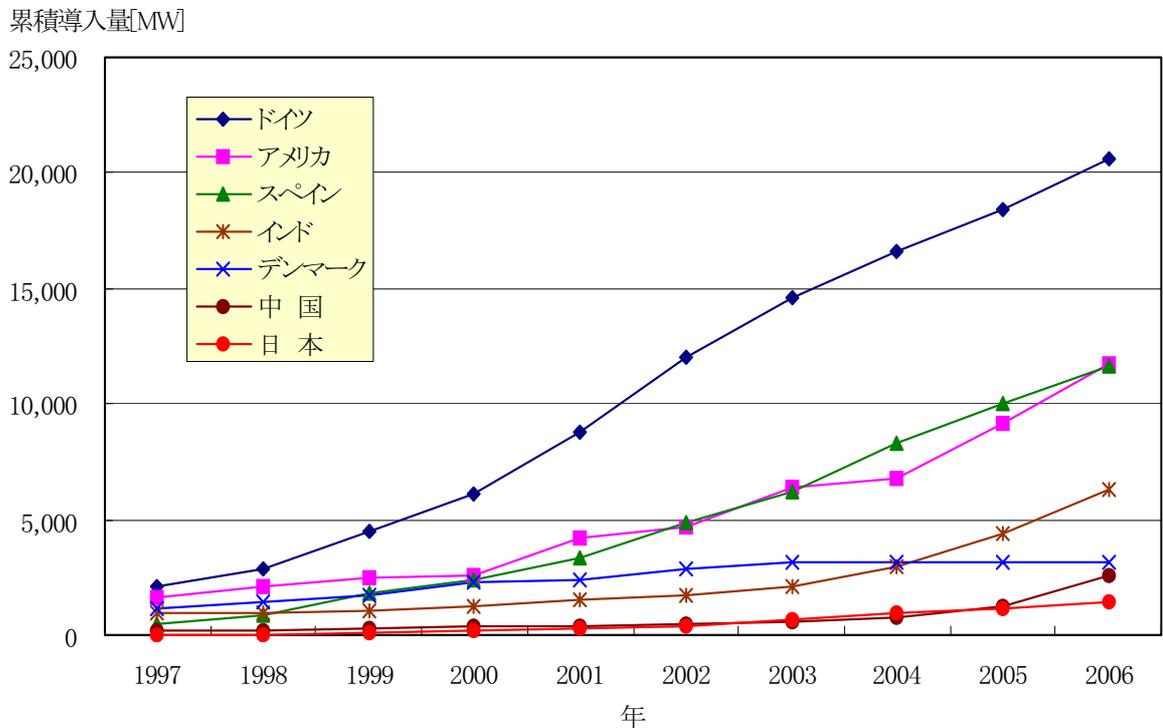


図 1.3.1-2 世界の主要国における風力発電導入量の推移(世界上位6カ国と日本)

1) ドイツ

ドイツでは、風力発電の導入が急増し、その導入量は 1997 年にはアメリカを抜いて世界一の風力利用国となり、2006 年末の累積導入量は世界で初めて 20GW を超えた(20,622MW)。このドイツにおける風力発電導入量の急激な増加は、1991 年に制定された電気供給法 (Electricity Feed Law : EFL) により、電力会社に再生可能エネルギーで発電された電力を平均電気料金の 90% で買い取ることを義務づけ、さらに風力発電 250 MW 計画により認定したプロジェクトに対し 0.06-0.08 マルク(約 4.2-5.6 セント)kWh の生産補助を実施したこと、および州別の補助策により個人 (主に農家)、IPP (卸電力事業 : Independent Power Production) 等により多くの風車が建設されたこと等の理由による。また、2000 年 4 月に「再生可能エネルギー法 (Renewable Energy Law : REL)」が施行された。REL では電力売買価格の設定、売上費用の公平な負担等が取り決められており、この効果により風力発電の電力需要に占める割合が 2006 年には 5% までに達し、また最高で国内年間総電力消費量の 7% を賄えられるところまで達している。現在、電力の 30% を供給している 17 基の原子力発電所を 2022 年までに全廃する計画が進行中で、再生可能エネルギーがますます国内エネルギー政策の重要な柱となっている。EU のガイドラインによれば、ドイツの風力発電が全電力消費に占める割合を 2010 年までに 12.5% とする目標が立てられ、2020 年までに 20% に達するであろうと予測されている (表 1.3.1-2)。

2) アメリカ

アメリカは、1978 年に制定された公益事業規制政策法 (PURPA) および連邦政府とカリフォルニア州が投資減税等で積極的に対応したため 1980 年代から 1990 年代の前半においては世界一の風力発電国であったが、1990 年代はさしたる動きは無かった。しかし、近年、導入量がめざましく増加し、特に 2003 年度、2005 年度と導入量の記録を更新、2006 年の単年度の導入量 2,556MW でさらにそれを更新した (2006 年末時点で累積導入量 11,698kW)。これは風力発電による発電コストが手ごろで安定していることと、州レベルで風力発電促進政策が取られていることおよび風力エネルギー生産税控除 (PTC) が 2003 年末に期限切れとなるために駆け込み建設が急増したこと等によるが、PTC は 2008 年末まで延長されることとなった。テキサス州では再生可能エネルギーの最低使用量を規定する RPS (再生可能エネルギー導入基準) を 1999 年に制定し、ニューヨーク州では RPS により 2013 年までに再生可能エネルギーによる電力供給量を 25% にする目標を掲げているなど、州レベルでの取り組みも盛んで、2007 年 6 月現在で RPS を採用している州は 25 州になっている。エネルギー省は、現在風力発電施設を持つ 30 州すべてで 2010 年までに 100MW を超えるという目標を立てている (表 1.3.1-2)。

3) スペイン

スペインの風力発電導入量は、1990 年代後半に急増し、2006 年末にはアメリカとほぼ並ぶ 11,615MW となって世界第 3 位にランクされている。1994 年に再生可能エネルギー支援策として電力会社に風力発電電力に対して「市場価格 + プレミアム (割増) の買取り価格」あるいは「固定買取り価格」で購入する義務を課したこと、さらに、1998 年の新法では欧州連合の

目標にあわせて2010年までに国内のエネルギー消費量の12%以上を再生可能エネルギーでまかなうという目標を掲げたことが急成長の要因の一つである。風力発電では2006年には国内電力需要の9%を賄っている(現在の目標値は風力エネルギーのみで2010年までに20,155MW:表1.3.1-2)。なお、仕組は従前通りであるが、2004年3月から固定価格買取制度の買取価格算定方法が変更された(Royal Decree 436/2004)。

4) インド

インドでは、代替エネルギー省による消費税・販売税の優遇税制や減価償却費の控除等の経済的支援を行ってきているが、これに加え事業開始から10年間は発電収入に係る税金の100%払い戻し制度を2002年に施行している。これらにより導入量は順調に増加し、2005年末には4,434MWに達して、デンマークを抜いて世界の4位となった(2006年末時点で6,270MW)。インドの風力タービンメーカーであるSuzlon社は2003年に初めてアメリカのミネソタ州に風車を納入して以来成長を続け、2006年時点で世界の風車市場の7.7%を占め、世界第5位のサプライヤーとなっている。

5) デンマーク

デンマークは、1978年より電力会社に風力発電による電力の買い取り義務が課され、さらに1979年より風力発電試験所の認証試験に合格した風車の建設に30%の補助が実施されたことにより、数多くの風力発電機メーカーが生まれ、多くのウィンドファームが建設された。その後、導入量は増え続け2006年末の風力発電の累積導入量は3,136MWとなっており、電力需要の約20%をまかなっている。1990年に制定された「電力供給法」は、電力消費者が再生可能エネルギー電力の割当量(20%)を購入する義務を負うこととなり、この一環として金融証券ともなるグリーン証券システムが導入された。この法律により、デンマークの再生可能エネルギー支援制度は、固定買取価格と環境税還元、電気税還元の組合せから、競争原理に基づいたシステムに移行することになった。なお、2003年1月以降に建設された風車または建設後10年を経過した風車は、電力会社に固定価格の買取義務は課せられておらず、市場価格での電力販売となる。また、移行期間を過ぎた現在、デンマーク政府はRPS制度の導入を実施に移しておらず、デンマークにおける風力発電事業は、政治的な不確実性から新規の導入が滞っている。一方で、洋上風力発電の開発は世界に先駆けて進められており、近年の新規導入容量の多くは洋上プロジェクトで占められている。

6) 中国

中国は、経済成長に伴うエネルギー需要の増大、環境問題の顕在化に伴い、再生可能エネルギー導入が国策として推進されている。2006年施行の再生可能エネルギー法で2020年までに国の電力の16%を再生可能エネルギーで賄い、うち30GWを風力発電で賄うという目標を掲げ、強かに風力発電事業への投資を後押ししている。さらに、京都議定書のクリーン開発メカニズム(CDM)を積極的に活用する点も特徴的で、ほとんど全ての風力発電プロジェクトがCDMとして計画されている。これらを背景に風力発電の導入量の伸びは目覚しく、2006年末時点で2,594MWで、これは2005年から倍以上の伸びを示している。なお、中国の風車メーカー金風(Goldwind)は2006年には中国市場で業界1位の31%を占め、世界でも10位に

入るサプライヤーとして成長している。

参考として、各国の新エネルギー導入目標を表 1.3.1-2 に示す。表中のパーセンテージは、全エネルギー資源における再生可能エネルギー資源の割合を示す。

表 1.3.1-2 各国の新エネルギー導入目標の一覧

国	目 標		
	再生可能エネルギー	風力発電	備 考
日本*	{ 1910 万 kL }	2010 年: 3,000MW { 134 万 kL }	鉤括弧内は年間石油換算値。
オーストラリア	2010 年: 9.5TWh/年		2006 年に 2010 年目標達成。 現在は州ごとに目標を設定。 ビクトリア州 - 2010 年:10% ニューサウスウェールズ - 2010 年:10% 2020 年:20%
フィンランド	2010 年: 31.5%		
ギリシャ		2010 年: 3,370MW	
ドイツ	2010 年: 12.5% (EU 目標値)		2006 年:12%達成済み。
アイルランド	2010 年: 15.0% 2020 年: 33.0%		
イギリス	2010 年: 10.0%		
イタリア	2011 年: 25.0%		
スペイン		2010 年:20,155MW	
オランダ	2010 年: 9.0%	2010 年: 1,500MW (陸上施設のみ)	
ノルウェー		2010 年: 3TWh/年	約 1,000MW に相当。
ポルトガル		2010 年: 3,750MW 2013 年: 5,100MW	
スウェーデン		2015 年:10TWh/年	
スイス		2010 年: 50-100GWh/年	
アメリカ			DOE 目標 2010 年:30 州で 100MW 以上 現在 16 州: 100MW 4 州: 50MW
中国**	2020 年: 16.0%	2010 年: 4,000MW 2020 年:30,000MW	
韓国		2012 年: 2,250MW	

出典 : IEA Wind Energy Annual Report 2006.

*日本の導入目標は NEDO「海外レポート No.962」から引用。

**中国については NEDO「海外レポート No.950」および WINDPOWER MONTHLY Oct 2007 を参考とした。

(2) 導入事例

1) 陸上風力発電施設（モンテ・セイシオ・カンドほか）

モンテ・セイシオ・カンド発電所、セラ・ド・カンド発電所、オテリオ・ド・コト発電所の3発電所は、図 1.3.1-3 に示すようにスペイン国ガリシア州の高原地帯に位置し、総出力64.21MW、合計97基からなる大風車群である。スペイン国内でも極めて風況の良好な場所（年平均風速7.8m/s）に立地しており、現在まで順調に運転されている。表 1.3.1-3 にその設備内容を示す。



図 1.3.1-3 スペイン ガリシア州発電所と位置図

表 1.3.1-3 スペイン ガリシア州発電所概要

国名及び地域名	スペイン国ガリシア州
名称	モンテ・セイシオ・カンド、セラ・ド・カンド、オテリオ・ド・コト風力発電所
発電規模	64.21MW（660kW×96基、850kW×1基）
風力発電機	Gamesa社 660kW（型式 G-47）、850kW（型式 G-52）
商業運転開始	1999年12月

2) 洋上風力発電施設（ホーンズ レフ [Horns Rev]

ホーンズ レフ（図 1.3.1-4）は、2002 年の夏エルサム社（現在は Vattenfall 社と DONG Energy 社による共同管理）デンマーク西岸のプローバンス岬から 14～20km 地点の北海に建設された（図 1.3.1-5）、ヴェスタス社 2.0MW×80 基、発電出力 160MW の洋上風力発電施設である。周辺の海域は水深 6～14m、干潮満潮時の差は約 1.2m で、波の高さは 1～1.5m である。海床は砂でできているため、風車の基礎部分には比較的安価なモノパイル方式を採用している。



出典:Horns Rev ホームページ

図 1.3.1-4 ホーンズ レフ 洋上風力発電所



図 1.3.1-5 ホーンズ レフ位置図

洋上風力発電計画に当っては図 1.3.1-6 に示す風況観測塔を設置して風況のみならず波高の観測も行っている。

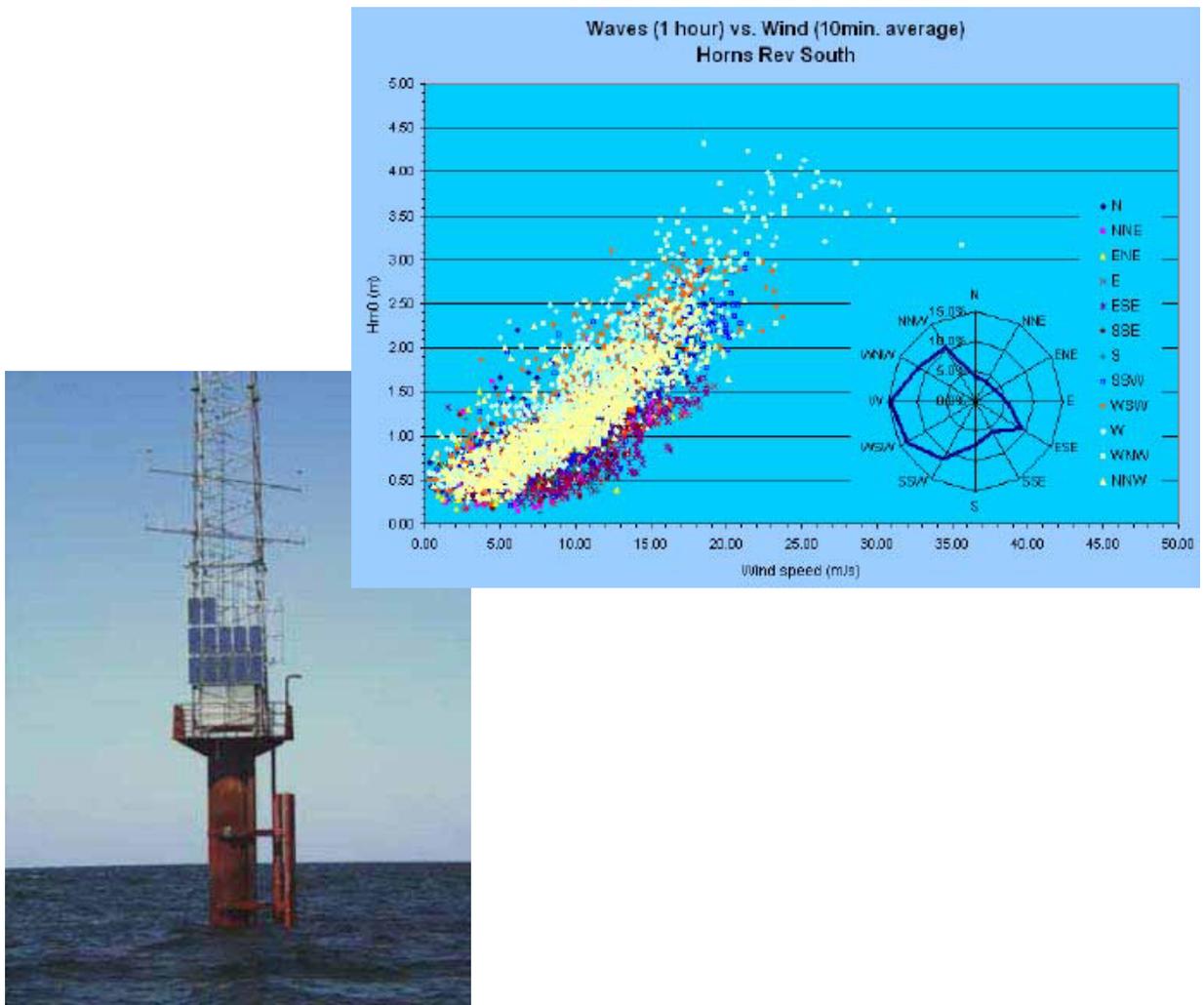


図 1.3.1-6 洋上風況観測塔と観測結果一例(10 分値風速と 1 時間値波高の関係)

表 1.3.1-4 にホーンズ レフの洋上発電設備の概要を示す。

表 1.3.1-4 ホーンズレフ洋上風力発電所概要

国名及び地域名	デンマーク ホーンズ レフ環礁
名称	ホーンズ レフ洋上風力発電所
発電規模	160MW (2.0MW×80 基)
風力発電機	Vestas 社 2MW、型式 V80-2.0MW
試験運転開始	2003 年 7 月

3) 洋上風力発電施設（ニューステッド[Nysted]）

図 1.3.1-8 に示すようにニューステッド洋上ウインドファームは、デンマーク南東部ローランド島南岸の町ニューステッドから南 10km、ロードサンド環礁の南の海洋上に設置されている世界最大（2008 年 2 月現在）の洋上風力発電所である。大型のSiemens Wind Power製 2.3MW風車（ロータ直径：41m）を 1 列に 9 基、計 8 列配置し、合計 72 基、総面積 24km²を占める。海域の水深は 6～9.5mで、タワー高 69mの風車が海面上まで築かれた基礎（重力式）の上に取り付けられる形で設置されている。陸上風力発電所に比べて、コスト高、建設の難しさなど、不利な条件が挙げられるが、洋上設置のメリットとして、遮蔽物がないために風況が良く、陸上の約 1.5 倍の電力が得られる点である。年間総電力量は 5 億 9 千 5 百万kWhと見積もられ、これは 145,000 世帯分の消費電力に匹敵する。

本施設は、隣接海域がラムサール条約の登録湿地で、EU 鳥類保護区域であることなどから、その環境影響については建設前から継続的にモニタリングが行われ、2006 年末にはその調査結果を発表する国際会議が開かれている。



出典：Nysted Offshore Wind Farm ホームページ

図 1.3.1-7 ニューステッド洋上ウインドファーム

表 1.3.1-5 にニューステッド洋上ウインドファームの設備の概要を示す。

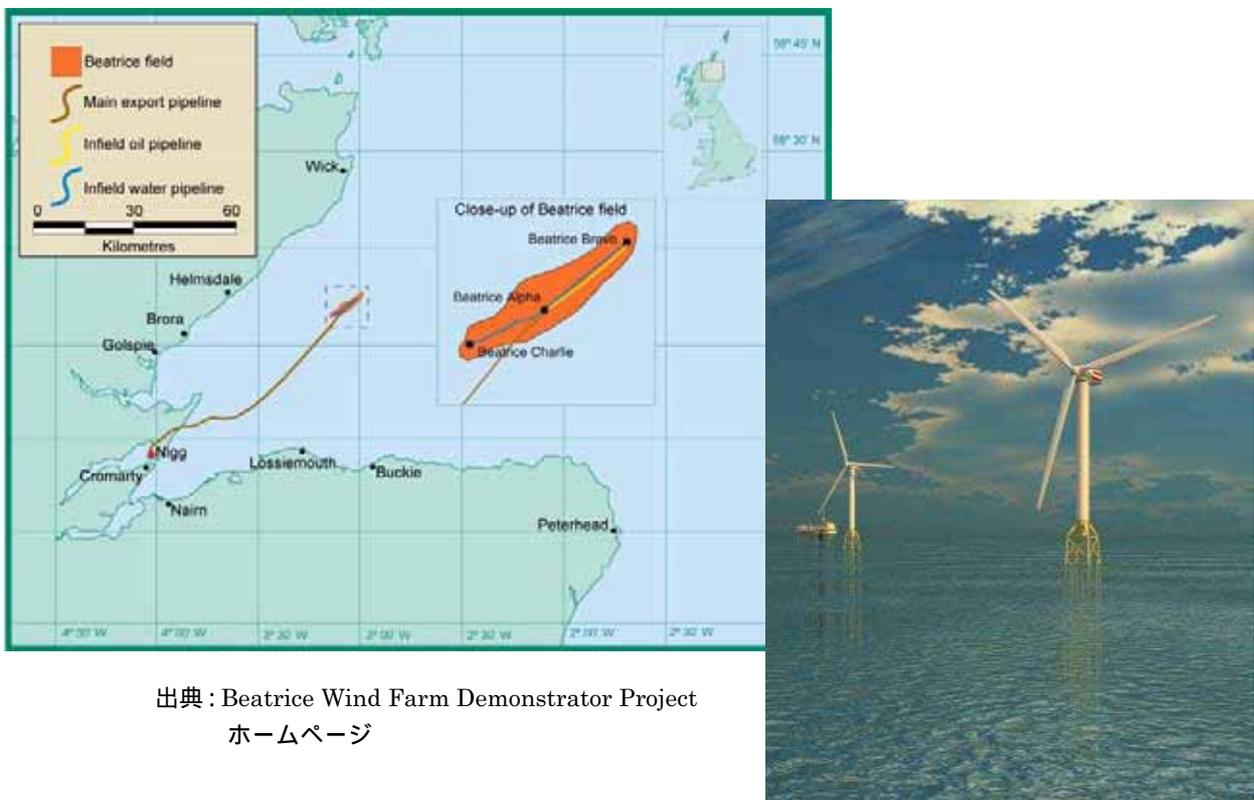
表 1.3.1-5 ニューステッド洋上ウインドファーム概要

国名及び地域名	デンマーク ロードサンド環礁
名称	ニューステッド洋上ウインドファーム
発電規模	165.6MW（2.3MW×72 基）
風力発電機	Siemens Wind Power 社 2.3MW、型式 SWT-2.3-82
試験運転開始	2003 年 12 月

4) 洋上大型風車プロジェクト (ベアトリス[Beatrice]ウィンドファーム実証プロジェクト)

ベアトリスウィンドファーム実証プロジェクトは、スコットランド北東部モーレイ湾内、約23kmのベアトリス油田に建設中の実証試験用風力発電施設で、図1.3.1-8に示すように大型風車2基(REpower製)がすでに設置されている。最深部でおよそ45mの洋上に格子状のジャケット方式(約70m)の支持構造を設け、その頂部に約60mの風車の支柱が取り付けられている。風車のロータ直径は126mに上り、定格出力は5MWで、風車から既存の石油採掘装置に海底ケーブルを通して電力が送られる。

総事業費3,500万ポンド(約56億円)に達するこのプロジェクトの事業主は、石油会社タリスマンエナジーとスコティッシュアンドサザンエナジーで、最終的には、200基規模の洋上風力発電施設をこの油田の隣に建設する計画である。この実証試験は、5年をかけて環境影響を含めた各種データの収集、コストの削減、オペレーション方法の向上などを図るものである。



出典：Beatrice Wind Farm Demonstrator Project
ホームページ

図1.3.1-8 ベアトリスウィンドファーム実証プロジェクト建設位置と発電施設のイメージ

表1.3.1-6 にベアトリスウィンドファーム実証プロジェクト概要の概要を示す。

表1.3.1-6 ベアトリスウィンドファーム実証プロジェクト概要

国名及び地域名	スコットランド モーレイ湾
名称	ベアトリスウィンドファーム実証プロジェクト
発電規模	10,000kW (5MW×2基)
風力発電機	REpower社 5MW、型式 5M
試験運転開始	現在建設中(2007年7月風車2基の洋上設置完了)

5) 日本の風力発電事業会社による海外での開発事例

ユーラスエナジーグループは、1987年9月に米国カリフォルニア州モハベ砂漠にて5MWの風力発電事業を始め、以降、米国やイギリス、イタリア、スペインに大規模な風力発電事業を実現させてきた。スペインガリシア州の発電所は、州政府から計525MWの風力発電設備について、10年間にわたる風力発電事業の開発権を取得して開発を進めている大型事業の一部で、現在約400MWが操業している。

スペインアストリアス州の案件も合わせて、ユーラスエナジーヨーロッパとスペインの現地パートナーとの共同出資会社であるユーロベント社で開発を進めている。



図 1.3.1-9 スペインガリシア州風力発電

ユーラスエナジーヨーロッパは、スコティッシュパワー社(英国ユーティリティー)およびドンエナジー社(デンマークユーティリティー)との3社コンソーシアムで、英国西岸(Irish sea)の沖合い約13kmのWest of Duddon Sandsに約100基、500MW規模の洋上風力発電事業の開発権を取得し、2013年頃の運転開始を目指している。



図 1.3.1-10 West of Duddon Sands

1.3.2 日本の動向

(1) 現状

日本における年度別の風力発電の総設備容量（累積導入量）と総設置基数の推移および関連する促進制度・事業等の推移を図 1.3.2-1 に掲げる。図に見るように、我が国における風力発電設備容量は、2006 年度末時点の NEDO 調査（対象：出力 10kW 以上）では約 1490.5MW、設置基数は 1314 基となっている。

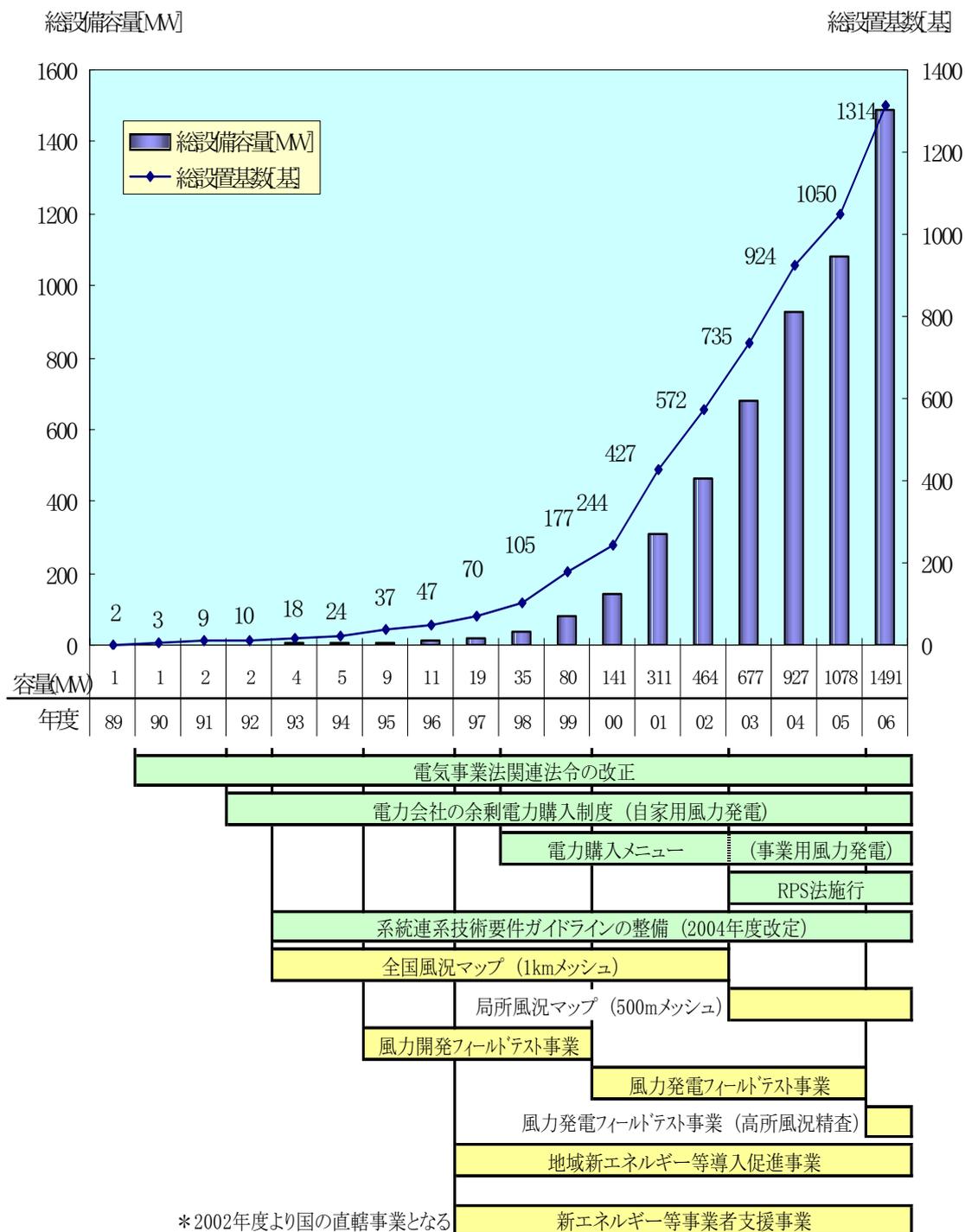


図 1.3.2-1 日本における風力発電導入量の推移(年度別)

我が国における風力発電の導入は、サンシャイン計画、ニューサンシャイン計画や電力会社およびメーカーによる試験研究用等が主であったが、環境問題への関心の高まり、1990年の電気事業法関連法令の改正による設置手続きの簡素化等を背景として、地方自治体等による導入も行われるようになった。1993年度にはNEDOが作成した全国風況マップにより、設置有望地域が多く存在する可能性が示され、風況精査や風力発電の導入に関して、1995年度からの風力開発フィールドテスト事業、1997年度からは地域新エネルギー等導入促進事業、新エネルギー等事業者支援対策事業がスタートした。こうしたことに加え、1998年からの長期的・安定的な事業用発電の余剰電力購入メニューにより、我が国の風力発電の導入量は、1990年代後半から加速的に伸びた。特に2001年度以降、年間導入量は150MWを超え(図1.3.2-2)、2005年度に累積導入量で1,000MWを超えるとともに、設置基数も1000台を超えた。2006年度には過去最大の年間導入量407.1MWを記録している(図1.3.2-2)。

また、こうした導入量の加速的増加は、事業規模や風車の大型化等にもよっている(図1.3.2-3)。これは、風力発電の立地の制約や建設コストの低減を背景として、導入に際して1箇所当たり、単機当たりの発電量の最大化が意図されていると考えられ、今後もウィンドファームや単機当たりの大型化の傾向が続くものと思われる。なお、風車の海外機と国産機の導入基数の推移から2002年度以降、国産機の導入基数が増加していることが認められる(図1.3.2-4)。

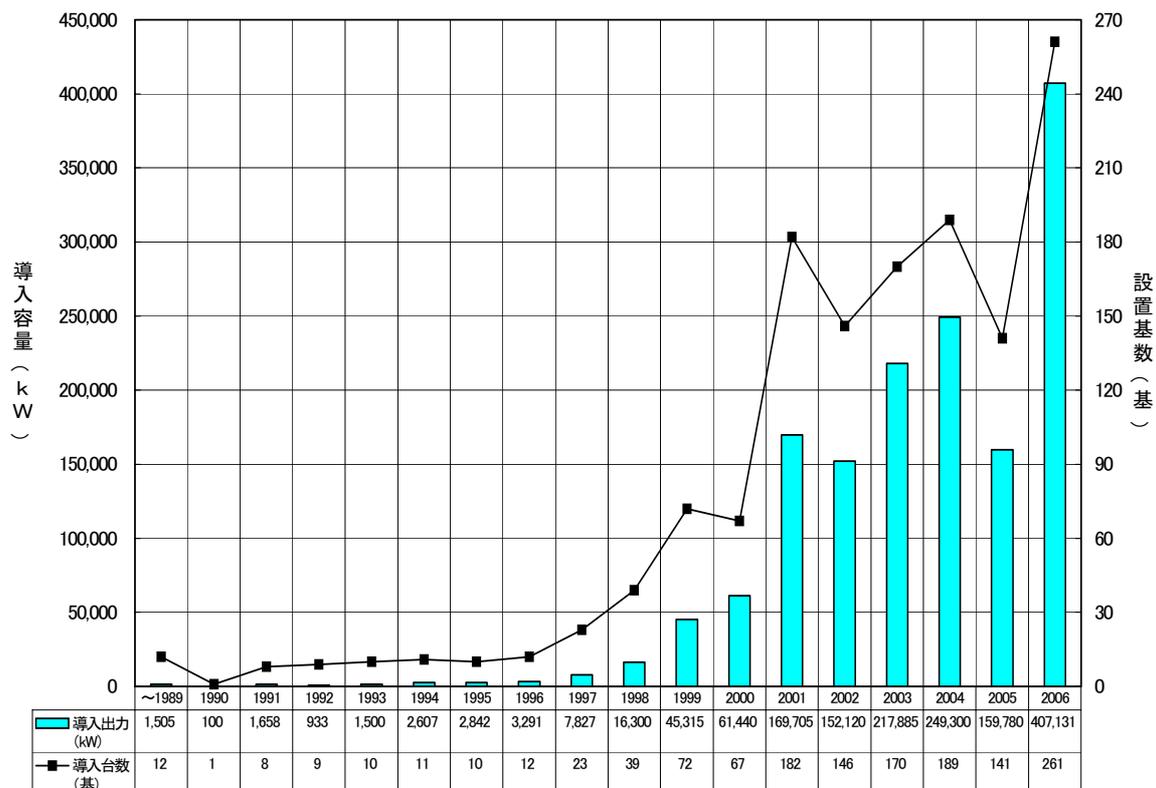


図 1.3.2-2 年度別導入出力と導入基数(撤去施設は除く)の推移

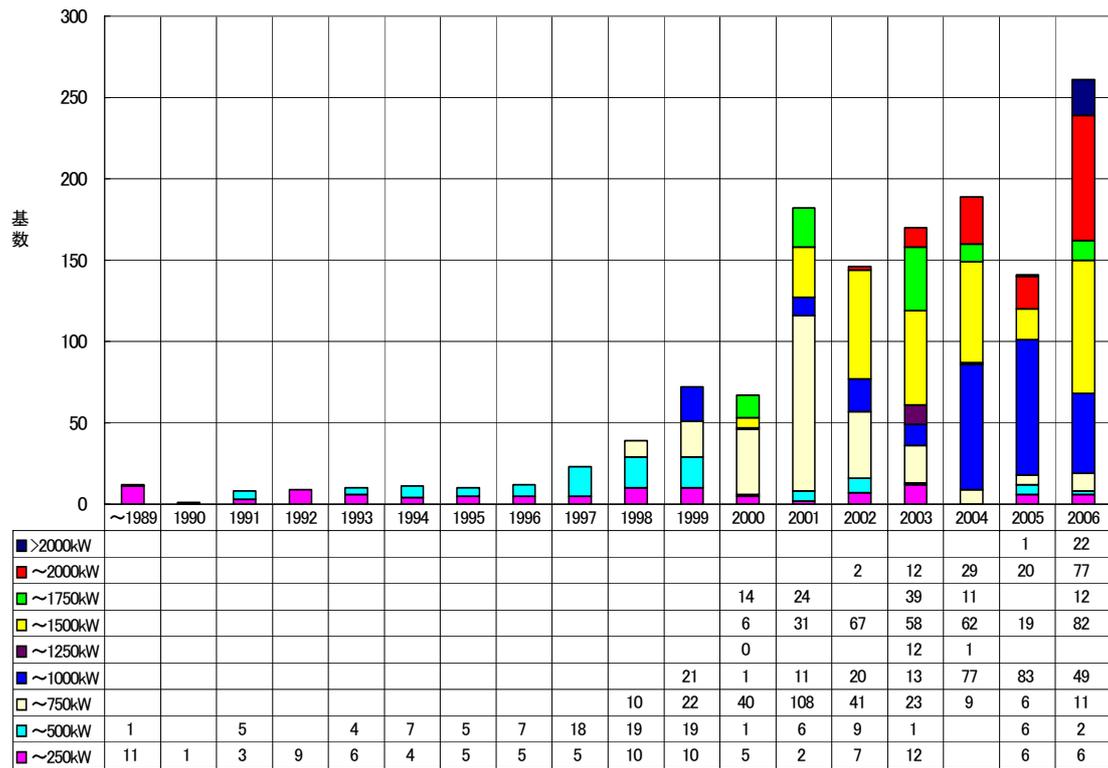


図 1.3.2-3 風力発電機の出力量階層別導入基数の推移(但し、撤去設備は考慮していない)

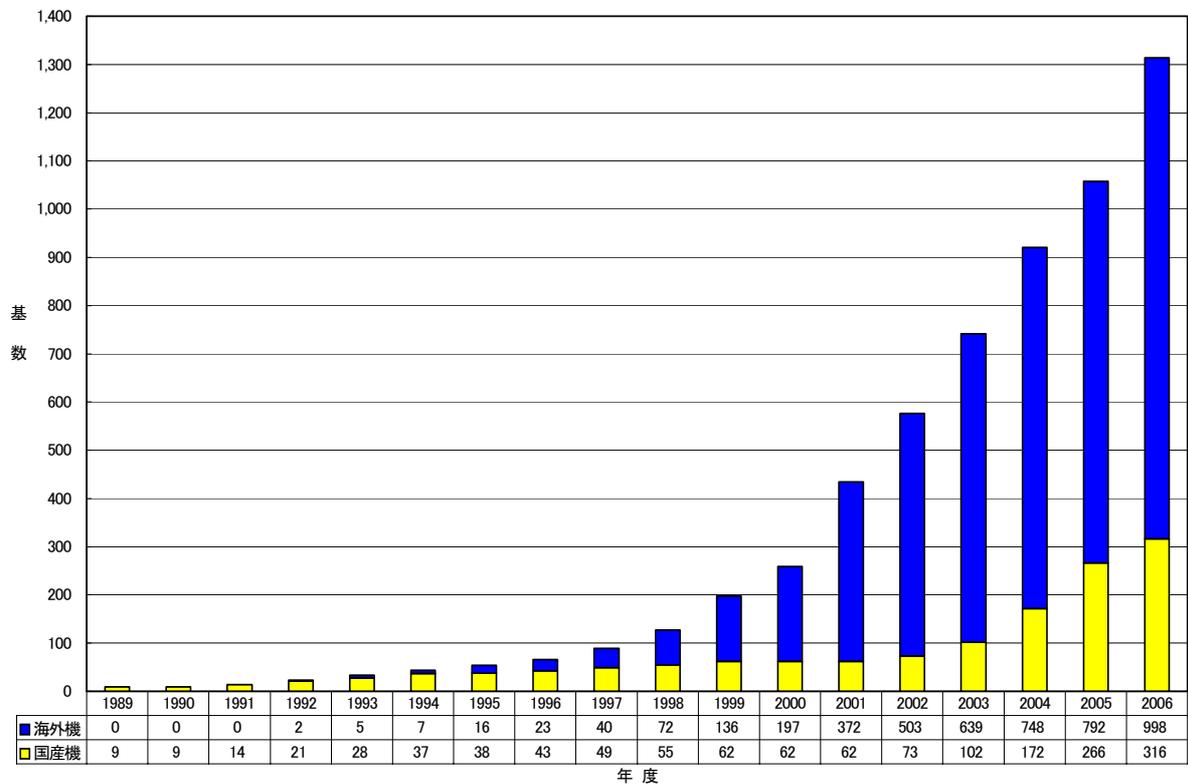


図 1.3.2-4 風車の海外機と国産機の導入基数の推移(累積値)

しかしながら、我が国の風車導入の設備容量は、2006年で世界のその1.87%程度であり、欧米諸国と比較して少ない状況にある。これには、下記のようないくつかの要因が考えられる。

- ・ 風力発電施設の設置に適する未開発の平坦地が少なく、山岳地帯への設置が比較的多くなってきたため、輸送・工事費等の費用が嵩む。
- ・ 風況が欧米に比べて比較的弱く、不安定でかつ落雷、台風、乱流等の環境条件が風車に厳しい。
- ・ 上記のような理由などにより発電単価が高いサイトが多く、一方で売電単価が低い(あるいは、欧米に比べて売電に関する優遇策が不十分)なため、事業が成立しにくい状況にある。
- ・ 電力会社による系統連系の制約が多く、特に風況のよい地域において系統容量が小さく売電容量に制限があることが多い。
- ・ 各種規制(許認可)や景観問題、生態系への影響等により、事業化が思うように進まないケースが少なくない。

わが国における風力発電および新エネルギーの導入目標を表 1.3.2-1 に示す。1994年12月に閣議決定された「新エネルギー導入大綱」では2000年に2万kW、2010年に30万kW(新エネルギー全体の目標量[原油換算1910万kl]に対する風力発電の割合:0.63%)であったが、1998年に2000年目標値を早々と達成すると、2001年6月に改正された「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」で2010年の目標値は300万kW(同7.0%)にまで上方修正された。また、2002年6月に「エネルギー政策基本法」が策定されて2030年の風力発電量は602万kW(同6.8%)の目標値が示されている。

これらの目標値を達成するには、先に述べた日本において風力発電の導入を阻害している要因を克服していく必要がある。そのためには、我が国の気候風土に適合した日本型の風車の開発が待たれるとともに、今後、これまで導入があまり進んでいない設置環境のより厳しい場所や中風速地域、洋上等の設置場所の拡大の検討が必要であろう。さらに費用対効果の関係から、風車のさらなる大型化を図り、特に我が国の風況に適合した低風速域での発電効率の向上、系統にやさしい発電システム等の技術開発が必要となろう。

表 1.3.2-1 わが国における風力発電と新エネルギー導入目標の一覧

政 策	分類	2000 年	2010 年	2030 年	備 考
新エネルギー導入大綱 (1994.12)		2 万 kW (0.8 万 kl)	15 万 kW (6 万 kl)	—	【1998 年改定】 2010 年: 30 万 kW (12 万 kl) [0.63%]
		—	—	—	—
新エネルギー利用等の 促進に関する特別措置法 (2001.6 改正)		—	300 万 kW (134 万 kl) [7.0%]	—	—
		—	1,910 万 kl	—	—
エネルギー政策基本法 (2002.6)		—	—	602 万 kW (269 万 kl) [6.8%]	—
		—	—	3,946 万 kl	—

注) ①：風力発電の導入目標(括弧内は原油換算値。鉤括弧内は新エネルギー全体の導入目標に対する風力発電の導入目標の割合を示す)

②：新エネルギー全体の導入目標(原油換算)

(2) 導入事例

風力発電システムの設置には、単体設置と複数の風車を設置する集合設置（数基～数十基の大規模ウィンドファームまで）がある。

1990年代までの風力発電の導入初期段階においては、単体設置の事例が多く、試験・研究目的に始まり、既存の電力と併用しての自家消費用の電源が中心で、普及啓発ならびに地域および企業におけるクリーンエネルギーのシンボルとして設置されるケースが大半であった。近年は後述する集合設置の事例が増え、単体設置の事例は相対的に減少しているものの、1MW以上の大型風車の単体もしくは少数設置による売電事業を目的とした導入事例も目立つ。

集合設置は、建設時の輸送道路、系統連系に伴う電気設備、運転監視設備や運転・点検体制等を共有化することにより出力あたりの建設費や運転経費を削減する利点があり、一般に事業採算性を考えた場合、単体設置に比較して有利であるため、近年の導入の主流となっている。特に、風況の良い比較的広い敷地に建設された大規模な風力発電所は、ウィンドファームあるいはウィンドパークと呼ばれ、おもに民間の風力発電事業会社が運営し、売電事業を行っている。海外では多くのウィンドファームが建設され、商業運転が長期にわたって行われているが、日本でも本格的なウィンドファームが1999年より北海道、東北、九州等で建設され、導入実績の増加に貢献している。特に近年は、風車の単機出力の大型化とも相まって、総出力数万kWの大規模なウィンドファームが各地で見られるようになってきた。

一方で、欧州の風力発電先進国では陸上の導入適地が減少し、海域に風力発電施設を設置する「洋上風力発電」導入の動きが加速している。洋上の風況は山岳や地上構造物による陸上風と異なり、風の乱れが比較的少なく安定していること、広いスペースが確保できること等から、海外では前項で示したように、大規模洋上ウィンドファームの建設が行われ、さらなる設置計画が進行中である。国内でも洋上風車の導入が数例見られるが、欧州に比較して大きく遅れている。その理由として、偏西風のような安定した風況条件でないこと、不安定な海底岩盤が比較的多い上に地震が多いこと、台風が多いこと、遠浅の海域面積がもともと比較的少ないことなどに加えて、漁業に関する課題（漁業者の理解、漁業権と漁業保障等）があり、現実的な開発適地が少ないことなどがあげられる。ただ、世界第6位の広さの排他的経済水域を持つ我が国にとって、洋上風力発電の可能性は大きいことも事実であり、沿岸漁業に影響を与えない地域まで沖合いに出る必要性があることも考慮して、現在、浮体式の風力発電施設に係わる研究・開発等も行われており、近い将来に欧州のような大規模な洋上風力発電の導入が期待される。

以下では、国内における様々なタイプの風力発電施設の導入事例を紹介する。

1) 都市近郊における設置事例（単基または少数基設置）

(a) 東京臨海風力発電所

東京臨海風力発電所（東京風ぐるま）は、(株)ジェイウインド東京が東京都中央防波堤内側埋立地に設置した風力発電所である。

本事業は、地球温暖化対策として、風力発電施設の建設・運転によって都民および事業者に対する普及啓発を進め、自然エネルギーの利用促進を図ることを目的とした東京都と民間企業による風力発電初の共同事業である。

国際的なメガロポリスでの本格的な風力発電事業は世界的にも見ても珍しく、多方面の注目を集めている。



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

(b) 東京都江東区若洲風力発電所

2004年3月、東京に国内最大級（当時）の風車が完成した。定格出力1,950kW、ロータ直径80mで、年間約1,000世帯分の電気を発電する。太平洋に面した東京湾は、山岳地に比べて安定した風を得やすいため、近年風車建設も進んでいる。これまでは人里離れた土地に風車は建てられることが多かったが、電気やエネルギーの大量消費地である都市部に建てることにより、人々への新エネルギーに対する関心を高める、いわば“都市型風力発電システム”である。タワーには人気マンガ家、手塚治虫氏で知られる鉄腕アトムや火の鳥等のキャラクターが描かれており、直接風車にも触れられる楽しい風車にもなっている。また、公園内には環境学習施設として、小型風車や太陽光発電の東屋が設置されており、あわせて環境学習ボランティアによる見学会も開催され、訪れる人々に直接新エネルギーに触れてもらう取り組みが積極的に行われている。



図 1.3.2-6 江東区若洲風力発電所

表 1.3.2-3 江東区若洲風力発電所概要

名称及び設置場所	江東区若洲風力発電所、東京都江東区
発電規模	1,950kW
風力発電機	IHI-NORDEX 社 1,950kW、型式 IN-1950
電力購入者	東京電力株式会社
商業運転開始	2004年3月

(c) 横浜市風力発電所(ハマウイング)

ハマウイングは、横浜市の環境行動都市のシンボルとして、横浜港のほぼ中心に位置する瑞穂ふ頭の市有地に建設された。風車は、高さ 118m、羽根の直径は 80m である。瑞穂ふ頭は、年間 4,800 万人もの人が訪れるみなとみらい地区から眺めることができる場所であり、そのみなとみらい地区にある臨港パークには、発電量のわかる表示板を設置している。

この事業の大きな特徴は、「市債の発行」と「Y(ヨコハマ)-グリーンパートナー」という 2 つの仕組みにより、市民、企業、行政の協働事業となっているところにある。風力発電設備の建設費用は、NEDO等の補助金および横浜市初の事業を特定した住民参加型市場公募債「ハマ債風車(かざぐるま)」の発行で賄われている。また、市債の償還および設備の維持費には「Y-グリーンパートナー」である企業の協賛金および風力発電による売電収入を充てている。協賛企業には、グリーン電力証書を発行しているほか、発電表示板や広報媒体への企業名の掲載などのメリットがあり、企業のCSR*活動に活用されている。

その他、市民参加による風車のロゴマークや愛称(ハマウイング)の決定、協賛企業との協力による施設見学会の開催など、風力発電設備を活用した様々な普及啓発に取り組んでいる。



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

* CSR : Corporate Social Responsibility の略で、「企業の社会的責任」のこと。

2) 陸上ウィンドファーム

(a) 響灘風力発電所（沿岸設置例）

響灘風力発電事業は(株)エヌエスウィンドパワーひびき（新日鐵 51%・日本風力開発 19.9%・西島製作所 19.1%・三井物産 10%）が、100 万都市である北九州市の響灘に面する日本初の港湾地区における風力発電事業であり、北九州市が建設を進めている環黄海圏ハブポート建設地に隣接する緑地帯に設置されている。発電規模は定格出力 1,500kW の発電機を 10 基、合計出力 15MW を設置しており、西日本最大級（当時）の風力発電所である。

本事業は、北九州市が同地域において取り組んでいるエコタウン事業などの環境施策と合致して計画されており、環境にやさしいクリーンエネルギーの象徴として自然環境に対する理解を深めることに貢献できると思われる。



図 1.3.2-8 響灘風力発電所

表 1.3.2-5 響灘発電所概要

名称及び設置場所	響灘風力発電所、福岡県北九州市若松区響灘地区
発電規模	15,000kW（1.5MW×10 基）
風力発電機	GE Wind Energy 社 1,500kW、型式 1.5S
電力購入者	九州電力株式会社
商業運転開始	2003 年 3 月

(b) 瀬戸ウィンドヒル風力発電所（半島設置）

本風力発電所は、愛媛県瀬戸町（出資比率 10%）と三菱重工業（出資比率 90%）が共同出資し、第三セクターである(株)瀬戸ウィンドヒルが運営している。

風力発電設備としては、1,000kW 機を佐多岬半島の尾根上に 11 基、合計出力 11MW を配置しているが、渡り鳥の飛翔中継地点であったため、本来は測量等に用いられる測風経緯儀(セオドライト)を用いて飛翔経路の調査を建設前後に行った(第 4 回風力エネルギー利用総合セミナーにて発表)。

また、圧倒的な好風況（年間平均 約 8.0m/s）により、計画設備利用率 30%に対して、実績でも 29.3%を維持して運転している。



図 1.3.2-9 瀬戸ウィンドヒル風力発電所

表 1.3.2-6 瀬戸ウィンドヒル風力発電所概要

名称及び設置場所	瀬戸ウィンドヒル発電所、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

(c) 六ヶ所村風力発電所（平坦部設置）

六ヶ所村風力発電所は、日本風力開発㈱が青森県六ヶ所村に建設した出力 32,850 kW の大規模風力発電所であり、東北電力㈱の特別高圧送電線に連系して全量を売電している。

風車の建設場所は広大な牧草地に位置している。各風車に併設される変電設備は、牧草地への影響を極力少なくするために高床式となっている。これは、同時に積雪への配慮でもある。

風力発電所には運転員が常駐しており、風車運転状態の監視および故障発生時の復旧対応を 24 時間体制にて行っている。設備利用率は約 28.4%、年間総発電電力量は 8,173 万 kWh と見込まれている。



図 1.3.2-10 六ヶ所村風力発電所および高床式変電設備

表 1.3.2-7 六ヶ所村風力発電所概要

名称及び設置場所	六ヶ所村風力発電所、青森県六ヶ所村
発電規模	32,850kW (1.5MW×20 基、1.425MW×2 基)
風力発電機	GE Wind Energy 社 1,500 [1,425] kW、型式 1.5S
電力購入者	東北電力株式会社
商業運転開始	2003 年 12 月、2004 年 11 月 (2 基増設)

(d) 宗谷岬ウインドファーム（岬／丘陵設置）

宗谷岬ウインドファームは、単機発電出力 1,000 kW の風力発電機を 57 基設置し、総発電出力は 57,000 kW と、単一発電所の風車設置数としては我が国最大の風力発電所である。

宗谷岬は日本最北端の地として全国的に有名であり、風力発電所を建設した丘陵地は、約 2 万年前の最終氷期の際に、氷河周辺部での凍結融解の繰り返しによってできた周氷河地形として、北海道遺産に指定されている。また同時に、宗谷黒牛で有名な宗谷岬肉牛牧場を有する稚内市の観光スポットとしても注目されており、天気の良い日には、北にサハリン、西に利尻富士を望むことができる。



写真提供：ユーラスエナジージャパン(株)

図 1.3.2-11 宗谷岬ウインドファーム

表 1.3.2-8 宗谷岬ウインドファーム風力発電所概要

名称および設置場所	宗谷岬ウインドファーム、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

(e) 郡山布引高原風力発電所（高原設置）

郡山布引高原風力発電所は、2005年5月に着工、2007年2月に営業運転を開始した。総出力65,980kWは国内最高を誇る。同発電所は、Jパワー（電源開発株式会社）が設立した事業会社、㈱グリーンパワー郡山布引により設置・運営されている。ドイツ Enercon 社製 2,000 (1,980)kW 風車 33 基が稼動し、年間総発電量は 1 億 2,500 万 kWh にのぼる。これは、約 35,000 世帯（郡山市全体で 126,000 世帯）に供給できる電力量に相当する。標高約 1,000m の高原に位置するこの発電所では 12 月から 3 月にかけて一定の風力が確保でき、年間の平均風速は約 7m/s、年間の設備利用率は約 22%と想定されている。同発電所には風力資源の活用のみならず、地元の農業との共存および観光資源としても大きな効果が期待される。



写真提供：電源開発(株)

図 1.3.2-12 郡山布引高原風力発電所

表 1.3.2-9 郡山布引高原風力発電所概要

名称および設置場所	郡山布引高原風力発電所、福島県郡山市湖南町赤津
発電規模	65,980kW (2,000kW×32基、1,980kW×1基)
風力発電機	Enercon 社 2,000[1,980]kW、型式 E-70
電力購入者	東京電力株式会社
商業運転開始	2007年2月

(f) CEF 南あわじウインドファーム（島嶼／丘陵設置）

CEF 南あわじウインドファームは、鳴門海峡をのぞむ淡路島南部、小高い丘に立つ西日本最大級の風力発電施設である。風車は、アメリカ GE Wind Energy 社製で国内に設置されているものとしては最大となる定格出力 2.5MW の風車 15 基が稼働している。ハブ高は 85m、ロータ直径は 88m に上る。総発電出力は 37.5MW で、定格出力時には一般家庭の約 12,000 世帯分の電力を賄うことができ、これは発電所が設置されている南あわじ市の総世帯数の約 2/3 にあたる。2006 年 11 月より段階的に運転を開始、サイト全体の最終的な建設工事の完了・運転開始は 2007 年 8 月であった。

本ウインドファームは、関西の都市部から比較的近く、また風光明媚な淡路島に立地していることから、観光や環境学習を目的にサイトを訪れる見学者が多い。管理棟内に展示室も設置しており、風力発電への理解向上・普及に貢献している。



写真提供：クリーンエナジーファクトリー(株)

図 1.3.2-13 CEF 南あわじウインドファーム

表 1.3.2-10 CEF 南あわじウインドファーム概要

名称および設置場所	兵庫県南あわじ市阿那賀
発電規模	37,500kW (2.5MW×15 基)
風力発電機	GE Wind Energy 社 2,500kW、型式 GE2.5
電力購入者	関西電力株式会社
試験運転開始	2006 年 11 月

3) 洋上設置

(a) サミットウィンドパワー酒田発電所

サミットウィンドパワー酒田は、北海道せたな市の洋上風力発電所と並び、民間における日本初の洋上風力発電所を自負する。このプロジェクトは、住友商事の子会社サミットウィンドパワーによって進められ、風力発電所建設は川崎重工業が担当した。Vestas 社製風車 8 機が稼動し、うち 5 機は酒田北港西護岸水路部内（幅 50m、水深 4m）に、残り 3 機は周辺の宮海海岸陸上部に設置された。ハブ高は 60m、ロータ直径は 40m、最頂部は 100m に達する大型風車である。年間総発電量は約 4,000 万 kWh で、これは約 11,000 世帯分（酒田市全体の約 3 分の 1 にあたる）の電力を供給できる量である。



陸上機



発電所全景



洋上機建設風景

出典：サミットウィンドパワー酒田ホームページ

図 1.3.2-14 サミットウィンドパワー酒田発電所

表 1.3.2-11 サミットウィンドパワー酒田発電所概要

名称および設置場所	サミットウィンドパワー酒田、山形県酒田市
発電規模	16,000kW（2MW×8基、うち洋上は5基）
風力発電機	Vestas社 2,000kW、型式 V80-2.0MW
電力購入者	東北電力株式会社
商業運転開始	2004年1月

(b) 北海道瀬棚町洋上風力発電所「風海鳥」^{かきみどり}

風海鳥は1998年度に洋上風力発電事業が計画されて以来、いろいろな規制や課題を乗り越え、6年の歳月を経て完成した。2002年12月に北海道電力㈱の風力発電プロジェクトの募集とともに、NEDOの補助交付決定を受け、2003年2月に待望の洋上風力発電システムの工事に着手した。

同年5月から本格的工事が進められ、8月には風車2基が瀬棚港内によくその姿を現すことができ、そして2004年4月1日、無事に本格稼動を開始した。

かつて先人たちが瀬棚町を築くために利用した自然環境、その厳しさのなかにも恵みがあるという教訓を生かし、地域から発信する新エネルギーの導入である。今日の地方分権時代において、それぞれの自治体の個性と力量が問われる時代に地域振興は「地域の特性をどう生かすか」というキーワードをかたちにしたのが、日本初の地方自治体による洋上風力発電事業である。



「風海鳥」全景

海底ケーブル敷設風景

図 1.3.2-15 瀬棚町洋上風力発電所「風海鳥」

表 1.3.2-12 風海鳥発電所概要

名称及び設置場所	瀬棚町洋上風力発電所「風海鳥」、北海道瀬棚町
発電規模	1,200kW (600kW×2基)
風力発電機	Vestas社 600kW、型式 V47-660kW
電力購入者	北海道電力株式会社
商業運転開始	2004年4月

4) 実証試験設備

(a) 苫前ウィンビラ発電所（蓄電池平滑実証試験）

苫前ウィンビラは、2000年12月に運転を開始した出力1,650kW、1,500kWの風車がそれぞれ14基と5基、総出力は30MWを超える大型風力発電所である。運転開始当時、同発電所は、地方自治体と民間企業の共同出資により事業化された国内最大規模の風力発電所であること、当時としては世界最大級の風車を採用したことに加え、風況シミュレーションに基づく風車の配置など大型風力発電所のモデルケースとして評価され、第5回新エネ大賞資源エネルギー庁長官賞を受賞した。

その後、同発電所では、風力発電の欠点ともいえる出力変動が系統の周波数に影響を及ぼす問題を解消し、電力の安定供給を可能にする目的で蓄電池システムが併設され、2005年1月から2008年3月まで実証試験が行われる予定である。併設された蓄電池は定格4,000kW、電池容量6,000kWhで、風力発電出力の平滑化効果を維持しながら、経済的なシステムを構築することを開発目標としていた。実証試験では、発電出力変動を平滑化するための制御、電池容量を有効に活用するための制御、蓄電池のバンク数を変化させてシステムロスを低減する制御等、蓄電池併設風力発電システムの実用化に必要な各種制御の有効性が確認された。同発電所で開発された出力安定化技術は、系統に制約のある地域における風力発電導入の拡大に貢献するものとして、今後の活用が期待されている。



写真提供：電源開発(株)

図 1.3.2-16 苫前ウィンビラ発電所外観(左)と蓄電池建屋(右)

表 1.3.2-13 苫前ウィンビラ発電所概要

名称および設置場所	苫前ウィンビラ、北海道苫前郡苫前町
発電規模	30,600kW (1,650kW×15基、1,500kW×4基)
風力発電機	Vestas社 1,650kW、型式V66 Enercon社 1,500kW、型式E66
電力購入者	北海道電力株式会社
商業運転開始	2000年12月

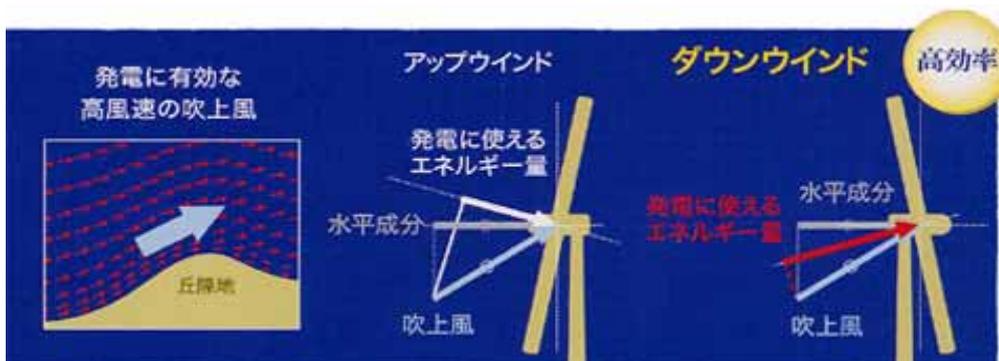
(b) ウィンドパワーはさき風力発電所（ダウンウィンド風車）

ウィンドパワーはさきは、2006年1月より稼働開始した実証試験風車である。風車は富士重工業株式会社と株式会社日立製作所の共同開発によるもので、同機種は第11回新エネ大賞・資源エネルギー庁長官賞を受賞している。受賞理由は、『日本初のダウンウィンド方式及び分割ナセル・分割ブレードの採用により従来方式に比べて、吹上げ風への適応など日本の地形・風況に対する適合性の向上と共に、搬入路制約条件の緩和により山岳地等への大型風車建設の経済性を高めるなど開発機の先進性、将来性が高く評価された』ことによる。ロータ直径は80m、ハブ高は62mの大型機で、最大の特徴としてダウンウィンド方式が採用され、ロータをナセルの風下側に配置し、吹上風を正面から受け、効率のよい発電を可能にした(図1.3.2-18)。



出典：富士重工業ホームページ

図 1.3.2-17 ウィンドパワーはさき風力発電所



出典：(株)小松崎都市開発ホームページ

図 1.3.2-18 ダウンウィンドロータ

表 1.3.2-14 ウィンドパワーはさき風力発電所概要

名称および設置場所	ウィンドパワーはさき風力発電所、茨城県神栖市
発電規模	1,980kW
風力発電機	富士重工業 / 日立製作所、型式 SUBARU 80/2.0
電力購入者	東京電力株式会社
試験運転開始	2006年1月

【導入実績】

2007年3月現在の日本における都道府県別の風力発電設備設置実績を表1.3.2-15に示す(10kW以上の風力発電設備で稼働中のもの)。なお、全国の風力発電施設分布図および設備実績一覧表はNEDOのホームページで公開され、毎年更新されるので、参照されたい。

表 1.3.2-15 日本における都道府県別風力発電導入量(設備容量順)

(2007年3月末現在)

都道府県	設備容量(kW)	設置基数(基)
北海道	242,955.0	260
青森県	178,625.0	138
秋田県	122,650.0	102
鹿児島県	86,105.0	76
福島県	69,860.0	43
岩手県	67,570.0	62
長崎県	65,430.0	59
鳥取県	59,100.0	41
千葉県	56,690.0	43
山口県	54,450.0	29
茨城県	54,415.0	38
愛知県	54,226.5	37
兵庫県	43,250.0	20
愛媛県	41,800.0	43
石川県	38,565.0	31
高知県	36,675.0	41
三重県	34,056.5	35
熊本県	28,950.0	22
山形県	25,450.0	24
佐賀県	24,695.0	18
福岡県	17,241.0	14
沖縄県	16,055.0	25
静岡県	14,156.5	21
大分県	11,490.0	13
岐阜県	9,200.0	13
新潟県	7,010.0	14
島根県	5,670.0	9
神奈川県	5,180.0	4
京都府	4,550.0	7
東京都	4,150.0	4
和歌山県	2,330.0	3
富山県	1,800.0	3
福井県	1,800.0	2
滋賀県	1,500.0	1
宮崎県	1,000.0	2
栃木県	840.0	7
群馬県	340.0	2
長野県	300.0	2
徳島県	280.0	1
奈良県	60.0	3
大阪府	40.0	1
岡山県	16.5	1
宮城県	0.0	0
埼玉県	0.0	0
山梨県	0.0	0
広島県	0.0	0
香川県	0.0	0
合計	1,490,527.0	1,314

出典：NEDO ホームページ(http://www.nedo.go.jp/enetai/other/fuuryoku/dounyuu_ichiran.pdf)

2. 風力発電システム

2.1 風車の種類

風車の分類基準は、定格出力の大きさ、回転軸の方向、作動原理の種類、風車の用途、羽根の回転速度等があげられる。ここでは、これら分類基準の内、主だったものを取り上げて示す。

(1) 定格容量(出力)の大きさ

風車は、その定格容量から表 2.1-1 のように分類することができる。これらの分類の内、マイクロ風車^{*1}、小型風車^{*1}の基準はIEC(国際電気標準会議)で承認されているが、他の容量の風車は便宜的に区分したもので、特に大型風車の定格容量の基準は技術の進展とともに時代によって大型化していくものと考えられる。

*1 マイクロ風車・小型風車

マイクロ風車は、自然エネルギーの普及啓発に役立ち、今後も加速度的な導入が見込まれている。マイクロ風車のメーカ、代理店は現在国内に数十社あり、風力発電機だけではなく、太陽電池モジュールとのハイブリッドが主流になっている(図 2.1-1)。これらはまた、モニュメント、普及啓発用等として広く普及していることから、実際の負荷に対しての電力供給を太陽電池に頼ることが多い。

JIS C 1400-2 (IEC 61400-2) の規格は、小型風車の安全性の考え方、品質保証および技術的な健全性を扱い、かつ、規定の外部条件下において、設計、据付、保守および運転を対象に小型風車の安全性に対する安全要求事項を規定している。また、TR C 0045 (小形風車を安全に導入するための手引き) の標準報告書は、小型風車およびマイクロ風車において、専門知識・経験が乏しい方々でも、容易に風車を選定し、安全に導入・運用・管理ができるよう、その手引きを提供することを目的としている。この標準報告書では、導入に関する“小型風車の導入手順”を中心に構成されており、システムの安全な計画・導入において必要不可欠である“風車又はシステムに関する知識”を、これに先だって“小型風車の定義・原理”、“小型風車の特徴”、“小型風車の導入形態”としてまとめている。また、風に関する理解とこれまでの先行事例に学ぶことも重要と考え、“風況”、“導入事例”を記載している。

なお、JISC1400-0 (風力発電用語) では「小形風車」「大形風車」の文字を用いているが、本ガイドブックでは原則として「小型風車」「大型風車」の表記とした。



図 2.1-1 太陽光発電とマイクロ風車のハイブリッド発電機の例

表 2.1-1 定格容量からみた風車の分類基準

分類	マイクロ風車	小型風車	中型風車		大型風車
			I	II	
出力 (kW)	1 未満	1 ~ 50 未満	50 ~ 500 未満	500 ~ 1,000 未満	1,000 以上

注) 風車の分類は便宜的にわけたものである。

【電気事業法】主任技術者・保安規程：1,000kW 以上は選任届出、1,000kW 未満は不選任承認届出
 工事計画・使用前検査：500kW 以上は届出実施、500kW 未満は不要(低圧系、独立系の 20kW 未満の法的手続きは不要)

【JIS/IEC】小型風力発電機はIEC 61400-2 第 2 版(2006)において「ロータ受風面積が 200m²未満、交流 1,000V 未満または直流 1,500V 未満」(水平軸風車ではロータ直径が 16m[約 50kW 相当]未満)と定義され、また 2m²未満(約 1kW 未満)の風車はマイクロ風車と定義されている。

(2) 回転軸の方向・作動原理の種類

風車は、回転軸の方向によって「水平軸風車」と「垂直軸風車」に大別することができるとともに、作動原理によって「揚力形風車^{*2}」と「抗力形風車^{*2}」に大別される(図 2.1-2 参照)。

水平軸風車は、風車の回転軸が風向きに対して平行(一般的には、回転軸が地面に対して水平)となるタイプで、プロペラ式、セイルウィング式、オランダ式、多翼式等がある。これらを作動原理で見ると、プロペラ式は揚力形に、セイルウィング式、オランダ式、多翼式は抗力形に分類されるが、水平軸風車は全て揚力形に分類されることもある。

一方、垂直軸風車は、風車の回転軸が風向きに対して垂直(一般的には、回転軸が地面に対して垂直)となるタイプで、作動原理で見ると、ダリウス式、直線翼式(ジャイロミル)等は揚力形風車に、サボニウス式、パドル式、クロスフロー式、S 型ロータ式等は抗力形風車に分類される。

「水平軸風車」と「垂直軸風車」および「揚力形風車」と「抗力形風車」の特徴を掲げる。

「水平軸風車の特徴」

- ・構造が比較的簡単である。
- ・効率がよく、大型化が容易である。
- ・プロペラ式風車は発電用に適している。
- ・アップウィンド方式の場合は風車の回転面を風に向ける必要がある(ヨー制御)。
- ・重量物(発電機、伝達機構、制御機構等)はナセル内に設置する必要がある。

「垂直軸風車の特徴」

- ・どの方向の風も利用可能で風向の依存性がない。
- ・重量物は地上に設置できる。
- ・羽根(ブレード)の製造がプロペラ式に比べて容易である。
- ・自己起動時に大きなトルクが必要で回転数制御が難しい。
- ・水平軸風車と比較して効率が劣り、設置面積も大きい。

*2 揚力と抗力：流体(空気)中を移動する物体に作用する流体力成分には、揚力と抗力がある。

気流の進行方向に対して飛行機の翼のような形状が、上下の圧力差により受ける垂直方向の力を揚力、気流の進行方向の物体にあたる力を抗力といい、主として揚力(飛行機の翼と同じ原理)で回転力を得る風車を揚力形風車、主として抗力(帆船の帆と同じ原理)で回転力を得る風車を抗力形風車と呼ぶが、ブレードの回転が風に対して直角に回る風車を揚力形風車、風に対して平行に回る風車を抗力形風車と分類することもある。

「揚力形風車の特徴」

- ・風速の数倍以上の周速度(羽根の先端の速度、円周速度のこと)で回転可能なため、発電用に適している
- ・羽根の枚数が少ない風車ほど運用範囲が広く効率がよく、周速度が大きいため発電用に適している。

「抗力形風車の特徴」

- ・小型風車に本タイプの風車が多い。トルクが大きいものの、風速以上の周速度で回転できないために、揚水、粉挽き等の機械的作業の利用に適している。
- ・揚力形に比較して周速度が低いため、効率が低い。

現在、売電事業を目的に設置される中型以上の風車は、その多くがプロペラ式である。プロペラ式風車は水平軸形風車のひとつで、現在の実用機の大部分を占めている。

プロペラ式風車には、ロータの回転面がタワーの風上側に位置するアップウィンド方式と風下側に位置するダウンウィンド方式がある。アップウィンド方式は、ロータがタワーの風上側にあるのでタワーによる風の乱れの影響を受けないという特徴を持ち、ナセル重量が数10トンを超す現在の風車ではアップウィンド方式が主流となっている。一方、ダウンウィンド方式は、プロペラ方向を自動的に風向に合わせるためのヨー駆動装置が不要であるという特徴を持ち、アメリカにおける風車開発段階ではダウンウィンド方式の風車も導入され、小型風車への適用例は少なくないが、大型機でのダウンウィンド方式の風車も近年になって開発されている*3。

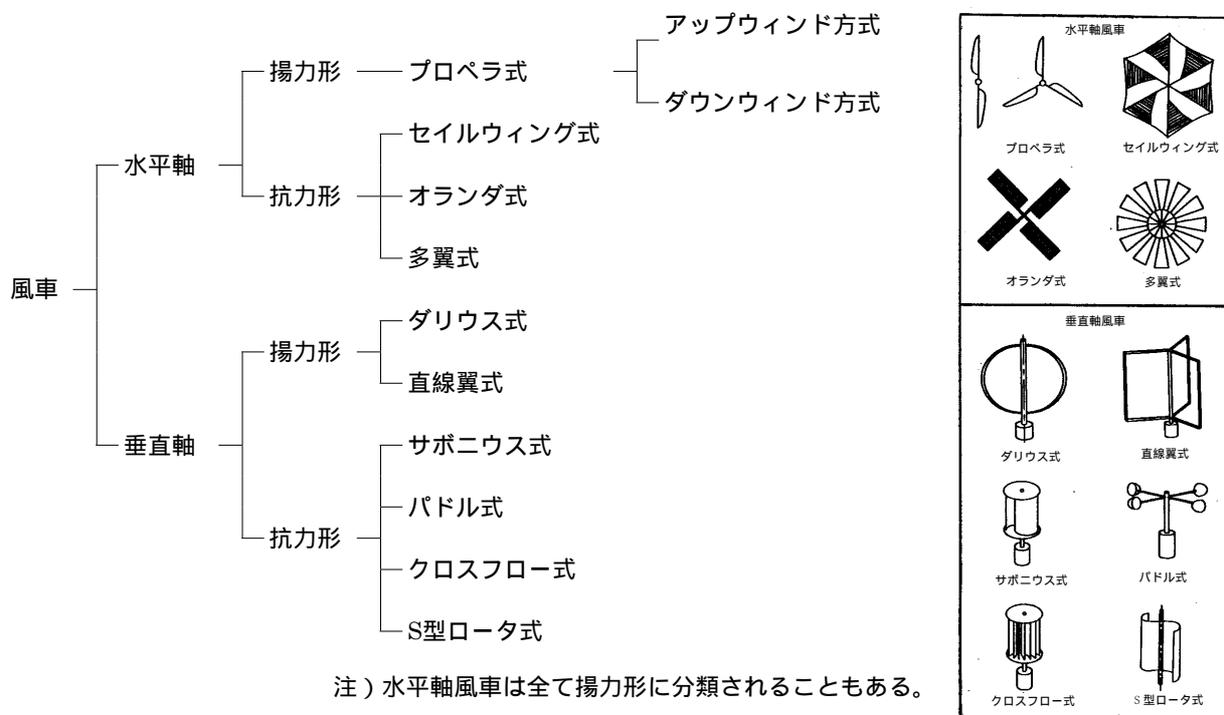


図 2.1-2 風車の種類

*3 富士重工業(株)製の SUBARU80/20(2.0MW)はヨー制御付のダウンウィンド方式の風車である(1.3.2 項参照)。

2.2 風車の効率

風のエネルギーを風車によって機械的動力に変換する空気力学的な効率は出力係数（パワー係数）と呼ばれ、理論的には最大約 60%（Betz の理論）であるため、自然風と理想風車から得られるエネルギー密度は図 2.2-1 に示すような差となって表れる。なお、風力エネルギーについては 3.2 節で詳細に述べる。

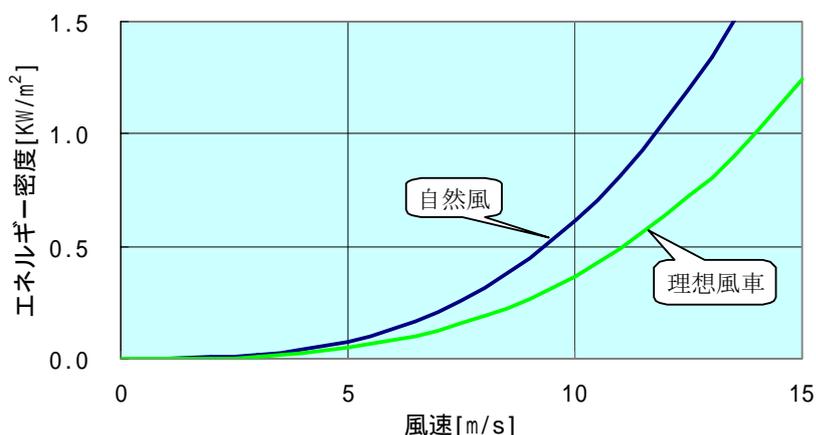


図 2.2-1 理想風車で得られる風力エネルギー密度

実際の風車の出力係数は、空気の抵抗や粘性による損失のため理論値には達せず、図 2.2-2 に示すように風車の種類によって異なるが、プロペラ式の場合で最大 45%程度であり、平均的には 40%程度である。

さらに、この風車のエネルギーを電力に変換するにあたって、機械系伝達損失（4%程度；ギアを介して増速する場合）や発電機の損失（誘導発電機は 6%程度、同期発電機は 3%程度）を考慮すると、図 2.2-3 に示すように自然エネルギーから取り出せる電気エネルギーは増速機を介した誘導発電機の場合で約 30%程度、直結駆動の同期発電機で約 37%程度である（定格風速前後における一般的な値であり、カットイン風速付近や定格風速より高い風速域では一般に総合効率はこれより低下する）。

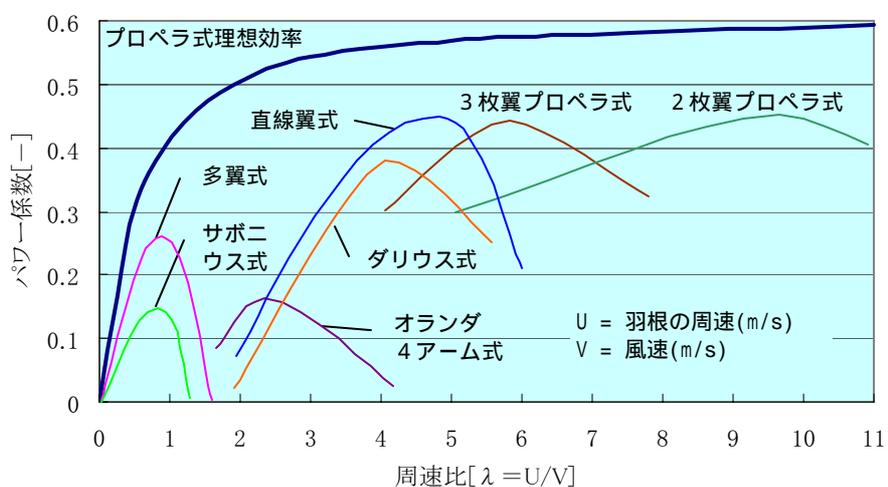


図 2.2-2 各種風車の出力係数

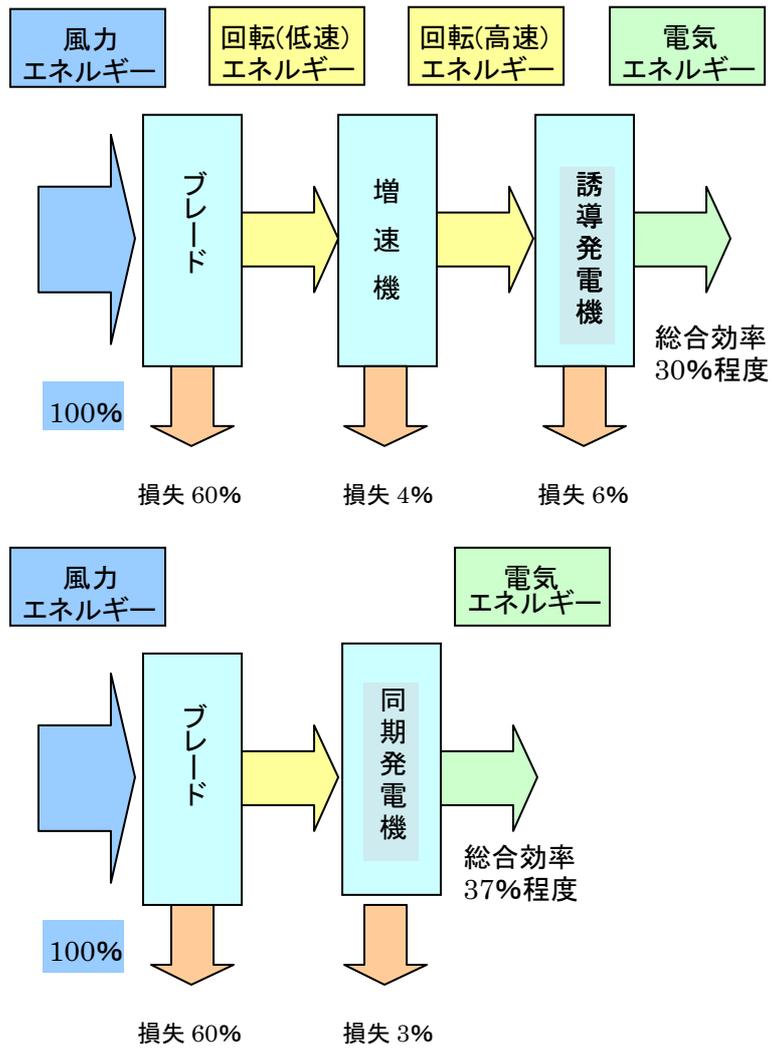


図 2.2-3 風力発電の各種損失（定格出力時）

2.3 風力発電システムの構成

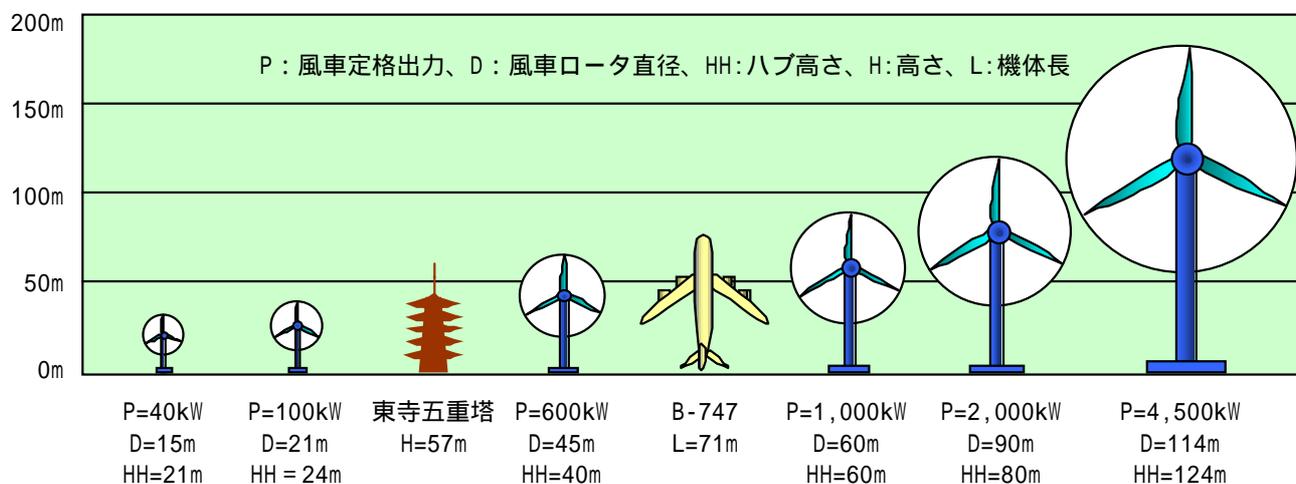
風力発電は、風力エネルギーを電気エネルギーに変換するものであるが、変換過程としては、風の運動エネルギーを風車（風力タービン）により回転という動力エネルギーに変え、次にその回転を歯車等で増速した後、または直接発電機に伝送し電気エネルギーへ変換を行うものである。

一般に、風は、地上から上空に向かうほど強くなるため、風車の高さ（ハブ高）はできるだけ高くした方が有利であり、また風車の取得エネルギーは風車の羽根（ブレード）の回転面の受風面積に比例するため、ブレードを長く（ロータ直径を大きく）したほうが有利となる。現在、多く用いられているプロペラ式風車の大きさは、定格出力が 600 kW の場合、タワーの高さは 40～50 m、羽根の直径は 45～50 m で、1,000kW から 2,000kW の場合、タワーの高さは 60～80 m、羽根の直径は 60～90 m が一般的である（図 2.3-1）。

風は、風向や風速が絶えず変動するため、安定した発電出力が得にくいことや風のエネルギー密度が小さいことから、風力発電システムには、常に羽根の回転面を風の方向に向けるためのヨー制御や出力を制御するピッチ制御の機能等が備わっており、より多くの安定した出力が得られるような工夫がなされている。また、低風速でも効率のよい発電が可能となるよう発電機の極数を変えたり、大小 2 つの発電機を備えて風速により発電機を切替えるなど、幅広い風速領域で効率良く発電が行える風力発電システムもある。

安定した出力や発電効率を上げるためには、風力発電に適した風況が得られる場所に風車を設置することが重要であるが、風車の大型化や複数設置によって発電出力の増大と平滑化が期待でき、さらに発電単価が低減されるため、ウィンドファームの大規模化に併せて風車の大型化が進む傾向がある。

また、システムの容量が小さいところでの風力発電は出力変動の大きな間欠電源であるため電圧や周波数等の電力の品質に影響を及ぼすことから、蓄電池やフライホイール（エネルギーを回転エネルギーに変換して貯蔵する装置）等による発電出力の安定化システムの技術開発研究が行われている。



出典：新エネルギー大辞典を編集

図 2.3-1 世界の代表的な商業風車の出力と大きさの比較

以下では、中大型機で一般的なプロペラ式風力発電システムについて解説する。

風力発電システムは、表 2.3-1 および図 2.3-2 に示すように風力エネルギーを機械的動力に変換するロータ系、ロータから発電機へ動力を伝える伝達系、発電機等の電気系、システムの運転・制御を司る運転・制御系および支持・構造系から構成される。

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るセル上に設置される 運転監視装置 …… 風車の運転/停止・監視・記録を行う
支持・構造系	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。

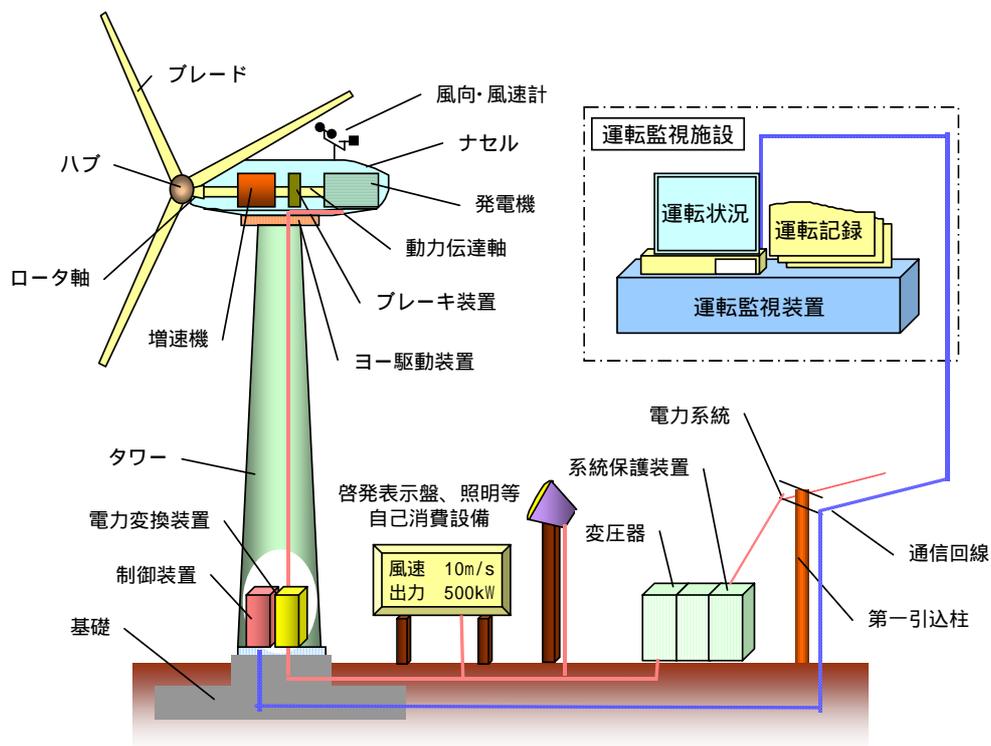


図 2.3-2 プロペラ式風力発電システムの機器構成例

ブレード

ブレードの枚数としては、1枚～複数枚があり、3枚ブレードは、一般に振動が起きにくく安定性が良いため、現在の主流になっている。枚数を少なくして同じ出力を得るにはブレードを長く、回転速度を高速にする必要があり、輸送・材質の強度の制約や騒音が大きくなるという問題があるが、コストダウンとなる可能性がある。

ブレードの材質としては、軽量で耐久性が良いことが要求され、現在では主としてガラス繊維強化プラスチック（GFRP）が用いられているが、近年の風車の大型化に伴い炭素繊維強化プラスチック（CFRP）のブレードも一部で採用されている。

増速機

ロータの回転数はその直径にもよるが毎分数十回転であり、同期発電機の場合は直結駆動が多いが、風力発電システムで多く用いられている誘導発電機の回転数は一般に毎分 1,500 回転（50Hz 用）または 1,800 回転（60Hz 用）であるため、歯車（ギア）を用いて増速を行う。歯車の方式としては、大きさの異なる 2 つの歯車が平行に噛み合い動力を伝える平行式（ヘリカル式）、外周歯車と中央の小さな太陽歯車の間にある遊星歯車が動力を伝える遊星式（プラネタリー式）、平行式と遊星式を併用した併用式等がある。

風車騒音のうち、機械騒音源の主たるものが増速歯車であるので、同期発電機を採用して発電機を多極化し歯車をなくしたギアレス風車があり、可変速で運転される。可変速運転とは、ロータの回転速度を風の強さに応じて変化させる運転方法であり、ブレードや主軸への荷重が軽減され機械・材料設計が容易になり、そのため軽量化が図れる。

発電機

交流発電機のタイプとして誘導発電機と同期発電機の 2 種類がある。誘導発電機は、出力変動による電圧変動の問題があるが、構造が簡単で低コストであり、広く用いられている。同期発電機は、電圧制御が可能なため系統への影響が少なく、また独立運転も可能であるという利点を持つが、誘導発電機に比べコスト増になる傾向がある。

交流発電機の極数は一般に 4 極が用いられるが、6 極と 4 極の極数変換方式を採用し、ロータ回転数を低速 / 高速運転の 2 段切替えとすることにより、カットイン（起動）風速を下げた低速風域における発電量を増やす例がある。この場合、定格出力は大小 2 つの数字（例：1000/250kW）で表される。

系統連系

交流発電機の出力を系統に連系する場合、基本的には変圧器（トランス）のみを介して直接系統に接続する AC リンク方式と、発電機の交流出力を一旦直流に変換するコンバータとさらに系統と同じ周波数の交流に変換するインバータ等から構成される電力変換装置を用いる DC リンク方式がある（図 2.3-3）。

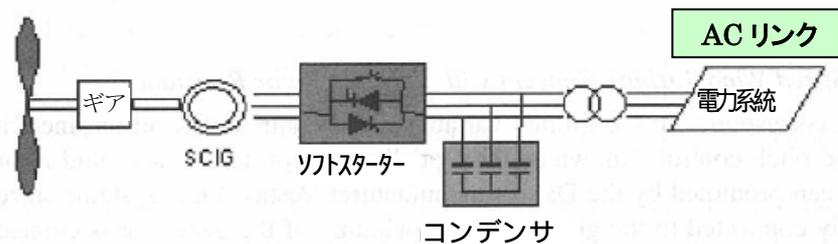
Type A のかご型誘導発電機および Type B の巻線型誘導発電機では、併入時は発電機の中に自己で励磁する機能が無いため電圧は低く、系統連系時に突入電流が発生する。このように AC リンク方式では出力変動に対して系統へ直接影響するため、系統連系時の突入電流を回避する

ソフトスタート方式の採用や電圧調整器を必要とする場合がある。また、発電機の回転数が系統周波数の関係から一定となるため、ロータの回転数も一定の運転となる。

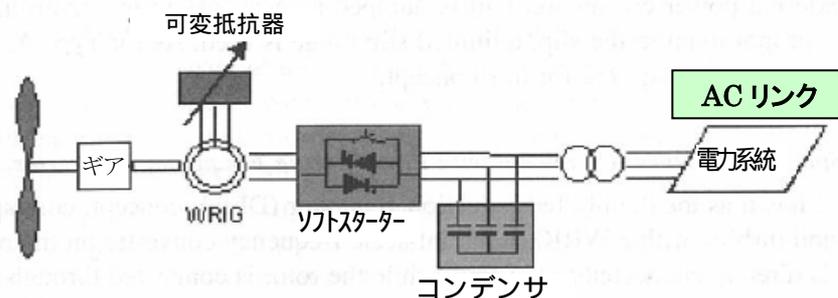
Type C の様に誘導発電機でも巻線形を用い、三相交流の励磁を外部より印加して制御することにより、可変速運転を行う方式もあり、近年の大型機はこの形式を採用する例が増えている。

Type D の DC リンク方式は、発電機の交流出力を一旦直流に変換し、さらに系統と同じ周波数の交流に変換するもので、コスト増にはなるが、風力発電システム固有の問題点である出力変動にかかわらず、品質の高い電力として系統に連系する方法であり、可変速運転システムで主に用いられる。

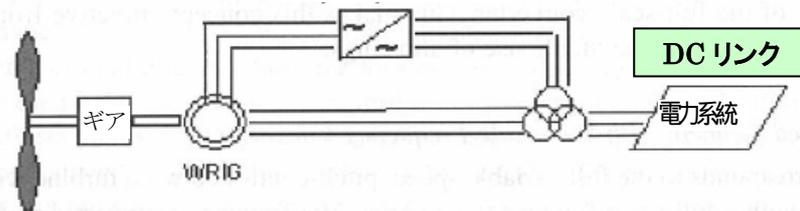
Type A: かご型誘導発電機(SCIG)の定速風車



TypeB 巻線型誘導発電機(WRIG)の可変速風車(巻線型抵抗制御方式)



TypeC 二次巻線型誘導発電機(WRIG)の可変速風車
(二次巻線型周波数制御方式・Double-fed 誘導発電機)
部分周波数変換装置



TypeD 同期発電機(SG)の可変速風車
(永久磁石型同期発電機(PMSG)/巻線型同期(WRSG))

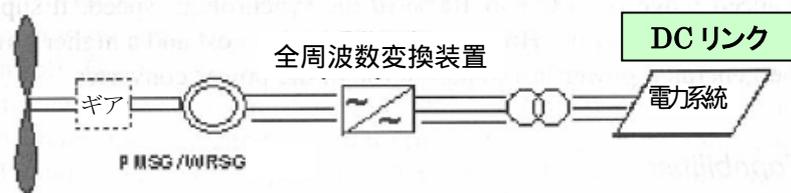


図 2.3-3 系統連系方式

運転制御

発電機の定格出力は限られているため、定格風速以上では風車出力の制御を行う必要があり、出力制御方式としてピッチ制御、ストール(失速)制御、従来のストールブレード形状とブレードの可変角度機構を組み合わせたアクティブストール制御が用いられる。

ピッチ制御は、風速・発電機出力を検知して、ブレードの取り付け角(ピッチ角)を変化させることにより出力を高効率に制御するもので、通常油圧で行うが、小型機ではメカニカルガバナー等機械的に行うものもある。ピッチ制御システムは、出力制御を行うだけでなく、台風等による強風時にはピッチ角を風向に平行(フェザー状態)にしロータを停止させ風圧を小さくする機能や、回転数制御による過回転防止等の安全・制動装置としても用いられる。

ストール制御は、ピッチ角を固定とし、風速が一定以上になるとブレードの形状の空気特性により失速現象が起こり、出力が低下することを利用して制御するもので、ピッチ制御に対して構造が簡単で低コストである。ブレードの先端には安全のためエアブレーキ用チップ(過回転時などに先端がブレード本体に対して約90°の角度となり、空力的にブレーキをかける機構)を備えていることが多い。

アクティブストール制御は従来のストールブレード形状とブレードの取り付け角度を変化させ、ピッチ制御と比較して運転中のブレード作動を最小限に抑えることができる方式で、ブレード先端のエアブレーキ用チップはなく、ピッチ制御とストール制御を組み合わせた制御方式といえる。

ヨー制御システムは、ロータの方向を風向に追従させるもので、アップウィンド方式の風車では強制(アクティブ)ヨーシステムを採用している。強制ヨーシステムは、風向センサーによりロータに相対的な風向を検知して、油圧あるいは電動モータによるヨー駆動装置を用いて、制御を行う。

ブレーキ装置としては、ピッチ制御の場合のフェザーリング装置以外に、油圧によるディスクブレーキ等がある。ストール制御の場合、ロータの過回転時にブレードの先端に装着されたエアブレーキ用チップが遠心力により作動する空力ブレーキを備えているものが多く、機種によってはヨー制御によりロータの向きを風向に対して平行にすることも行われる。

運転監視装置は風車の起動や停止、運転状態の監視や記録を行う装置で事業者の運転管理室等と電話回線を通じて遠隔操作を行うこともある。さらにメーカーやメンテナンス会社に接続して緊急時の迅速な対応サービスを行っている場合もある。

タワー

国内のタワーの形状は円柱状のモノポール式である。なお、タワーの材質は鋼製が一般的であるが、最近国内でも一部でコンクリート製のタワーが採用されている。

代表的な風力発電システムの形式について表 2.3-2 に示す。

表 2.3-2 代表的な風力発電システムの比較

風力発電システム			発電機	増速機	長 所	短 所	該当風車の例 (1MW)	
Type	速度制御	翼制御						
A	定速	ストール アクティブストール ピッチ	かご型 誘導	有	<ul style="list-style-type: none"> ・安価 ・スリップリングが不要等、構造が単純/頑強で信頼性が高い ・1990年代までの実績が多い ・回転数の変化は1%程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・突入電流の発生(無効電力保証装置 SVC の設置が必要な場合もある) ・定速回転のため安定した発電出力の確保は困難 ・ギア騒音/ブレード風切音大 	<ul style="list-style-type: none"> ・Bonus(現 Siemens) 82(2.3MW):アクティブストール ・三菱重工業 MWT-1000A(1MW):ピッチ ・Suzlon S66(1.25MW):ピッチ 	
B	可変速	オプチ-スリップ	巻線誘導 1	有	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的には風力エネルギーの変換効率が高い ・機械的荷重の低減 ・高い電力品質が得られる(突入電流は微小または発生しない) ・ブレードの風切音が小さい(ギアレス風車は機械音がない) 	<ul style="list-style-type: none"> ・高価 ・インバータ容量が大きい ・発電機のサイズ/質量ともに大きく、設置場所/建設面で不利 	<ul style="list-style-type: none"> ・Gamesa G80(1.8MW) ・Suzlon S88(2MW) 	
C	可変速	ピッチ オプチ-スピード	巻線誘導 2	有			<ul style="list-style-type: none"> ・電力系統に対応する最大発電出力の制限が可能 ・有効電力/無効電力の制御が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・Vestas V80(2MW) ・Vestas V90(3MW) ・Gamesa G90(2MW) ・GE Wind GE111(3.6MW) ・Repower MM70/82/92(2MW) ・三菱重工業 MWT92/2.4(2.4MW) ・富士重工業 Subaru 80/2.0(2MW)
D	可変速	ピッチ	同期 (巻線型/永久磁石型)	無か有			<p>注: B~D の長所および短所は、一般には B C D の順にそれぞれの程度が大きくなる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・Enercon E70(2MW) ・GE Wind GE94(3MW) ・Bonus(現 Siemens) 107(3.6MW) ・三菱重工業 MWT-S2000(2MW) ・日本製鋼所 J70-2.0/J82-2.0(2MW)

注) Type A,B,C,D は、図 2.3-3 を参照

定速/ストールの風車: NEG-Micon NW64C(1.5MW), IHI-Nordex N60(1.3MW)などがある。

巻線誘導 1: 巻線型抵抗制御方式

巻線誘導 2: 二次巻線型周波数制御方式 (Double-fed 誘導発電機)

2.4 風況と出力の関係

(1) 風力発電システムの運転特性

風力発電システムは、一定風速以上になると発電を開始し、出力が発電機の定格出力に達する風速以上ではピッチ制御あるいはストール制御による出力制御を行い、さらに風速が大きくなると危険防止のためロータの回転を止め発電を停止する。図 2.4-1 はこの運転特性の例を示したものであり、各々の風速をカットイン風速、定格風速、カットアウト風速と呼ぶ。これらの風速値は機種によって異なるが、一般に以下のような値が採用されている。

カットイン風速	: 3~4 m/s
定格風速	: 12~16 m/s (定格出力に依存)
カットアウト風速	: 24~25 m/s

なお、強風時のカットアウト状態から風速が低下し、運転を再開するための基準となる「復帰風速」は、20m/s 程度またはそれ以下に設定されていることが多い。

風速に対する出力特性は、性能曲線あるいは出力曲線（パワーカーブ）と呼ばれ、風力発電システムの性能を表すものである。

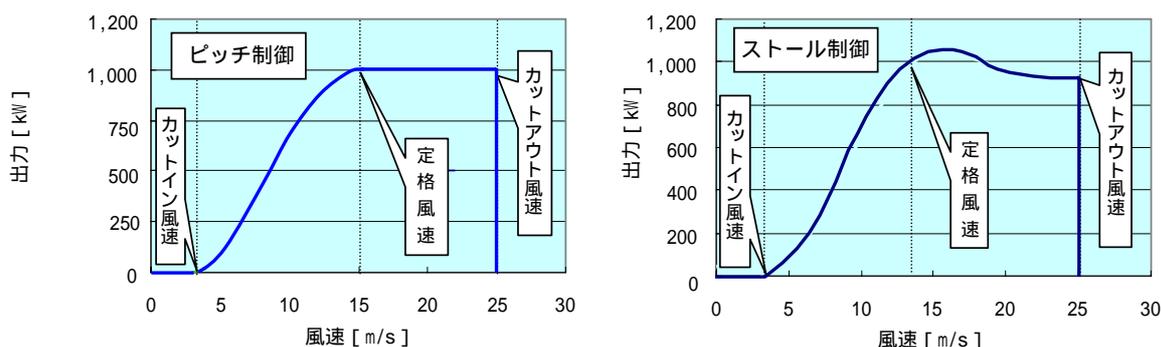


図 2.4-1 風力発電システムの運転特性（定格出力 1,000kW 機の例）

(2) エネルギー取得量

風力発電システムによるエネルギー取得量（年間発電量）の算定は、風力発電システムの出力曲線と設置地点の風車タワー高さにおける風速出現率分布を用いて、以下の式により求められる。

$$\text{年間発電量 (kWh)} = \sum (V_i \times f_i \times 8760 \text{ (h)})$$

V_i : 風速階級*i*の発電出力 (kW)

f_i : 風速階級*i*の出現率

風速出現率分布の観測データがない場合、平均風速より推定されるワイブル分布を用いることにより発電電力量を推定することが可能であり、導入を検討する際の概略評価として用いられる。一般には、簡単なため形状係数 $k=2$ のワイブル分布であるレーレ分布（3.2.2 項(5)参照）が用いられる。しかし、実際には、風力発電量を低減させる様々な要因があるため、発電量の推計は各要因を考慮して行う必要があり、主なものとして利用可能率（Availability）と出力補正係数(Power Factor)がある。

利用可能率は以下の式で表され、年間暦時間(8,760 時間)に対する年間暦時間から故障修理・定期点検で風車が停止した時間を差し引いた時間（風速に関係なく風車が稼動可能な時間）の割合を示す。定期点検期間は風車によって異なるが、年間およそ3～4日間で、故障修理期間は故障内容、メンテナンス会社の所在地と風車建設地の地理的要因、強風時の待機時間等によって大幅に異なる。大型のウィンドファーム等で運転員が常駐して予備品や交換部品が整っているところでは95～98%程度が見込まれる。

$$\text{利用可能率 (\%)} = \frac{\text{年間暦時間} - (\text{故障時間} + \text{点検時間})}{\text{年間暦時間}} \times 100$$

出力曲線は、検証する地点の地形がほぼ平坦で風況を乱すような地形でないところが選ばれる。わが国は山岳地帯であるために風向変動、突風(ガス)や水平成分の変化もある。したがって、ヨー制御中に風向が変化した場合や同じ平均風速でも観測期間(10 分間)でほぼ同じ風速の場合とある分布を持っている場合とでは出力が異なり、出力曲線より性能は低くなる。

これらを考慮するために出力曲線の低下分を見込んだ係数を出力補正係数と定義し、参考として平坦な地形で95%、複雑地形では90%程度を見込むと良い。

したがって、正味年間発電量は前述の年間発電量に利用可能率と出力補正係数を乗じて推定するのが望ましい。さらに事業性を検討するに当たってはこの他に4.2.3項(6)に示す各種ロスを見込む必要がある。

$$\text{正味年間発電量 (kWh)} = \text{年間発電量} \times \text{利用可能率} \times \text{出力補正係数}$$

図 2.4-2 に、レーレ分布を仮定した場合の年平均風速に対する年間発電量の例を示す。ここでは利用可能率を95%、出力補正係数を90%と仮定して求めた。風車のパワーカーブによっても異なるが、ある代表的なパワーカーブで試算すると、年平均風速6m/sであれば、1,000kWの風車で年間約2,000MWhの発電量が得られると推測される。これを1世帯当たりの年間電力使用量の3,600kWh/年(全国平均；電気事業連合会調べ)で割ると、約540世帯の電力を賄うことができることになる。

なお、レーレ分布を仮定して求めた年間発電量は過大評価となる場合が多いので、実測データまたはそれに基づいて算出したワイブル分布から推定することが望ましい。

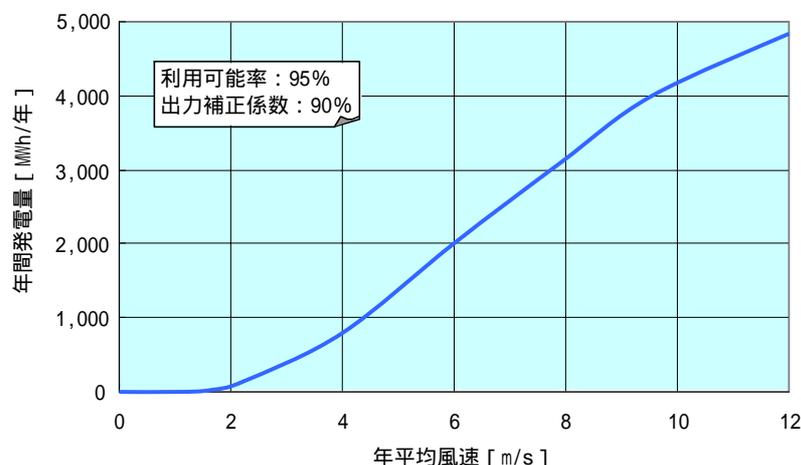


図 2.4-2 年平均風速に対する正味年間発電量の例

風力発電導入に当たってのシステムの評価項目として、エネルギー取得量以外に、設備利用率と稼働率がある。

設備利用率は、システムの定格出力に対する利用率を表すものであり、以下の式により求められる。

$$\text{年間設備利用率 (\%)} = \frac{\text{正味年間発電量}}{\text{定格出力} \times 8760 \text{ 時間}} \times 100$$

図 2.4-3 に、図 2.4-2 のデータを用いた年間設備利用率の例を示す。この場合、年平均風速 6m/s で、年間設備利用率 20% が得られ、風力発電システムの定格出力による差は少ない。

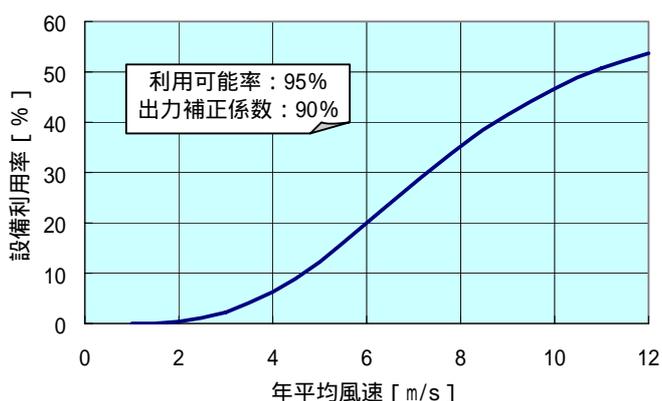


図 2.4-3 年平均風速に対する設備利用率の例

稼働率(時間稼働率)は、システムの発電可能な稼働時間率を表すもので、風車が運転している時間の合計を年間時間で割った値で、カットイン風速からカットアウト風速までの風速出現率の累積より求められる。風況曲線(累積出現率)が得られている場合は、以下の式により算出される。

$$\text{稼働率} = \text{カットイン風速以上の累積出現率} - \text{カットアウト風速以上の累積出現率}$$

風況曲線としてレーレ分布を仮定し、カットイン風速 3m/s、カットアウト風速 25m/s としたときの年平均風速と稼働率および累積出現率との関係を図 2.4-4 に示す。年平均風速毎の累積出現率からカットイン風速 3m/s の累積出現率は稼働率にほぼ等しいことが分かる。これは、年平均風速が数 m/s 程度の場合、相対的にカットアウト風速以上の出現率が少ないことによるもので、このことは、一般に風況曲線とカットイン風速から稼働率が求まることを表している。

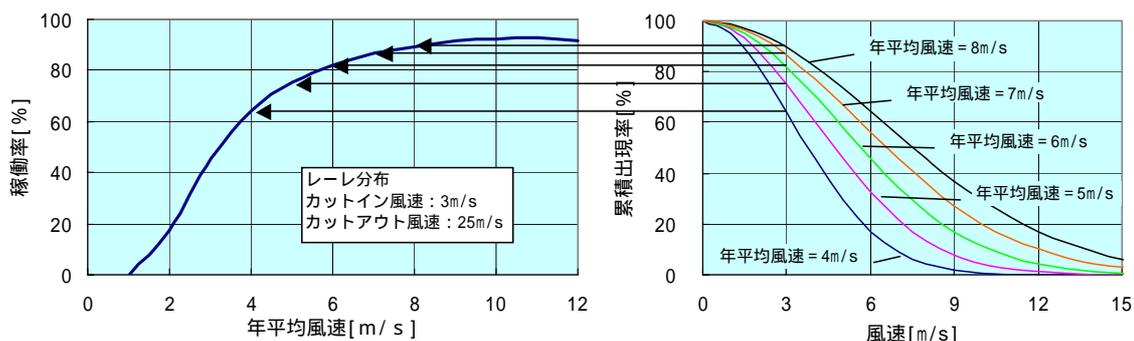


図 2.4-4 年間平均風速(レーレ分布)と稼働率の関係

3 . 風車の風環境

3.1 風力発電導入時に考慮すべき設置環境

風力発電施設を設置する目的は、風の力を利用して電気を起こすことであり、最大の効果を得るためには、設置する場所の風の性質（風況）をはじめとする設置環境を十分に考慮し、導入を検討する必要がある。

風車の設置場所は、山岳地帯、平野部、海岸、場合によっては公園内や市街地の近傍など様々であり、事業化を考えた場合、風況条件が最重要なことは言うまでもないが、雷や着雪氷・塩害等の自然条件、風車資機材や建設重機等の搬入路、電力系統等の建設条件や各種社会条件も十分に考慮する必要がある。また、設置場所の土地利用状況（区画指定；山林、農地、市街地、公園等）による規制・許認可への対応、騒音・振動・電波障害・景観・生態系への影響などの環境影響、さらには地域住民等のコンセンサスも必要になる。

技術的には、風況に加えて風車を設置する場所の気象条件、例えば台風・乱流・落雷に対する配慮等の検討は重要で、特に我が国においては、風車の故障・事故の大きな要因となっている。

また、近年は、景観問題や生態系（特に希少猛禽類のバードストライク等）で事業化に支障が出るケースも散見され、住民の理解ならびに関係機関・団体との調整が重要となる。さらに、今後導入が期待される洋上では、漁業権や生態系に及ぼす影響等に関しても、十分な調査と関係機関との調整が必要になるものと考えられる。

これらの風力発電導入に考慮すべき設置環境の検討項目を表 3.1-1 に示す。なお、本章では、設置環境において最も重要となる「風況」について次節で詳細に解説し、風況調査の具体的方法およびその他の設置環境に関する調査項目・方法等については4章で述べることとする。

表 3.1-1 風力発電導入時に考慮すべき設置環境の検討項目

分類	検 討 項 目	留 意 事 項
自然環境	風況 (風向/風速)	風力発電の事業化のためには年平均風速が 5~6m/s 以上(地上高 30m)のサイトが望ましい。ただし、台風の襲来頻度の高い地域は留意が必要である。
	風の乱れ	複雑地形に起因する乱流が卓越する地点は留意する必要がある。風車を複数基建設する場合、配置に起因するウエイク(風車間の相互干渉)にも留意が必要である。
	雷 (特に、冬季雷)	主に日本海側で発生する冬季雷は、放電エネルギーが非常に大きく放電継続時間が長いため、多発地域には留意が必要である。
	着雪・着水	山岳地域などの高所や緯度の高い地域では、着雪・着水に留意が必要である。
	塩害	沿岸域、洋上などでは塩害に留意する必要がある。
	砂塵(飛砂)	海浜地域などでは砂塵(飛砂)に留意する必要がある。
	地盤・地形勾配	地盤や地形勾配に留意する必要がある。
社会条件	区画指定	自然公園、自然環境保全地域などの区画指定に留意する必要がある。
	土地利用	土地利用状況(地目)に留意する必要がある。
	送・配電線、変電所	送・配電線、変電所の位置に留意する必要がある。
	道路	道路状況(有無、幅員、カーブの曲率など)に留意する必要がある。
	騒音	民家などまでの距離に留意する必要がある。
	電波障害	重要無線通信施設などまでの距離、方向に留意する必要がある。
	生態系	動植物への影響に留意する必要がある。
景観	景観への影響に留意する必要がある。	

出典：牛山泉「風力エネルギー読本」(2005)

3.2 風況について

3.2.1 風力エネルギー

風は空気の流れであり、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 $1/2 m V^2$ 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は通過する風速 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。

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

すなわち、風力エネルギーは、受風面積に比例しており、風速の 3 乗に比例する。風速が 2 倍になれば、風力エネルギーは 8 倍になる。したがって、風力エネルギーを活用する上では、少しでも風の強いところを選ぶことが重要となる。

単位面積当たりの風力エネルギーを風力エネルギー密度 P_0 (W/m^2) と呼び、次式で表される。

$$P_0 = \frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3$$

図 3.2.1-1 に風速に対する風力エネルギー密度のグラフを示す(単位は 1/1,000 にして kW/m^2)。なお、空気密度 ρ の値は気温や気圧により変化するが、ここでは 1.225 kg/m^3 (気圧：1 気圧 = 1hPa、気温：15) を用いた。

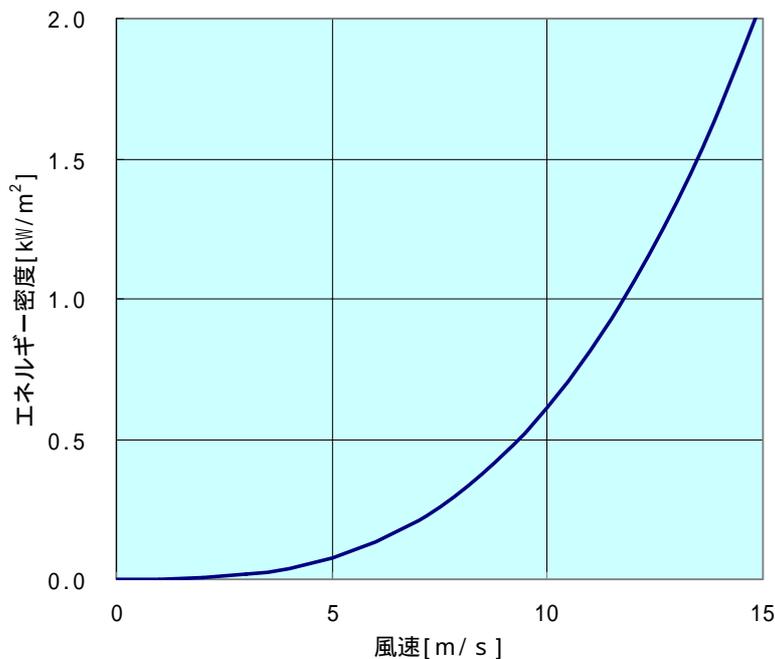


図 3.2.1-1 風力エネルギー密度

通常、地上の風速は地上 10 m の高さの風速をいう。目視でおおよその風速を知る目安として、表 3.2.1-1 の気象庁風力階級がよく用いられる。

表 3.2.1-1 気象庁風力階級表（ビューフォート風力階級表）

風力階級	開けた平らな地面から10mの高さにおける相当風速	状態	
		陸上	海上
0	0.0 m/s ~ 0.2m/s	静穏、煙はまっすぐに昇る。	鏡のような海面。
1	0.3 m/s ~ 1.5 m/s	風向は、煙がなびくのでわかるが風見には感じない。	うるこのようなさざなみができるが、波頭に泡はない。
2	1.6 m/s ~ 3.3 m/s	顔に風を感じる。木の葉が動く。風見も動き出す。	小波の小さいもので、まだ短いがはっきりしてくる。波頭はなめらかに見え、砕けていない。
3	3.4 m/s ~ 5.4m/s	木の葉や細い小枝がたえず動く。軽い旗が開く。	小波の大きいもの、波頭が砕けはじめる。泡はガラスのように見える。ところどころ白波が現れることがある。
4	5.5 m/s ~ 7.9m/s	砂ほこりが立ち、紙片が舞い上がる。小枝が動く。	波の小さいもので、長くなる。白波がかなり多くなる。
5	8.0 m/s ~ 10.7 m/s	葉のあるかん木が揺れはじめる。池や沼の水面に波頭が立つ。	波の中ぐらいのもので、いっそうはっきりして長くなる。白波がたくさん現れる（しぶきを生ずることもある）。
6	10.8 m/s ~ 13.8 m/s	大枝が動く。電線が鳴る。傘は、さしにくい。	波の大きいものができはじめる。いたるところで白く泡立った波頭の範囲がいっそう広くなる（しぶきを生ずることが多い）。
7	13.9 m/s ~ 17.1m/s	樹木全体が揺れる。風に向かっては歩きにくい。	波はますます大きくなり、波頭が砕けてできた白い泡は、すじをひいて風下に吹き流されはじめる。
8	17.2 m/s ~ 20.7 m/s	小枝が折れる。風に向かっては歩けない。	大波のやや小さいもので長さが長くなる。波頭の端は砕けて水煙となりはじめる。泡は明瞭なすじをひいて風下に吹き流される。
9	20.8 m/s ~ 24.4m/s	人家にわずかの損害がおこる（煙突が倒れ、かわらがはがれる）。	大波。泡は濃いすじをひいて風下に吹き流される。波頭はのめり、崩れ落ち、逆巻きはじめる。しぶきのため視程が損なわれることもある。
10	24.5 m/s ~ 28.4 m/s	陸地の内部では珍しい。樹木が根こそぎになる。人家に大損害が起こる。	波頭が長くのしかかるような非常に高い大波。大きな固まりとなった泡は濃い白色のすじをひいて風下に吹き流される。海面は全体として白く見える。波の崩れ方は、激しく衝動的になる。視程は損なわれる。
11	28.5 m/s ~ 32.6 m/s	めったに起こらない。広い範囲の破壊を伴う。	山のように高い大波（中小船舶は、一時波の陰に見えなくなることもある）。海面は、風下に吹き流された長い白い泡の固まりで完全に覆われる。至る所で波頭の端が吹き飛ばされて水煙となる。視程は損なわれる。
12	32.6 m/s 以上	—	大気は、泡としぶきが充満する。海面は、吹き飛ばしぶきのために完全に白くなる。視程は著しく損なわれる。

3.2.2 風況の特徴

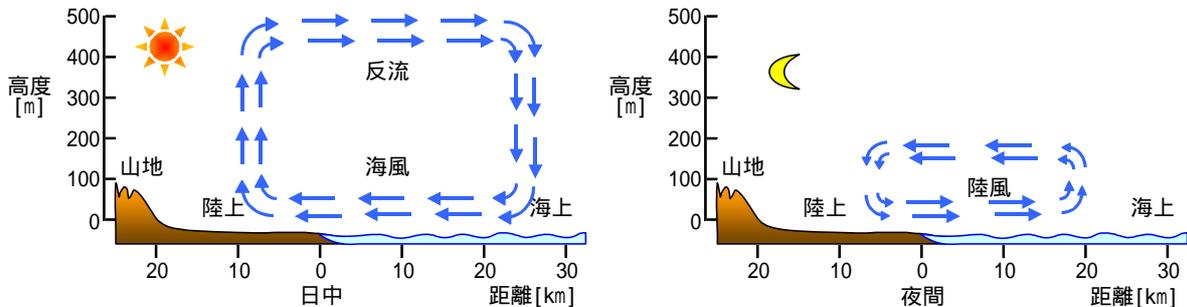
(1) 風の種類

風は大気の循環によって発生する。大気の循環には、偏西風や貿易風と呼ばれる地球的な大規模なもの、高・低気圧による中規模なもの、局地的な小規模なものがあり、我が国では以下のようなものがある。

1) 海陸風

海陸風は図 3.2.2-1 に示すように、海岸地域において海と陸との温度差により生じた気圧差が原因で吹く風である。日中は日射により暖められた陸の方が海より温度が高く低圧となり、海から陸に向けて海風が吹く。夜間は陸の方が冷え高圧となり、陸から海に向けて陸風が吹く。風向が逆転する朝夕には、風速が弱まり凪となる。

海陸風は、地形や天候に大きな影響を受けるが、一般に海風は 5～6 m/s 程度、陸風は 2～3 m/s 程度で、温度差の大きい海風の方が強く、内陸へ 20～40 km にも及ぶこともある。



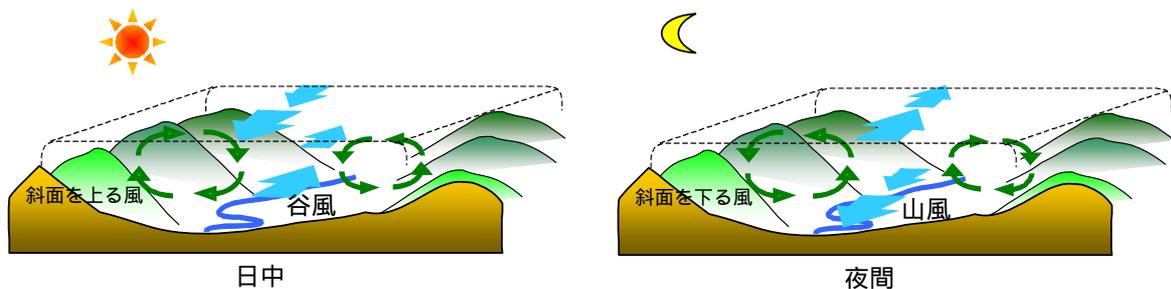
出典：小倉義光、「一般気象学」、1999年

図 3.2.2-1 海風・陸風の吹く原因

2) 山谷風

山谷風も海陸風と同じ温度差で起こる風で、日中と夜間の風向が逆になる。日中は山の斜面や頂上が谷上の同じ高さの空気より暖められ低圧となり、谷から山へ谷風が吹く。夜間は山の方が冷え高圧となり、山から谷へ山風が吹く。

山谷風は、広い意味と狭い意味の二通りに使われている。広い意味では図 3.2.2-2 の細い矢印で示したように、山の斜面に沿って吹く風であり、狭い意味では図中の太い矢印で示したように日中は谷筋に沿って山に上昇し、夜間は谷筋に沿って降りる風のことである。



出典：竹内清秀、「風の気象学」、1999年

図 3.2.2-2 谷風・山風の模式図

3) 季節風

季節風は海陸風を、四季を通じて海洋と大陸の規模に当てはめた風で、季節により大陸と海洋の日射による暖まり方の違いから発生し、夏と冬で相対的な温度差が逆になり風向きが変化する。夏は大陸の方が暖まりやすく低圧となり海洋から大陸へと風が吹き、冬は反対に海洋が低圧となり大陸から海洋へ風が吹く。日本では夏における太平洋からの南東風、冬における大陸からの北西風が季節風にあたる。

4) 低気圧や高気圧による風

低気圧や高気圧による風は、低・高気圧の大きさや位置関係により風速や風向が変化する。一般に気圧差の大きい所ほど風が強く、北半球では低気圧の風は反時計回りに中心へ吹き込み、高気圧の風は時計回りに中心から吹き出す。低気圧の通過前は南よりの風、通過後は北よりの風が吹き、前線が通過する際に強風が吹く。日本では春と秋に3~4日周期で、低気圧と移動性高気圧が交互に現れる。

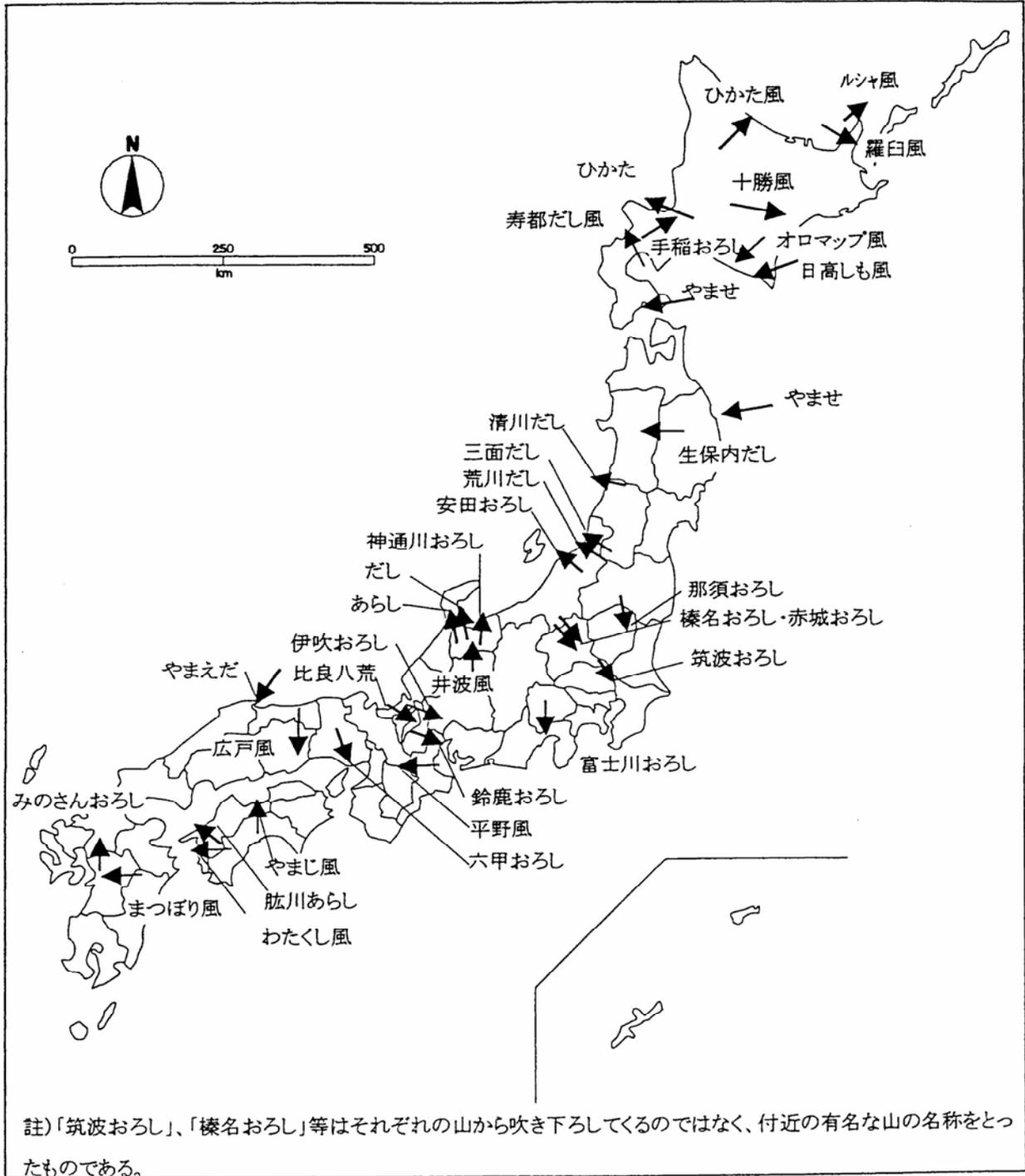
5) 台風

台風は熱帯低気圧のうちで最大風速が17.2 m/s以上のものをいい、前線を伴わない。台風は直径100~1,500kmで中心付近の直径数10kmは台風の本目といわれ、風の弱い晴天域となっているが、中心から50~150kmあたりで最も強くなる。台風の風は反時計回りに中心へ吹き込み、風速は台風自身の渦巻く風速と進行速度が合成されるため、進行方向の右側は台風自身の風速より強く、左側は弱くなる。

6) 地域的な局地風

特殊な地形のところで、ある特定の気圧配置になったときに、その土地特有の風を形成することがある。この局地風は、その発生要因が地形によるため比較的風況が安定している。

複雑な地形の日本では各地に見られ、細長い峡谷の開口部で平野や海に向かって吹き出す風は「おろし」、山から吹き出す風は「だし」と呼ばれている。日本各地の主な局地風の発生地域・特徴を図3.2.2-3、表3.2.2-1に示す。



出典：吉野 正敏、「気候学」(1978)、真木 太一、「風害と暴風施設」(1987) 等

図 3.2.2-3 日本における局地風の分布

表 3.2.2-1 日本の主な局地風の発生地域・特徴

局地風	発生地域	風向	風速(m/s)	季節	気圧配置等
ひかた風	雄武(雄武～興部間)	SW-WSW	10～20	春	北海道東方を低気圧
ひかた	小樽付近	E-SE	10～15	春	日本海低気圧
手稲おろし	手稲山～春香山の北東部	SW、S	-	秋～春	高気圧後面、日本海低気圧
寿都だし風	寿都付近	S-SE	25～30	春	日本海低気圧
羅臼風	知床半島の南東岸	NW	ときに25以上	春	発達した低気圧
ルシャ風	知床半島の北西部	SW	20～30	春	日本海低気圧
十勝風	十勝平野	W	15～20	春	北海道東方を低気圧
オロマップ風	日高南部	E		春、秋	日本海低気圧
日高しも風	日高山脈の西麓	E寄り	ときに25以上	春、秋	東北地方に発達した低気圧
やませ	三陸地方、道南地方	E-NE	10	梅雨季	
生保内だし	秋田県仙北郡田沢湖町生保内付近	E寄り	平均 8	梅雨季	オホーツク海または三陸沖に高気圧、日本海に低気圧の梅雨型の気圧配置
清川だし	山形県東田川郡立川町清川	E寄り	ときに15～20	梅雨季	
三面だし、荒川だし	新潟県岩船郡三面、荒川流域	E寄り	15以上	梅雨季	
安田おろし(だし)	新潟県北蒲原郡安田町	E寄り	15以上	梅雨季	
那須、赤城、筑波、榛名、富士川おろし	関東地方、静岡県富士川流域	N-NW	10～15	冬	西高東低型
神通川おろし	富山県神通川流域	SW	10～15	春～秋	日本海低気圧
井波風	富山県東砺波郡井波町	S	10～20	春、秋	日本海低気圧型、フェーン型
だし	富山県砺波平野	S-SE	10～25	春、秋	日本海低気圧型、フェーン型
あらし	富山県砺波平野青島付近	S-SE	10～20	春～夏	移動性高気圧圏内、山風型
鈴鹿、伊吹、六甲おろし	鈴鹿山脈、伊吹山、六甲山の風下側	N-NW	10～15	冬	西高東低型
比良八荒	琵琶湖西岸比良山麓(滋賀郡志賀町)	NW	10～15	冬～春秋	寒冷前線通過直後
平野風	奈良県吉野郡北東部	E	5～10	6～10月	太平洋岸低気圧や台風付近
広戸風	岡山県那岐山の南麓	NNE	最大瞬間50	夏～秋	台風が四国から大阪湾へ
やまじ風	愛媛県宇摩郡土居町付近(法皇山麓)	S寄り	30～40	4～6月 9～10月	低気圧や台風が黄海や朝鮮南部にある時
肱川あらし	愛媛県喜多郡長浜町肱川下流	SE	最大瞬間10～20	秋	高気圧圏内、霧をともなう
わたくし風	愛媛県宇和島市付近	E		秋	谷間から須賀川沿いに吹き出す
やまえだ	鳥取県境港市弓ヶ浜	NE	2～9	5月～9月上旬	高気圧圏内
まつぼり風	熊本県阿蘇火口瀬の立野付近	E	20	春、秋	火口瀬に沈降集積した冷気塊の吹き出し、高気圧圏内
みのさんおろし	福岡県筑後平野(草野付近)	S	10	春、秋	水縄山地(耳納山)から吹きおろす

(2) 風速の高度分布

空気の運動は、気圧の勾配、地球の自転による偏向力、地表の摩擦等に左右され、風速と高度の関係を考える場合は図 3.2.2-4 に示すような大気構造を考える。地表の摩擦の影響が及ぶ高度 1,000m 程度までの範囲を大気境界層といい、大気境界層のさらに上部を自由大気という。大気境界層はさらに、地表から 100m 程度までの地表境界層と、その上の上部摩擦層に分類される。地表境界層では摩擦の効果が大きく、偏向力は無視できる。上部摩擦層では、地表摩擦と偏向力の効果は同程度である。

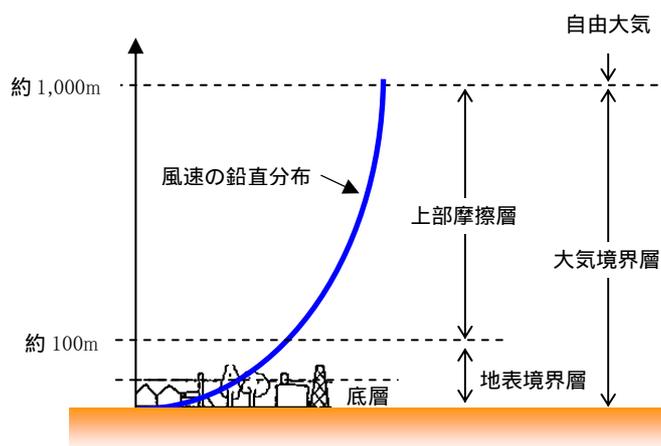


図 3.2.2-4 大気境界層

風は地表の植生、建物等の摩擦の影響を受けるため、地表に近づくにつれて弱くなる。植生、建物等の粗さを地表の粗度といい、粗いほど、つまり地形が複雑なほど弱くなる。さらに晴れて、冷え込みの強い夜等で地表の大気密度が上空より高い時は大気が安定していて、上層で風が強くとも下層では風が弱くなるが、反対に大気が不安定(真夏の晴れた日中等)は対流が発達して、上層の強い風の運動量が下層まで運ばれて、下層でも風が強まる。大気の成層は中立(大気の高さ方向の密度勾配が少ない)に近いことが多く、風速が 3 ~ 4m/s 以上の場合には、天気にかかわらず、およそ中立状態と見てよい。

風車が設置される高さは地表境界層で、その層内の風速の高度分布については、理論的に大気が中立状態の場合には、「対数則」によって $V = V_1 \{ \ln(z/z_0) / \ln(z_1/z_0) \}$ (z_0 は粗度長) が得られるが、経験則として「指数則(べき法則)」が成り立つことが知られており、以下の式が用いられる。

$$V = V_1 (z/z_1)^{1/n}$$

V : 地上高 z における風速

V_1 : 地上高 z_1 における風速

$1/n$: 指数則のべき指数(分母を n 値と呼ぶ)

「指数則」から上空の風速を推定する場合、べき指数($1/n$)の値は地表の粗度状態により変わり、平坦な海岸地域等では $n = 7$ 、内陸では $n = 5$ 程度が用いられる(表 3.2.2-2)。

表 3.2.2-2 指数則のべき指数 $1/n$ の値 (多くの観測値の平均)

地表状態	n	1/n
平坦な地形の草原	7 ~ 10	0.10 ~ 0.14
海岸地方	7 ~ 10	0.10 ~ 0.14
田園	4 ~ 6	0.17 ~ 0.25
市街地	2 ~ 4	0.25 ~ 0.50

出典：石崎潑雄ほか「強風時における突風の拡がり」と突風率について」(1962)

べき指数は 2 点以上の観測高度の実測値から最小二乗法を用いて算定することができる。この場合、方位別に算定を行い、方位別の地表状態の n 値を比較検討することも可能である。

図 3.2.2-5 に高さ 10m 地点での風速 4、5、6m/s の時の $n = 5$ および $n = 7$ の場合の風速の高度分布を示す。

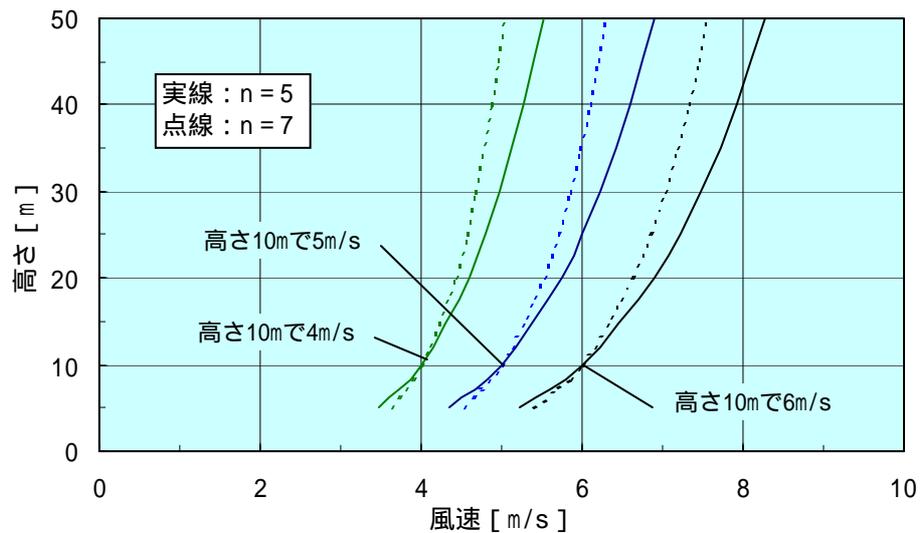


図 3.2.2-5 風速の高度分布

(3) 地形等による風の変化

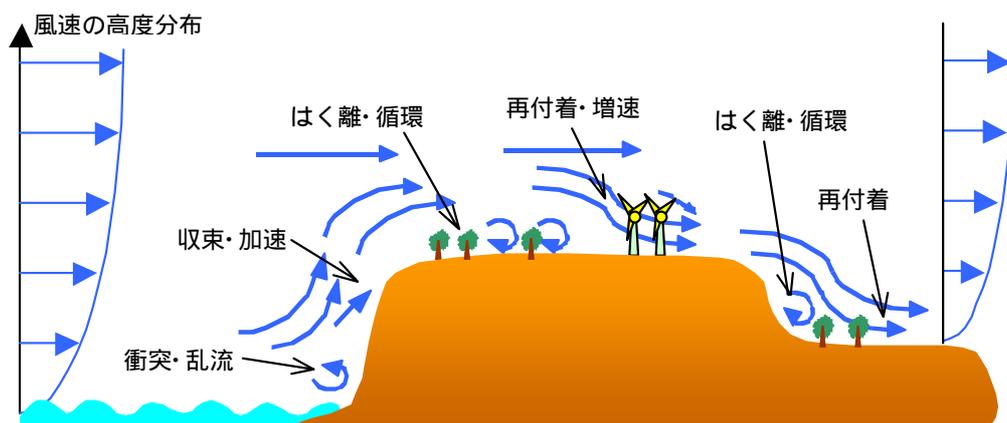
地表付近の風の流れは、地形条件や地上構造物等の障害物によって様々な変化を示す。

1) 地形による変化

風は基本的には地形に沿って流れるが、地形の変化により、流れのはく離や収束が起こる。比較的平坦な地形上の緩やかな斜面では、風は斜面に沿って流れ、緩やかな丘の上では、流れの断面積が減少（収束）することにより風速が強まる。

図 3.2.2-6 に複雑地形と風況分布の模式図を示すが、斜面の勾配が大きい急斜面や崖になると、その上部では収束による加速流となり風速が増大し、崖下部には衝突による乱流領域、崖上部にははく離による循環領域が発生する。崖の端から後方部分に風が再付着して増速する地域が形成される。また、風下に急斜面や崖がある場合ははく離による循環領域が発生し、その下流では再付着地域が形成される。

循環領域の大きさは風速によって異なるため、再付着地点も移動することになり風況も極めて複雑になる。



日本気象協会資料より引用

図 3.2.2-6 複雑地形と風況分布の模式図

高さ方向について述べたが、同様の現象は水平方向にも当てはまり、図 3.2.2-7 は山岳や樹木等の障害物による風の乱れを表している。風の上流や下流に島や山岳地帯等があるような場合は、乱れが卓越し、風向が複雑に変化することになる。

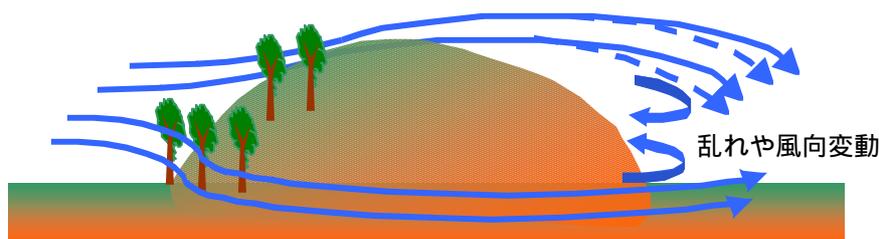


図 3.2.2-7 障害物による風の乱れ

2) 障害物による変化

建物が風に及ぼす影響を図 3.2.2-8 に示す。建物は不透過性のため、その周辺には乱流領域が形成され、その領域は風上側に建物高さ (H) の 2 倍、風下側に建物高さの 10 ~ 20 倍、高さ方向に建物高さの 2 倍の範囲に及ぶ。風の方角に対して幅の広い建物(幅が高さの 4 倍以上)の場合、風は水平方向には広がらず、大半が建物上部を通過するため、風下側の乱流領域の距離は長くなる。一方、幅の狭い建物の場合、風は水平方向にも広がるので、風下側の乱流領域の距離は短くなる。

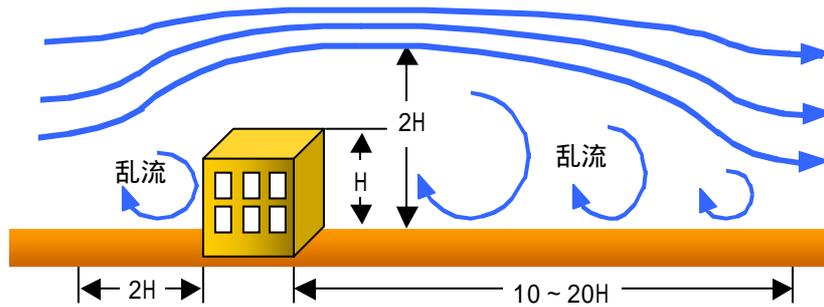


図 3.2.2-8 建物が風に及ぼす影響

建物が不透過性であるのに対し、自然の障害物である樹林帯等は透過性があり、風はこれらの障害物の中を通り抜けることができる。図 3.2.2-9 に密度の高い樹林帯による風況の変化を示す。樹林帯の高さ (h_s) にもよるが、乱流領域は風上側で高さの 5 倍、風下側で高さの 5 ~ 15 倍程度である。

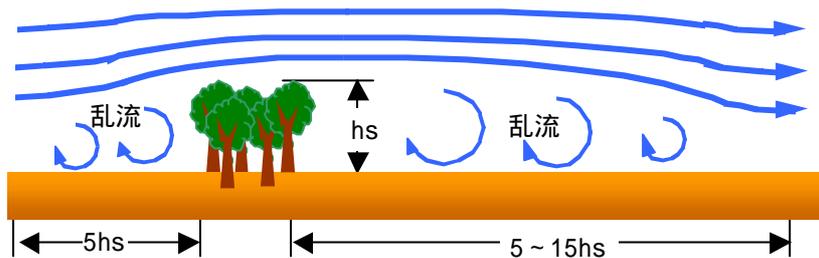


図 3.2.2-9 樹林帯による風況の変化

(4) 風速の時間的変動

風は短時間に絶えず変化しているが、風の吹く原因等によりある種の傾向が見られる。以下に風速の日変化、季節変化、経年変化の特徴について述べる。

風速の日変化としては、図 3.2.2-10 に示す例のように日中に大きくなる場合がある。これは、日中に地表付近の空気が暖められて大気が不安定になり上層の空気と混じり合うために起こるもので、特に海岸地域では、春から秋にかけての日中の強い海風の影響もありこのような傾向を示すことが多い。

風速の季節変化としては、日本では図 3.2.2-11 に示す例のように冬に大きくなる傾向がある。これは、冬の季節風によるものである。

以上のように、風速は日・月の時間スケールの変動とともに、図 3.2-12 に示す例のように比較的長期的な年平均風速についても同様に変動する。これは、各年の天候の変化や気候変動に伴うものであり、一般に平年値（30 年間の平均値）の概ね $\pm 10\%$ の範囲内で変化するとされている。

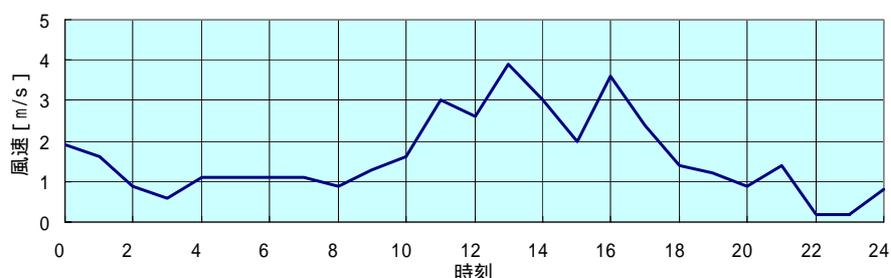


図 3.2.2-10 風速の日変化（例）

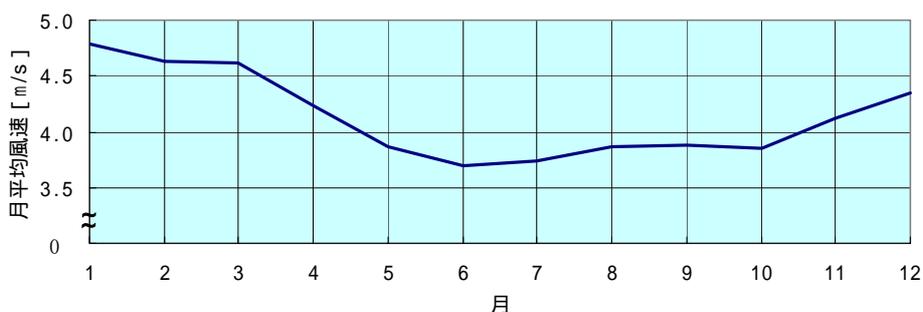


図 3.2.2-11 風速の季節変化（例）

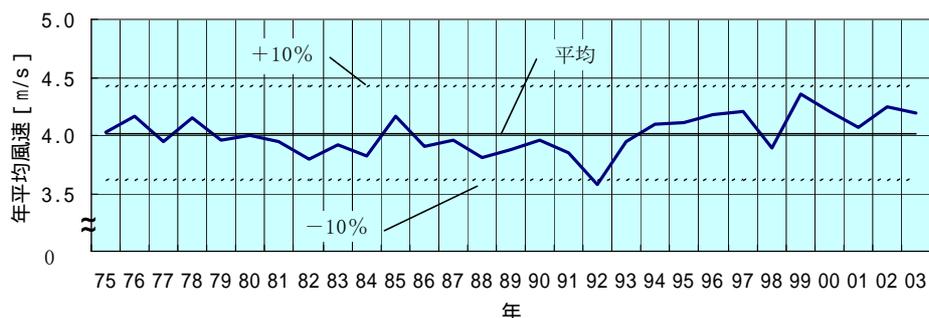


図 3.2.2-12 風速の経年変化（例）

(5) 風向・風速分布とエネルギー密度出現率分布

風は常に変化し、その風向(風が吹いてくる方向)・風速は絶えず変動している。そのため、ある地点の風況を表すのに、風向分布、風速分布が用いられる。その他、風力発電においては 3.2.1 項で述べた風力エネルギー密度が重要であり、その分布についても述べる。

1) 風向分布

ある期間における各方位別の風向の出現率(頻度)を、放射状のグラフに表したものを風配図(ウィンドローズ)と呼ぶ。図 3.2.2-13 に年間の風配図の例を示す。

一年間を通じて頻繁に現れる風向を卓越風向といい、左図の例では、南東および北西がこれに当たる。また、180度の位置関係にある2方位に隣接する方位を加えた6方位を風軸といい、この風軸に含まれる風向の出現率の合計が大きいほど、風力発電においては安定した風向条件にあると評価でき、複数台の風車を風軸に直角方向に配置できる地形では有利な条件となる。右図の例では西風が比較的少なく、北風がやや多いものの風軸は明確に現れていない。

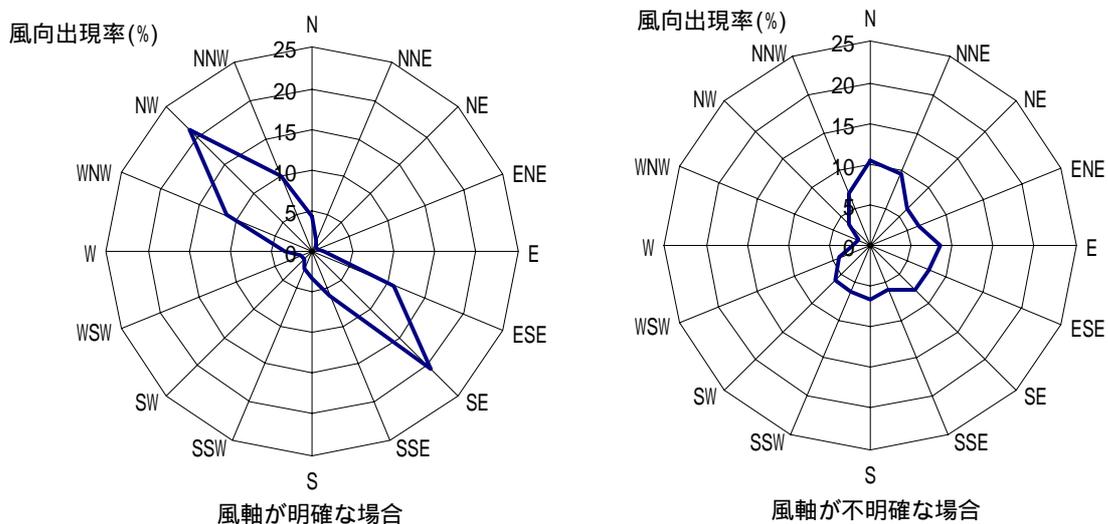


図 3.2.2-13 年間の風配図(例)

2) 風速分布

ある期間における風速階級毎の出現率（頻度）を風速の出現率頻度分布と呼び、一例を図 3.2.2-14 に示す。風速の出現率分布は、図からわかるように、左右非対称で、出現率の最大は弱風側に偏っている（図中の曲線は後述のワイブル分布を当てはめた場合を示し、尺度係数 c 値 = 5.9、形状係数 k 値 = 1.3 となっている）。また、風速出現率を、風速の大きい方から順次に加算累積したものを累積出現率と呼び、それを風況曲線として図 3.2.2-15 に示す。

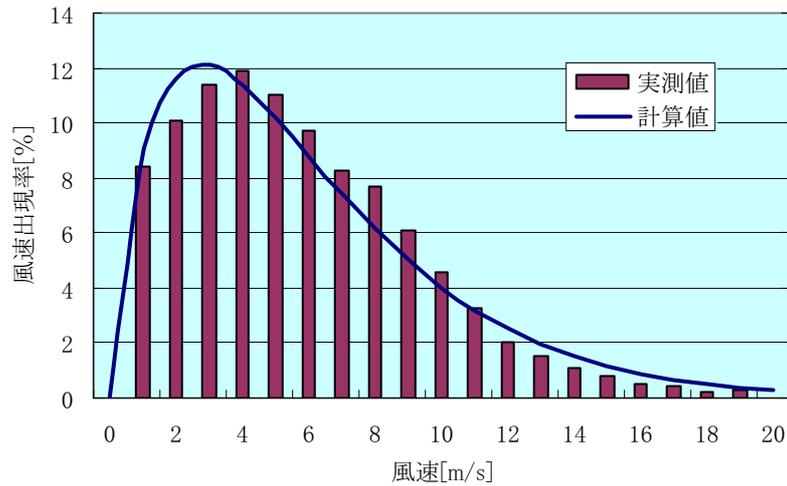


図 3.2.2-14 風速の出現率分布（例）

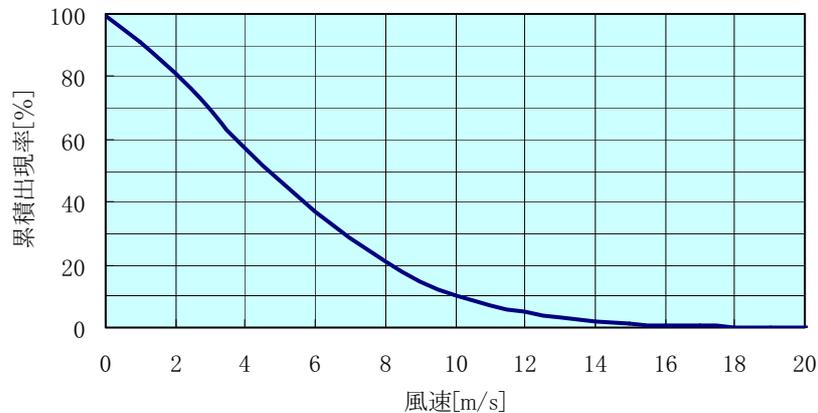


図 3.2.2-15 風況曲線（例）

3) ワイブル分布

風速の出現率分布は、以下に示すワイブル分布で近似できることが知られている。

$$f(V) = \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp \left\{ -\left(\frac{V}{c}\right)^k \right\}$$

$f(V)$: 風速 V の出現率

c : 尺度係数

k : 形状係数

ここで、風速が V_x 以下となる風速 V の確率密度 $F(V \leq V_x)$ は、

$$F(V \leq V_x) = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{V_x}{c} \right)^k \right\} \quad \text{となる。}$$

また、平均風速 \bar{V} は、

$$\bar{V} = c \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \quad (\Gamma : \text{ガンマ関数}) \text{で表される。}$$

図 3.2.2-16 に、平均風速 6 m/s の場合のワイブル分布における形状係数 k による確率密度分布（すなわち、風速出現率分布）の違いを示す。 k の値が大きくなるにつれ、ピークが鋭くなり、またその位置が平均風速（6m/s）に近くなるのがわかる。風力発電においては同一の平均風速でも形状係数と風車の発電性能曲線によって発電量が異なるので注意を要する。

尺度係数 c は、上の関係式から、風速の小さい方からの累積出現率が 63.2% になるところの風速 V に等しい。

形状係数 k は、日本の場合、 $k = 0.8 \sim 2.2$ 程度であり、年平均風速が大きいほど大きくなる傾向がある。年平均風速が 5 m/s 以上の場合、 $k = 1.5 \sim 2.2$ 程度である。

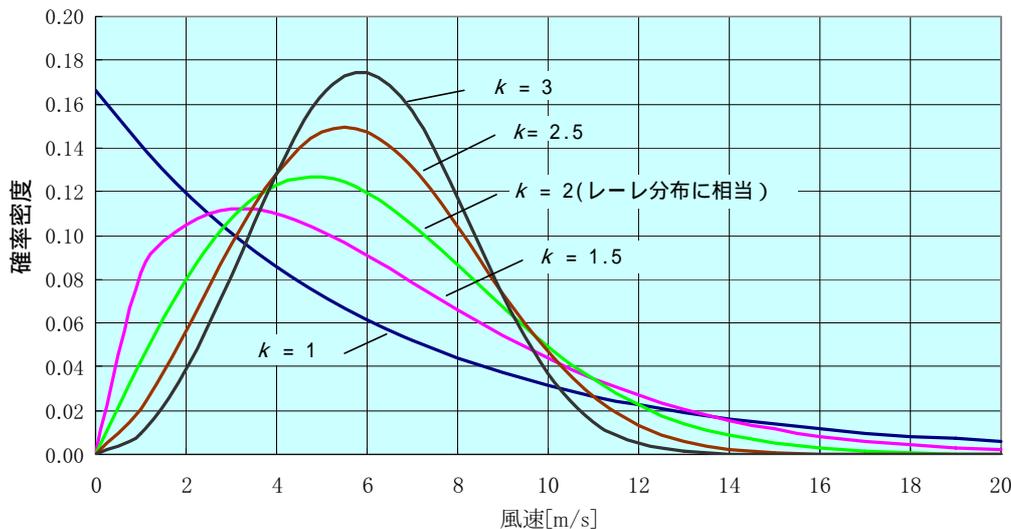


図 3.2.2-16 平均風速 6m/s の場合のワイブル分布

ワイブル分布において、特に $k = 2$ の場合をレーレ分布と呼び、以下の式で表される。

$$f(V) = \frac{\pi}{2} \frac{V}{\bar{V}^2} \exp \left\{ - \frac{\pi}{4} \left(\frac{V}{\bar{V}} \right)^2 \right\}$$

ワイブル分布は適合性は良いものの、尺度係数と形状係数を知る必要がある。一方、レーレ分布は、平均風速が分かると風速出現率分布を推定することが可能で、簡単なためによく用いられる。図 3.2.2-17 に、平均風速に対するレーレ分布を示す。

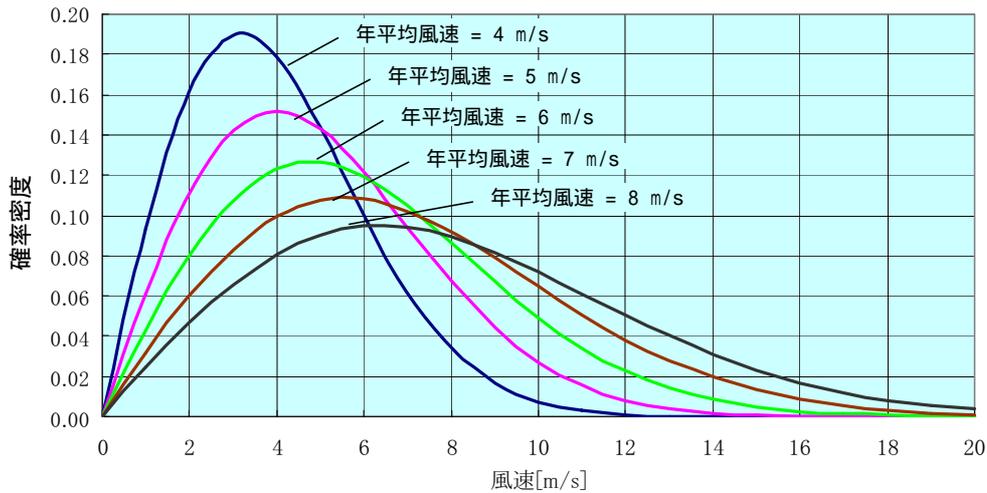


図 3.2.2-17 年平均風速に対するレーレ分布

4) エネルギー密度

風力エネルギー密度（潜在的な風力エネルギー量）は、以下に示す算出式で求められ、その算出はレーレ分布やワイブル分布を仮定した簡易的な方法と風況観測を行った年間の1時間値(8,760 データ = 24 時間/日×365 日)に基づく方法がある。なお、空気密度は近傍の気象官署のデータを用いて気温、高度補正を行い観測地点の年間平均値を用いる。

$$EP = \frac{1}{2} \frac{\sum V^3}{T_0}$$

EP : 風力エネルギー密度[W/m²]

ρ : 空気密度[kg/m³]

V : 1 時間平均風速[m/s]

T₀ : 対象期間の時間数[-]

全方位を対象に算出した年間の風力エネルギー密度が 240 W/m² 以上(地上高 30m)となることを事業化開発レベルの目安としている。

また、図 3.2.2-13 に示したと同じ地点の各方位別の風力エネルギー密度をレーダーチャート化した図を図 3.2.2-18 に示す。左図は風軸が明確な地点で、各方位別のエネルギー密度出現率分布の軸が風配図同様に明確となっているが、風配図と比較すると南東方向からの風速が弱いことがわかる。一方、右図は風軸が不明確であるが、エネルギー密度出現率分布からは北北西方向のエネルギー密度が高いことがわかる。

複数基の風車を計画する場合は風配図に加えてエネルギー密度出現率分布を考慮して配置計画を立てるのが効率的となる。ただし、現状の風力エネルギー密度の算出はカットアウト風速以上の風速も含まれているので、カットイン風速からカットアウト風速間のエネルギー密度で評価するのが望ましい。

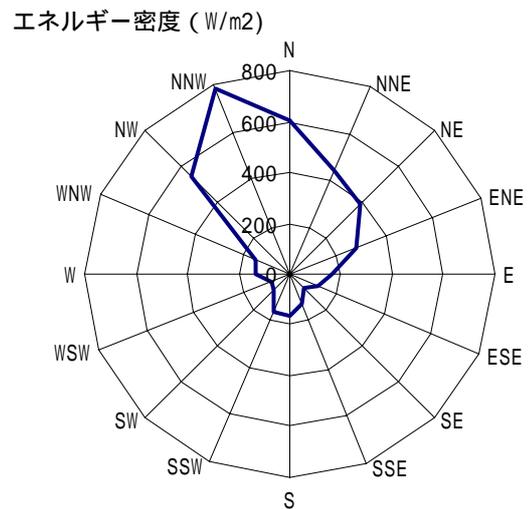
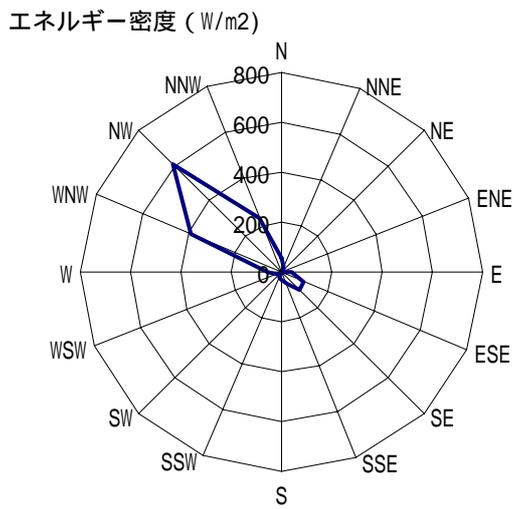
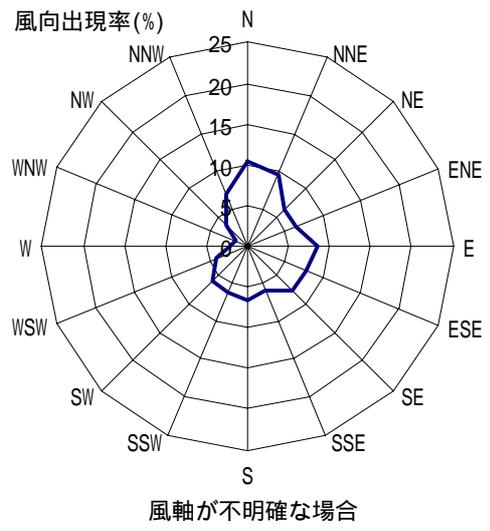
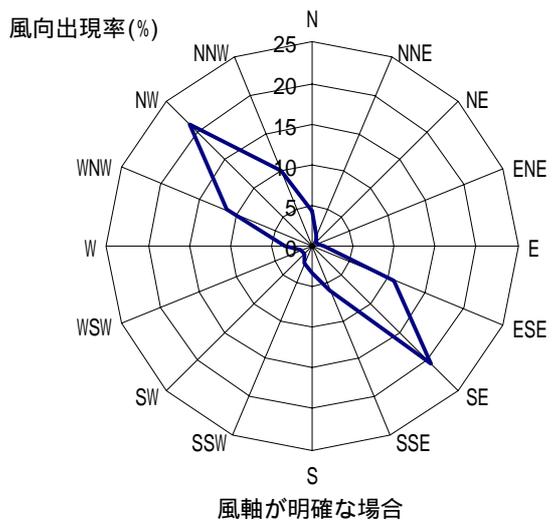


図 3.2.2-18 風力エネルギー密度出現率分布(例)と風配図の関係

3.2.3 風況データ

(1) 風況観測機関

3.2.1項で述べたように、風力エネルギーを活用する上では少しでも風の強いところを選ぶことが重要であり、かつ、風速分布や風向分布が重要な因子となるため、四季を通じた1年以上の風況データの収集が必要となる。風況データは、気象データの一つであり人間の社会生活に大きく係るため、いくつかの機関で観測を行っている。以下に風況観測を行っている主な機関をあげる。

- ・気象庁 …………… 全国に気象台・測候所・AMeDAS等を展開し気象観測を行っている。
- ・海上保安庁 …… 航路標識事務所（灯台）で風向風速等を航路安全のため観測している。
- ・消防庁 …………… 各都道府県の消防署において災害時の予測や対策用に観測している。
- ・国土交通省 …… 港湾、道路、河川、ダム等の管理・工事事務所で災害防止のため観測している。
- ・農林水産省 …… 農業、園芸、林業試験場で気象との関連を調べるために観測している。
- ・防衛庁 …………… 自衛隊の訓練場、飛行場等で安全を目的に観測している。
- ・地方自治体 …… 環境、大気保全等の目的で観測している。
- ・大学研究所 …… 研究、実験に用いる資料として観測しているところもある。
- ・電力会社 …………… 発電所やダム・送電鉄塔で災害防止のため観測を行っている。
- ・民間会社 …………… レジャー地ではロープウェー、リフト等の安全のため観測している。

これらの機関のデータの中で、気象庁は長期間の観測を行い、観測資料を統計的にまとめ容易に閲覧できるよう整理している。気象庁は、主に全国約150ヶ所の気象官署（気象台および測候所）と全国約1,300ヶ所の地域気象観測システム（AMeDAS：Automated Meteorological Data Acquisition Systemの略で約21km四方に1ヶ所）のうち、約800ヶ所において、風向・風速を観測している。観測は、気象官署においては風向を16方位、風速を0.1m/s単位で毎10分値を、またAMeDAS観測所においては風向を16方位、風速を1m/s単位（整数値）で毎正時前10分間の平均値を観測している*1。気象官署での風況観測は、平らな開けた場所、地上10mの高さが基準となっているが、障害物等の関係から実際はビルの屋上等10～75m程度の高さで観測されている。一方、AMeDAS観測所では地上高6.5mが基準となっている。AMeDASは降水量の観測を主目的としていることから、風況観測地点としての立地条件（周辺障害物等の関係）を満たしていない地点も多く、立地条件が不適または観測機器の設置環境が確認できない場合などは、参考データ（目安）として捕らえるべきである。なお、気象官署およびAMeDAS観測所の配置図および観測データは気象庁の下記のホームページに掲載されている。

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

一方、NEDOでは風況観測として1995年度～1999年度にかけて「風力開発フィールドテスト事業（風況精査、システム設計、設置、運転研究）」の中で行われ、2000年度から引き続いて「風力発電フィールドテスト事業（風況精査）」という新名称で継続され、さらに2005年度からは「風力発電フィールドテスト事業（高所風況精査）」という名称となり今日に至っている。

*1 気象庁ではAMeDAS観測点においても全ての10分値を計測するシステムに更新中であり、すでに多くの観測点について、毎10分値データの閲覧が可能となっている。

これまで実施された風況精査地点数は 2007 年度現在で 550 箇所(内、2007 年度実施中は 28 箇所)に達しており、その実施状況を図 3.2.3-1 に示す。

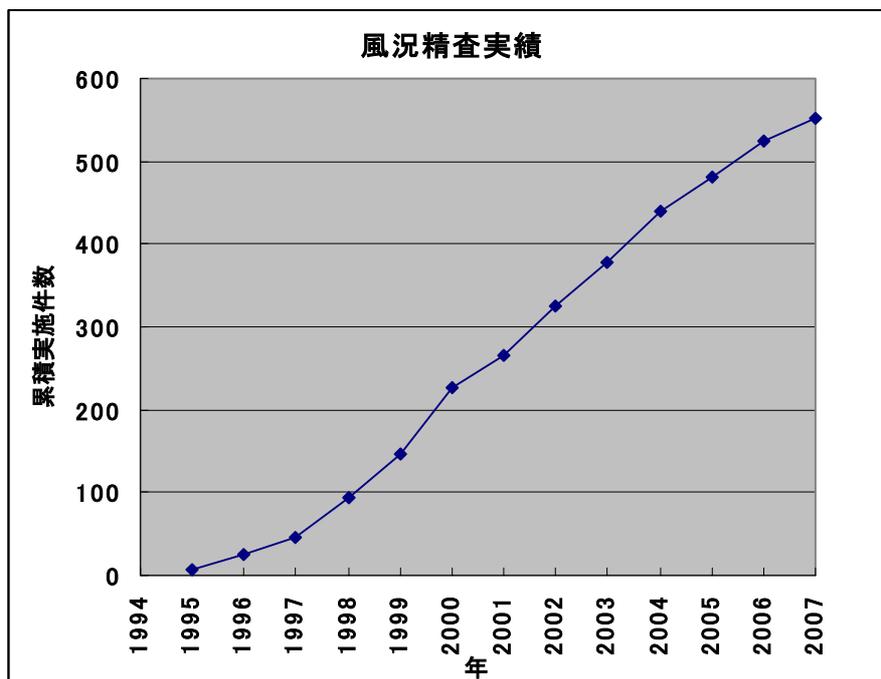


図 3.2.3-1 風況調査実施の推移

風況精査は、観測期間は 1 年単位で行われており、その観測高度層(地上高)は表 3.2.3-1 に示すとおりで推移している。観測項目は、風向(10 分間平均風向)、風速(10 分間平均風速)、風速の標準偏差である。なお、風況精査結果は NEDO 新エネルギー技術開発部にて報告書として取りまとめられ、NEDO ホームページで閲覧・公開されているので参照されたい。

表 3.2.3-1 NEDO フィールドテスト事業における観測高度と実施件数 (数値: 実施件数)

年度\観測高度	10m	20m	30m	40m	50m
1995 年	7				
1996 年	18				
1997 年		20			
1998 年		49			
1999 年		52			
2000 年		81			
2001 年		39			
2002 年		59			
2003 年		52			
2004 年		62			
2005 年		16			
		23			
2006 年		18			
		26			
2007 年		28			
	測定中(観測高度 20,30,40m または 30,40,50m)				

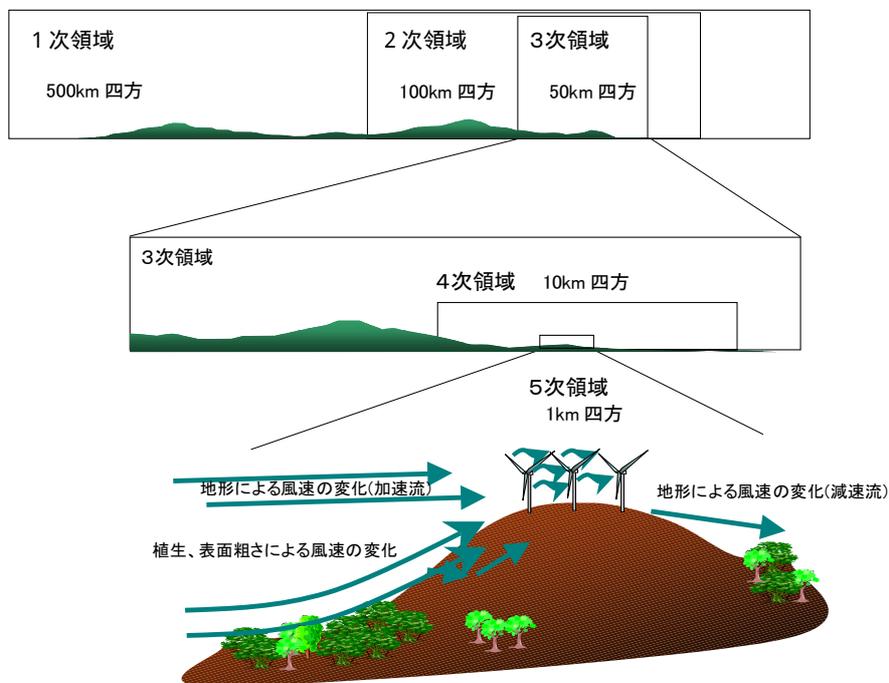
(2) 局所風況マップ

風況マップは、風力発電の導入促進を目的として、種々の風況観測データをもとに地図上のメッシュに風速階級を示したものであり、風力開発の進んでいる各国において作成され、有望地域の選定や賦存量の算定に用いられている。我が国初の全国風況マップは、1993 年度に NEDO によって種々の風況観測データをもとに地形因子法によって作成された。

さらに、1999 年度から 2002 年度までの 4 年間をかけて、NEDO により「局所的風況予測モデルの開発」が行われた。この開発研究の目的は、我が国のように複雑地形条件下にあって風の乱れが卓越している地域であっても十分な予測精度を得ることができる計算流体力学に基づく風況予測モデル(LAWEPS : (Local Area Wind Energy Prediction System)の開発である。LAWEPSモデルは、気象モデル(メソスケールモデル)と工学モデルを組み合わせ、5 段階のモデルとして作成されたものである(図 3.2.3-2)。高低気圧・海陸風・大規模地形等を考慮する気象モデルは、1 次～3 次領域(スケール:500km～50km四方)とされ、本モデルの出力は小規模地形・植生・地表面状態等の影響を考慮する 4 次～5 次領域(スケール:10km～1km四方)の工学モデルにネスティング(接続)することにより高精度のモデルが構築されている。

この局所的風況予測モデルから 3 次領域のアウトプットとして 50km 四方を 10,000 分割して新たな 500m メッシュの全国局所風況マップが作成された(図 3.2.3-3 参照)。これまでの地形因子法による全国風況マップに代わる局所風況マップで、メッシュ幅が従来よりも半分の大きさとなり精度も高められた。本局所風況マップは風力発電の有望地域を選定するツールとして活用することが可能で、平成 18 年度版が NEDO の下記ホームページで容易に閲覧できる。

<http://app2.infoc.nedo.go.jp/nedo/index.html>



1 - 3次領域 (気象モデル) : 高低気圧・海陸風・大規模地形等の影響を考慮

4 - 5次領域 (工学モデル) : 小規模地形・植生・地表面状態等の影響を考慮

図 3.2.3-2 5 段階のモデルとネスティング手法の概念(日本気象協会、2003)

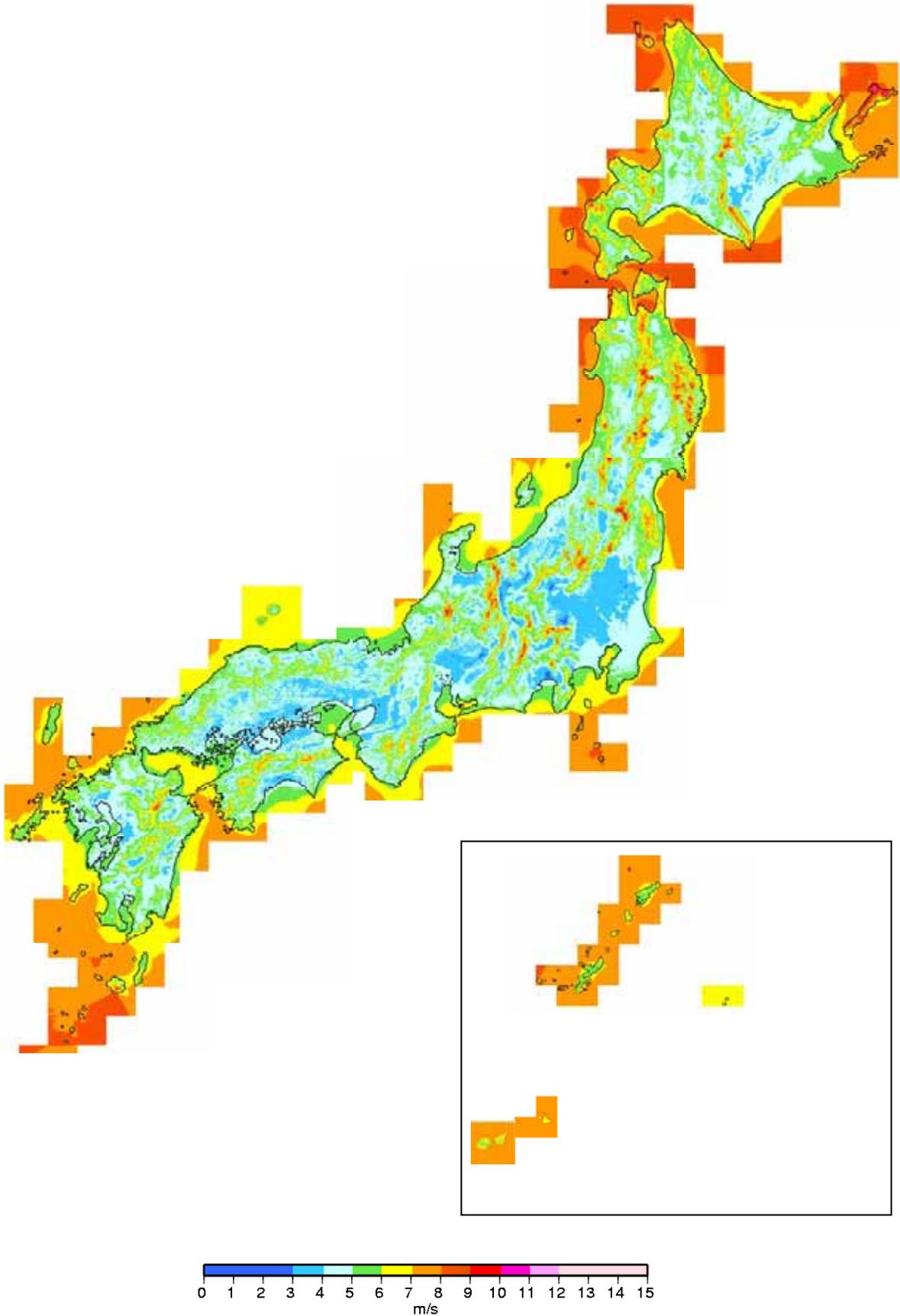


図 3.2.3-1 局所局所風況マップ

4. 風力発電事業の検討の進め方

4.1 導入事業計画の概要

風力発電事業を計画するには、事業の目的、事業規模によってその進め方が違ってくる。

風力発電事業の形態としては、図 4.1-1 に示すように、発電した電力を全て自家で消費するケース、自家で消費するが余剰電力は電力会社に売電するケース、および売電のみを目的としたケースがある。

電力会社に、風力発電で得られた電力を売電する場合には、その条件について電力会社との事前協議が必要になる。事前協議の内容としては、系統連系に伴う技術的な調整が必要であるのに加えて、電力を販売（売電）する場合の価格に関する調整等も必要となる。

自家で消費する逆潮流なしの場合でも、完全な独立系でなく電力会社と系統が接続されるのであれば、電力会社との技術的な調整・諸手続きは必要である。

風力発電事業導入を進めるにあたっては、その技術的検討および法的な検討が必要であり、工事の開始にあたっては、必要な許認可申請手続き等があるため注意を要する。また、事業規模によっては事業開始に際して、使用前安全管理検査を受けなければならない。

また、新エネルギーの中では経済的に優れる風力発電ではあるが、事業化に際しては事業の採算性の面から国等の各種の助成制度を活用することが望ましい。助成制度には、事業の進展に伴って計画策定段階、事前調査段階、設備導入、および啓発事業段階等段階に応じてあり、また資金融資および税制優遇制度等もある。

これらの風力発電事業の導入に関する詳細について以下に述べる。

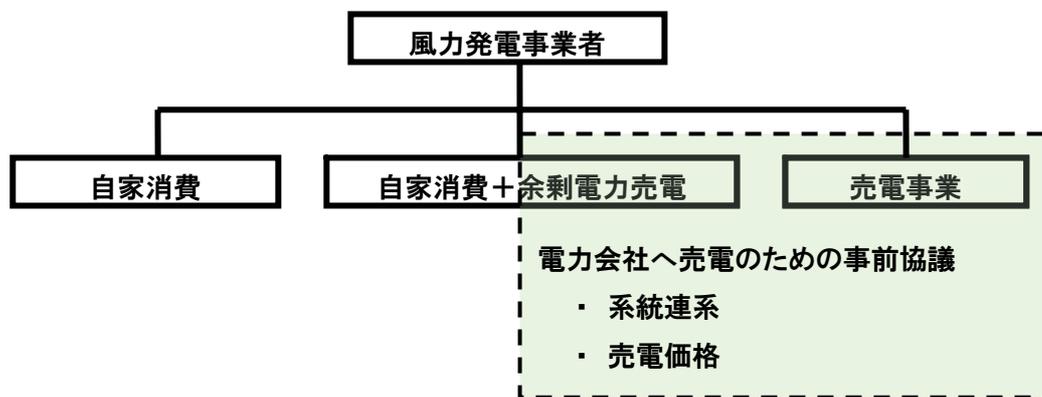


図 4.1-1 風力発電事業の形態

風力発電導入を進めるに必要な手順の全体的な流れを図 4.1-2 に示す。技術的な検討として一般的には立地調査、その立地における風況調査、基本設計、実施設計、建設工事を経て事業開始に至る流れとなる。それに伴い、関係法規の検討、許認可手続き等を行う必要があり、その関係を示す。また、各段階における各種助成制度の関係も示す。一般的に電力会社との事前協議は実施設計の段階で行われる。

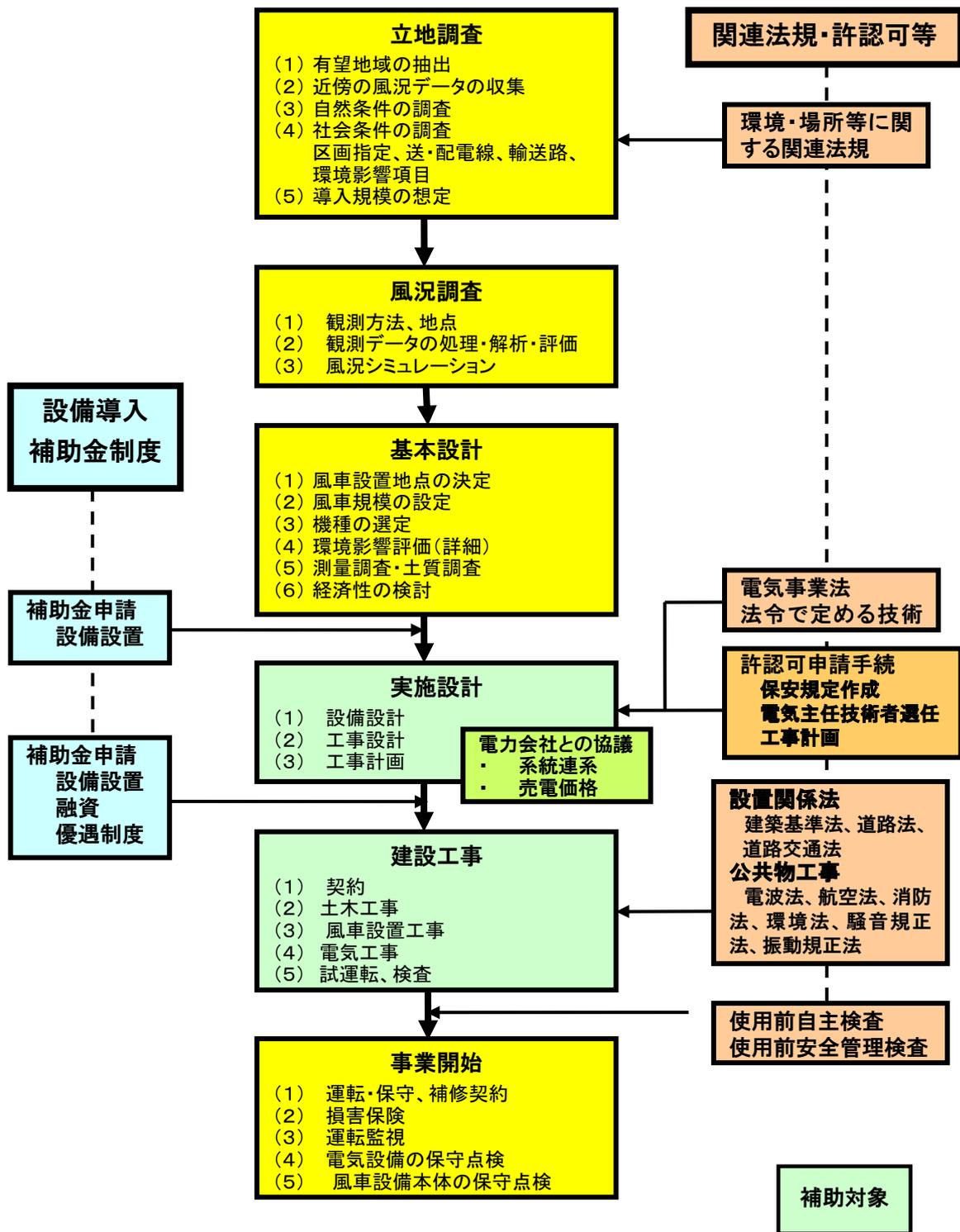


図 4.1-2 風力発電導入の流れ

4.2 導入計画の進め方

風力発電導入に関する全体の流れを前節の図 4.1-2 に示した。この節では主として導入にあたって技術的な面から、立地調査、風況調査、基本設計、実施設計、建設工事および運転・保守までの検討の進め方について述べる。

4.2.1 立地調査

風力発電導入の検討に当たっては、まず良好な風況が期待される有望地域を抽出し、その地域の既存の風況データ、自然条件および社会条件の調査を行うことにより、設置候補地点の選定と風車導入規模を設定する。

(1) 有望地域の抽出

有望地域の抽出には、3.2.3 項で述べた局所風況マップや気象庁等の風況データを活用する。局所風況マップ(地上高 30m)においては、年平均風速が 5 m/s 以上、できれば 6 m/s 以上の地域を対象とし、その占有面積が大きな地域、あるいは風速階級の高い地域が密集している地域を抽出する。

気象庁等の観測所の風況データにおいては、観測高度や観測地点の立地状況にもよるが、観測高度も低いことから年平均風速として 4 m/s 以上あることが望ましい。

(2) 近傍の風況データの収集

選定した有望地域について、3.2.3 項で述べた気象庁等風況観測を行っている機関による近傍の風況データの収集を行う。

収集すべき風況データは、風向・風速の 1 時間値で、少なくとも月別の平均風速と年間の風向出現率を収集する。収集するデータの期間は、最低でも 1 年間は必要であるが、気象学的なトレンドを考慮するためには、過去約 10 年間の月平均風速や年平均風速のデータを収集することが望ましい。収集したデータに基づき風力エネルギー取得量の月変化や卓越風向を解析・評価する。

有望地域の抽出に対する風況の評価の目安としては、年間を通じて地上高 10m における月平均風速が 5 m/s 以上の月が 4~5 ヶ月以上あれば、ほぼ良好と判断する。また、想定される風車の性能曲線と年平均風速(レーレまたはワイブル分布を適用)から利用可能率を考慮して推定年間発電量と設備利用率を算定し、設備利用率が少なくとも 20% を上回っていれば、ほぼ良好と考えられる。ただし、地点によってデータ取得状況等が大きく異なるため、利用に際してはこれらの点に十分注意する必要がある。

これらの風況調査の結果を使いやすいものとするために、平成 18 年度には「風力発電フィールドテスト事業に係る風況データ均質化処理に関する調査」が行われ報告されている。

風況データを利用する場合には、候補地点への適用性を評価する必要があり、そのためには以下に示す情報を併せて入手すべきである。

- ・観測地点周辺の立地条件(土地利用、地形条件、障害物)
- ・データの取得地点と候補地点の位置関係(距離や地形条件)

- ・観測の経過（観測地点の移設の有無、観測機器の変更等）
- ・観測高度
- ・観測期間
- ・観測システムの種類
- ・データの記録方法（平均化時間、記録器の種類等）
- ・データの取得状況（欠測データの有無等）

(3) 自然条件の調査

風況は、地形条件によって大きく変化することもあることから、対象地域の地形条件の調査が必要である。また、風車の運転に支障を及ぼす可能性のある特徴的な気象条件および風車建設に関係する地盤条件についても調査が必要である。

(a) 地形条件

3.2.2 項で述べたように、風況は地形、障害物等によって変化する。

地形の変化が激しい場合、風の乱れが大きくなる可能性があり、2.4 節で定義された出力補正係数を低く設定する等の注意が必要である。丘陵や崖の上部では風速の増大が見込めるが、高さや斜面の傾斜角が大きくなると乱流領域が発生する可能性がある。また、丘陵背後には丘陵の高さの 10 倍程度の範囲で乱流領域が形成される。

周辺に建物がある場合、風上側に建物高さの 2 倍、風下側に建物高さの 10～20 倍、高さ方向に建物高さの 2 倍程度の範囲に乱流領域が形成される。一方、樹林帯等では高さにもよるが、風上側に高さの 5 倍、風下側に高さの 5～15 倍程度の範囲に乱流領域が形成される。

風速は、地上からの高さが高くなるほど速くなるが、その変化は地表粗度が粗いほど大きくなる。したがって、平坦な海岸地域等では変化は小さく、内陸では変化が大きくなる。

(b) 気象条件

風力発電の事業計画を左右する最も大きな気象現象は落雷と台風であり、ブレードの損傷や誘導雷による制御機器の損傷、風車の倒壊に至る場合も見られる。その他、複雑地形における風の乱流あるいは着雪・着氷、塩害、砂塵等があげられる。平成 16 年度から 18 年度に行われた、風車事故の故障原因は、これら自然現象によって発生する故障は 35.7%を占めていた。

落雷

雷の種類はその発生要因によって寒冷前線による前線性雷、火山の噴煙による火山性雷、都市の熱気による都市性雷等に分類される。雷雲は激しい上昇気流と上層の冷たい大気によって発達する。雷雲は四季を通じて至る所で発生するが、雷雲の代表的なものに夏の積乱雲があり、地表面。温度と大気温度の差が 10 以上あれば形成され、熱雲と言われている。一方、冬季の日本海沿岸に発生する雷雲は、発達した寒気団の流入と対馬暖流の暖気団が接する前線面で、寒気が下層に潜り込み暖気がある上に押し上げられ激しい上昇気流を起こして発生するもので前線雲や界雲と言われている。

一般的な雷の発生メカニズムは、雷雲中であられや氷の粒が激しくぶつかり合い、大きなあられにはマイナスの電荷が帯電して重力により下方に移動し、小さな氷の粒にはプラスの電荷が帯電して上昇気流の作用で上方に運ばれて雷雲が形成される。電荷の蓄積量が一定の

値を超えると、雷雲中あるいは雷雲間で雷放電が起こり、雷雲中の電荷と地表に誘導される反極性の電荷との間で起こると落雷となる(図 4.2.1-1)。

落雷は先ず、雷雲の下方からマイナスに帯電した電荷の塊が放出され、ある距離を進むと先端の電荷は小さくなってしまい、いったん停止する。雷雲からは連続的に電荷が供給されて先端の電荷は膨らみ出し、これがある程度の大きさになると走り出す。これを繰り返しながら進展していくのでステップトリーダと呼ばれる。ステップトリーダが地上 100～300m 程度に接近すると、地表に蓄っていた電荷が、ステップトリーダに残留している電荷を中和するように上方への前駆放電が始まる。そして、雷雲に向かって主放電が駆け上がり、進行するので帰還雷撃(リターンストローク)と呼ばれている。通常、一回の主放電で終わらず、数十 ms(ms は千分の 1 秒)の間隔で主放電が起こる(図 4.2.1-2)。

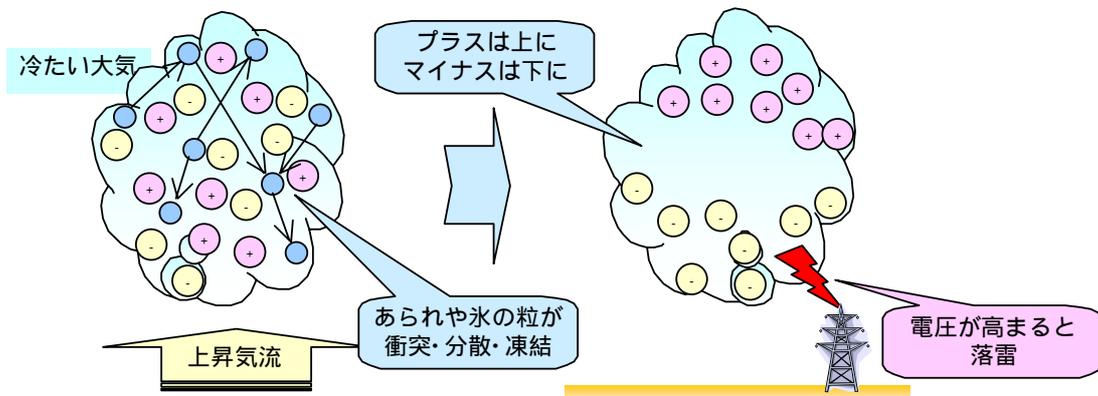


図 4.2.1-1 積乱雲の生成と落雷

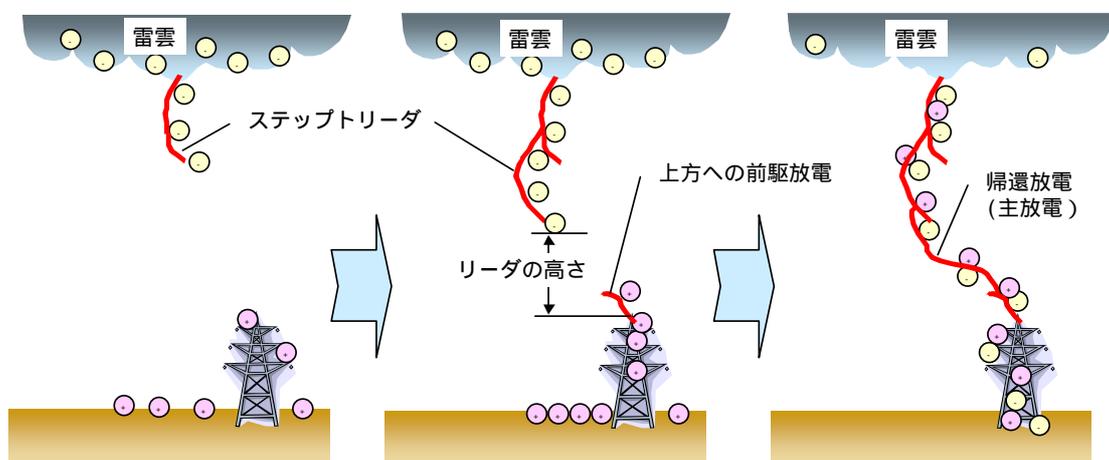


図 4.2.1-2 落雷の成長過程

一方、冬季雷はシベリア寒気団の強風が日本海上を吹き抜けることにより、地上 100～数 100m の所で電荷分離が行われ、大地放電は雲底が低いため途中で遮断されることが無く、一回で雲の全電荷が放電されてしまうことが多く、エネルギーが非常に大きくなる。冬季雷の特徴のひとつとして雷放電継続時間が異常に長いものがあり電荷量が IEC の最も厳しい保護レベル (300 クーロン) をはるかに超す例が観測されており、夏季雷の値の 100 倍以上に達することがある。海外ではノルウェー等で例があるものの、世界的に見ても珍しい現象

といえる(図 4.2.1-3)。

直撃雷は、ブレードの損傷を招く恐れがあるとともに、風力発電システムの絶縁強度をはるかに超えるため、電気・制御部品等の保護は十分検討する必要がある。また、誘導雷による異常電圧が線路の基準衝撃絶縁強度を超えて、配電用変圧器をはじめ開閉器類の絶縁破壊、インバータの損傷、ヒューズ溶断等の雷害を招くことがある。

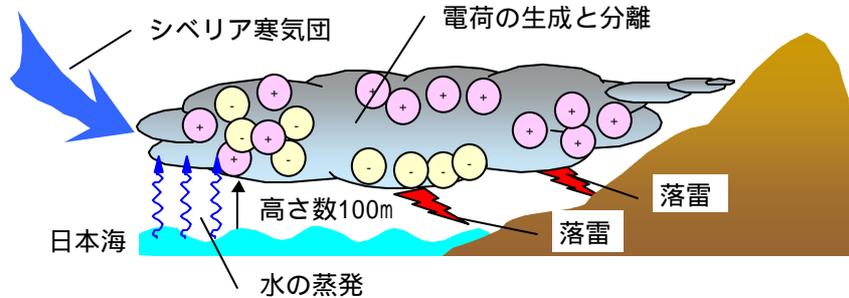
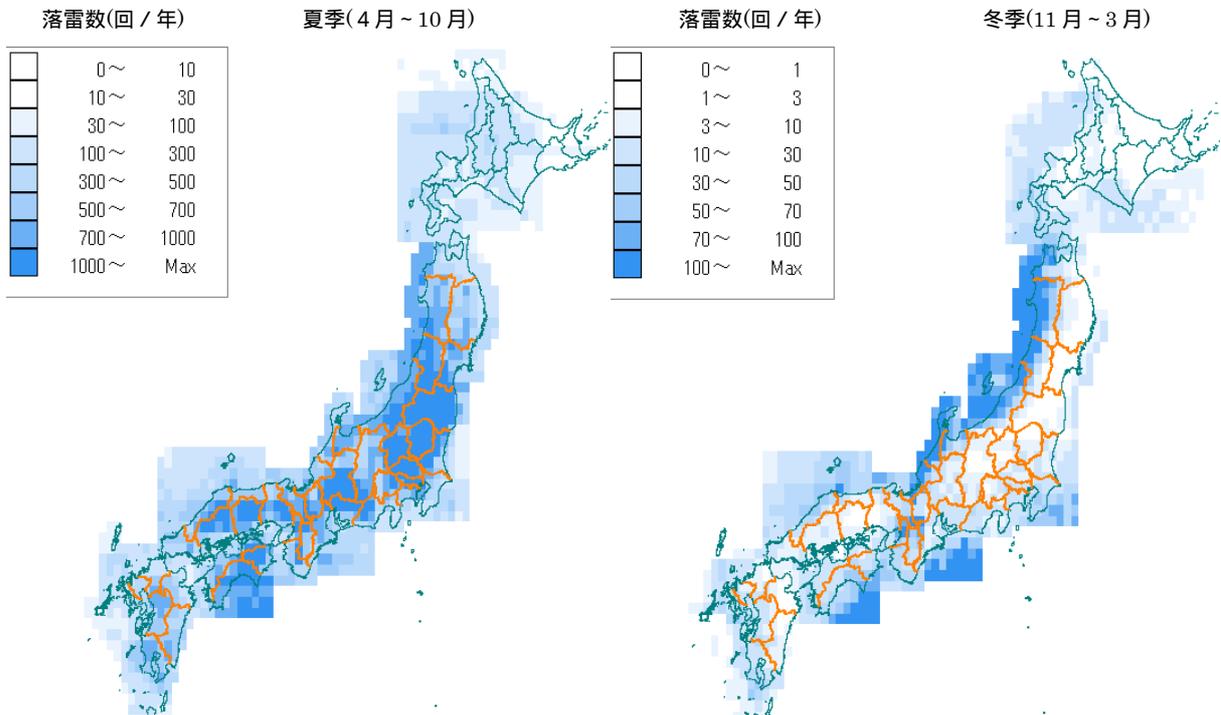


図 4.2.1-3 冬季雷の発生メカニズム

このため落雷の多い地域では、風車のタワーに対する避雷接地(特別第3種接地工事等)、通信ケーブルの光ケーブル化や電気・制御部品等にアレスタ等を施すとともに、配電線路との間の耐雷トランスや、電気回路へのアレスタ等の取り付けを施す必要がある。

ブレード等への落雷については、材質や保護対策によって異なるので、メーカーの研究・開発状況を踏まえあらかじめ検討が求められる。特に日本海側の冬季雷は、夏季雷に比較して電気エネルギーが非常に大きく、ブレードの損傷や電気・制御部品の損傷の被害が風車の設置数の増加とともに増えてきているので防雷対策について十分検討する必要がある。



落雷位置標定システムのデータによる年間落雷数(夏季、冬季) 出典:電力中央研究所

図 4.2.1-4 1992年から2001年までの雷撃頻度マップ

ある地域の落雷日数の概略を把握するには気象庁の年間雷雨日数分布図(IKL マップ) (財) 電力中央研究所がまとめた 1992 年から 2001 年までの雷撃頻度マップ(図 4.2.1-4)のほか、近年は、雷観測を専門に行う会社等により様々な情報が入手可能になっている。

台風

台風は 3.2.2 項で解説したように最大風速 17.2m/s 以上の熱帯低気圧で、風力発電システムのカットアウト風速以上の風速を伴う場合が多く、近年、タワーが基礎ごと倒壊したり、ブレードやナセルカバーが破損・飛散する事故の発生やナセルカバーの破損箇所から雨水が侵入して発電機の故障に至る場合もある。風力発電システムは国産、海外製品ともに規格(IEC 61400-1, JIS C 1400-1)に則って設計されているが、台風やハリケーン等による強風に対する仕様は特別クラス(S クラス)が必要となることもあるので注意を要する。

日本建築学会(1993)は、わが国の設計風速の基準となる基本風速として地上高 10m における 10 分間平均風速の 100 年再現期待値の分布図を作成している。また、全国の気象官署における瞬間最大風速のデータを基に地上高 10m の再現期間 50 年の確率瞬間風速分布図を図 4.2.1-5 に示す。特に、台風が直接通過・上陸する沖縄地方や九州・四国地方で風車を導入する場合はあらかじめ周辺地域を含めた過去の最大風速(10 分間平均値)または最大瞬間風速(0.25 秒間平均値)の 50 年再現期待値等を考慮するのが望ましい。

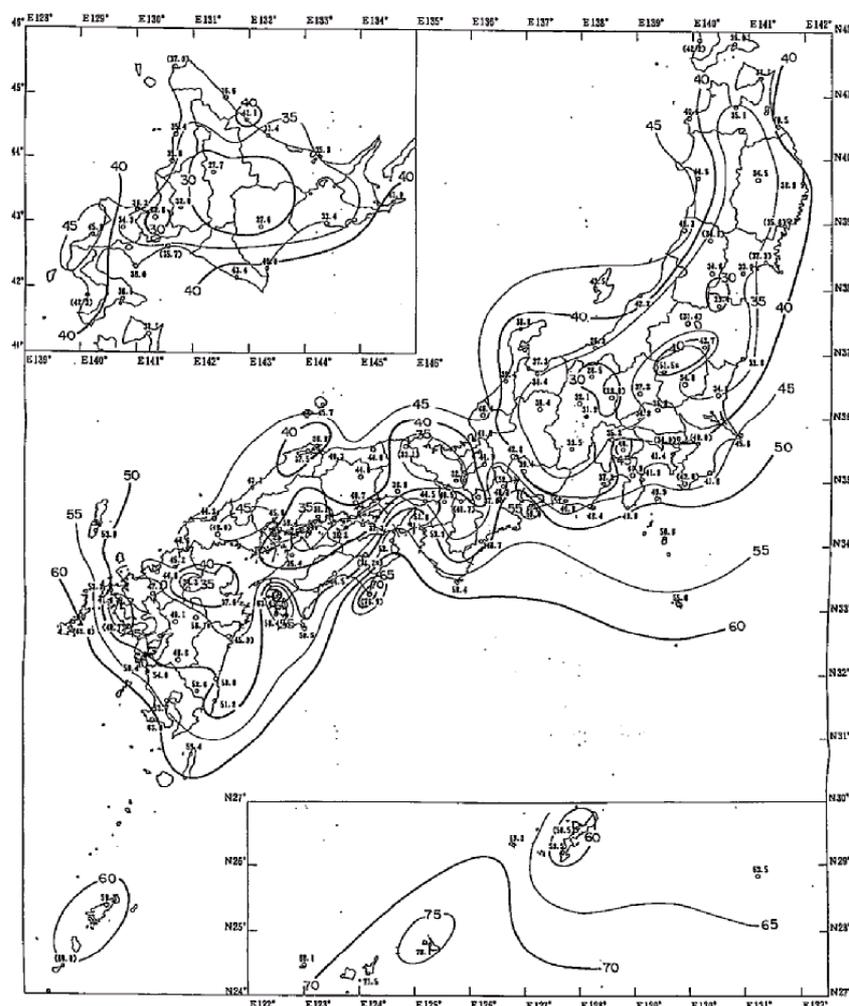


図 4.2.1-5 地上高 10m における再現期間 50 年の確率瞬間風速分布図(NEDO, 1995)

複雑地形における風の乱流

日本のように複雑地形の多い山岳地域では、風のはく離現象が起こったり、風速変動や風向変動の卓越する場所となっており、ブレードの疲労損傷や寿命に影響が出るおそれがある。

風の乱れの指標となる「乱流強度」は、10分間平均風速に対する風速の標準偏差の比として定義されるもので、10分間平均風速が15m/s時の乱流強度は I_{ref} で示されている。風の乱れに関してIEC61400-1 (Ed.3, 2005)では高い乱れ特性のカテゴリ-A($I_{ref}=0.16$)、中程度の乱れ特性のカテゴリ-B($I_{ref}=0.14$)および低い乱れ特性のカテゴリ-C($I_{ref}=0.12$)の3つに分けられている*が、風力開発フィールドテスト事業(風況精査)の1995年度から1999年度までの資料を用いて、年平均乱流強度をランク分けして図4.2.1-6に示した。ここで示した乱流強度は全データの平均値であるが、0.2を超える高い乱流強度が多くの地点で観測されていることが分かる。



図4.2.1-6 わが国の年平均乱流強度の分布図

* IEC IEC61400-1のEd.2(1999)では平均風速15m/s時の乱流強度 I_{15} に対してカテゴリ-A($I_{15}=0.18$)およびカテゴリ-B($I_{15}=0.16$)の2つのカテゴリとなっており、Ed.3と表現は異なっているが実質の内容はEd.3のカテゴリ-AおよびBと同じである。

着雪・着氷

降雪や吹雪による飛雪が物体に付着することを着雪という。着雪は程度の差はあっても南西諸島を除き全国至る所で生じる可能性があり、風車の固定部分や回転部分あるいは風向・風速センサに着雪の恐れがある。無風時に降雪が着雪し、それが夜間凍結した後に風が吹くと、ブレード等の着雪は部分脱落し、異常な歪み加わったり、風向・風速センサ異常で制御不能となることがある。

着氷は、過冷却の雨や雲が物体に当たった際に氷結する現象で、生成原因から樹氷・粗氷・雨氷に分けられる。粗氷や雨氷による着氷は、非常に堅く除去しにくい。着氷は、冬の雲底の高さが700 m以上の地域に生ずることが多いため、高所に風車を設置する場合には留意が必要となる。地域によっては、400m以上の高さから生ずることもある。

また、雨水やみぞれが夜間にブレードに結氷して夜明けの気温の上昇とともに溶け出し、ブレードの回転によって飛散することもあるのでモニメントとして人々が周辺に近づくことができる場所では注意が必要である。

塩害

強風で発生した海上の白波や海岸の波しぶきが空中で蒸発することによって生じた海塩粒子が、風によって運ばれ物体に付着して障害を与えることを塩害と呼ぶ。

海塩粒子の発生量は、海上風速の3乗に比例して増加するため、強風時ほど気中塩分量は増加する。この海塩粒子は風に乗って運ばれる間に落下していくため、気中塩分量や塩分付着量は海岸からの距離が離れることにより減少する。

海塩粒子が物体に付着しても相当量の雨が降れば表面は塩分が洗い流されるため、塩害を生じ難くなるが、機器内部に入り込んだ塩分は蓄積される。風車を海岸近くに設置する場合には、腐食や電気系統の絶縁低下についての対策が必要となる。

砂塵（飛砂）

砂塵の多い場所では、ブレードが損傷し、寿命が著しく短くなる。また、機械部の中に入り込み、歯車等の可動部に支障をきたすこともあるので、定期修理の時に注意する必要がある。

(c) 地盤条件

風車の重量は500kW級で50～80 t、1,000kW級で130 t、2,000kW級で230 t程度あるので、大型機を設置する場所には強固な地盤を選定する。地盤が弱い場所に設置する場合は支持地盤まで基礎杭を打設することになる。さらに、わが国は地震の発生頻度も多いことから液化の可能性を調査するとともに必要に応じて対策を施す必要がある。

(4) 社会条件の調査

風力発電システムの立地に際して、候補地域の風況は立地の可否を決定するための最も重要な条件である。しかしながら、風況が良好であっても、候補地域における各種の社会条件が風車の建設を制限する場合があることから、社会条件に関する事前の調査も重要である。

社会条件の調査項目としては、区画指定、土地利用、送・配電線、輸送道路、騒音、電波障害、動物・植物、景観があげられる。なお、これら調査項目を満足することに加えて、設置地域住民の理解と協力を得る必要があることは言うまでもなく、そのためには出来るだけ早い段階から情報公開と地域・住民団体等とのコミュニケーションを図り、円滑に事業を進めることが重要である。

(a) 区画指定

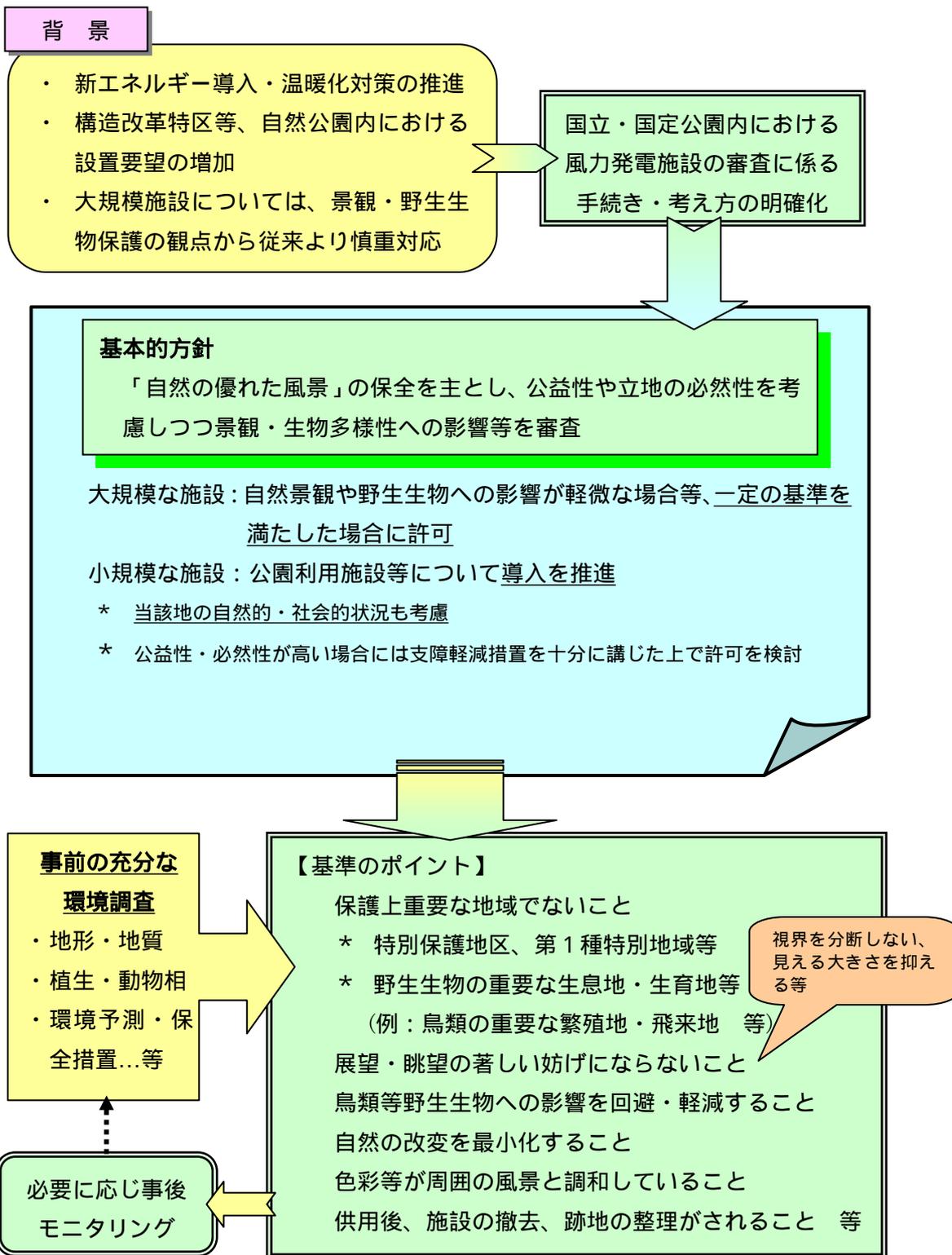
わが国では各種の目的のために一定の範囲を指定地域として設定しており、これらの地域に建築物や工作物を建設する場合には法的な規制を受けることになる。風力発電システムの建設に関する法的な制限要因としては以下のものがあげられる。

都市計画地域	： 都市計画区域、用途地域、市街化区域等
自然公園	： 普通地域、特別地域、特別保護地区
自然環境保全地域	： 原生自然環境保全地域、立入制限区域等
その他	： 保安林、国有林、県有林、鳥獣保護地域、農地、農業振興地域等

上記のうち主として対象となるのは、自然公園である。自然公園の種類には、国立公園、国定公園、県立公園等があり、国立公園は環境省、国定公園および県立公園は都道府県が管理者となっている。これらの指定地域内で風力発電システムの建設を制限する要因は高さ制限で、地上高 13 m 以上の建築物や工作物の建設には届出や許認可が必要となる。また、指定の状況によっては、まったく風力発電システムの建設ができない場合もある。風力発電システムの建設をスムーズに進めるためには、候補地点を決定する場合にこれらの指定地域について十分な検討が必要である。

なお、環境省では 2003 年度に国立・国定公園内の風力発電システムの建設・設置に対する検討会を開催し、図 4.2.1-7 に示す「基本的考え方」を取りまとめ、一定の基準を満たす場合は風力発電施設の設置を認めることとし、一部では実際に導入されている。

区画指定状況に関する情報は都道府県および市町村の窓口で入手可能である。

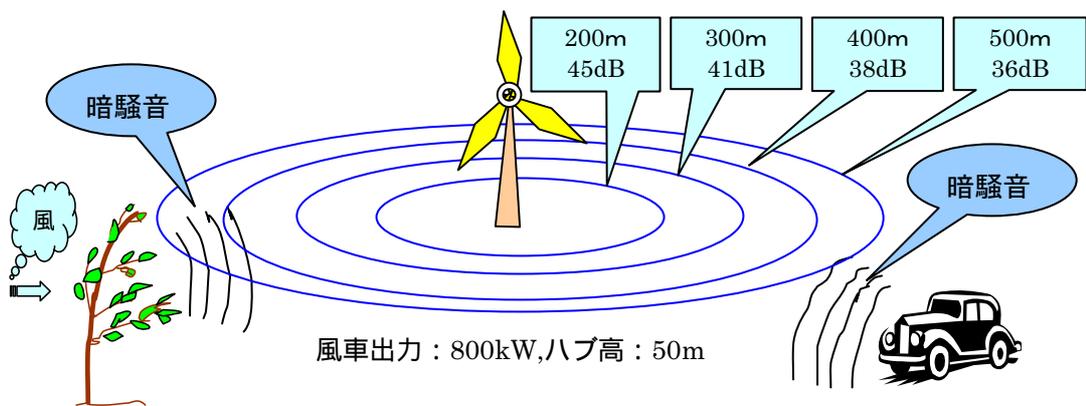


(出典：第4回風力エネルギー利用総合セミナーテキスト)

図 4.2.1-7 国立・国定公園等への風力発電施設導入の「基本的考え方」の概要

(d) 騒音

風車による騒音には、ブレードが回転する際に発生する風切り音と増速機等から発生する機械音とがある。風車騒音のレベルは機種や出力によって異なるが、図 4.2.1-9 の例に示すように、一般に風車から離れるほど騒音レベルは減衰する（風車出力：800kW、ハブ高：50m）。風力発電システムの設置に際しては、この距離減衰および風車の種類を考慮して設置地点を決定する必要がある。また、参考として騒音レベルの目安を図 4.2.1-10 に示すように、風車が1基のみの場合、通常 250m 程度離せば生活への影響はなくなるとされている。これは住宅街の夜間の環境基準(45dB)によっており、身近なものとしてはパソコンの冷却ファンが 45dB、静かなオフィス内の音は 50dB 程度と言われている。なお、風車の設置数が増えると騒音も大きくなるので、この場合は風車からの距離を離す必要がある。



(出典：日本風力発電協会「風の道、電気の道、くるまの道」)

図 4.2.1-9 風車騒音の距離減衰例

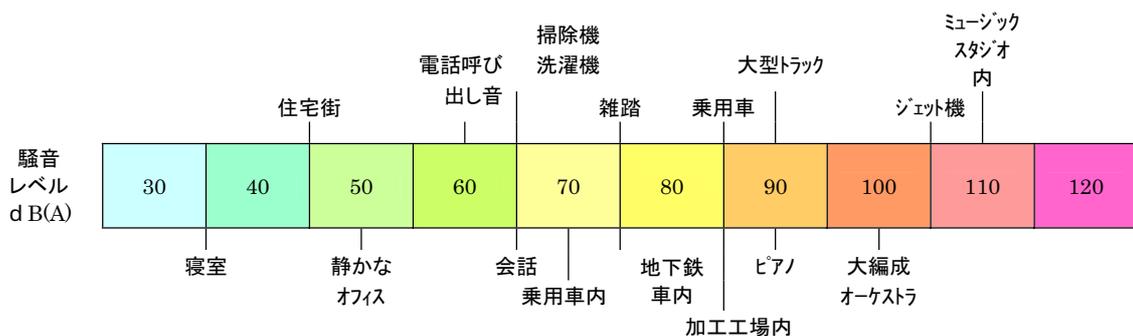


図 4.2.1-10 騒音レベルの目安

(e) 電波障害

風車のタワーやナセルは金属製であり、遮蔽や反射による電波障害を発生する可能性があるため、電波のルート等を調査し、これを避けて設置する必要がある。対象となる電波は、以下に示す電波法で定める重要無線通信やその他生活基盤上重要な電波である。

- 電気通信業務用、放送業務用、気象業務用、人命と財産の保護・治安維持用、
- 電気事業用、鉄道事業用

具体的には、テレビ局、電話局、自衛隊、海上保安庁、漁業無線中継基地、市町村の防災無線等がある。なお、周辺に民家がある場合、最も問題となるのはテレビ電波障害であり、送信地点、建設地点、受信地点の位置関係や風車規模によって変化する（今後、全面的に切り替わる予定の地上デジタル放送についても基本的に同様である）。事前の予測に基づき反射領域と遮蔽領域に居住地域が含まれないように候補地点を設定する必要がある。

(f) 動物・植物

風力発電システムの設置による動物・植物への悪影響の報告例は現時点では少ないものの、絶滅が危惧され保護を必要としている動植物種が生息するか否かを都道府県の環境課等で調査し、それらへの配慮の有無を検討する必要がある。特に希少猛禽類のイヌワシ、クマタカ、オオタカ等は、食物連鎖の頂点に位置する上位種であり特段の注意が必要とされており、その他の種と併せて必要に応じてその影響を評価することが望ましい。また、鳥の渡りの経路や中継地点との関係についても、確認・検討を行うことが必要で、関係団体との調整の必要になってくる。

(g) 景観

景観については主観的なものであるので客観的に評価するのは難しいため、立地地点周辺の自治体等が策定している景観形成方針等を参考としながら、周辺の景観との調和を図ることが望ましい。また、主要眺望地点等からの完成予想図、フォトモンタージュ等を作成して、デザイン・色彩・配置についても配慮する必要がある。

(5) 風力発電システムの導入規模の想定

候補地域に自然条件と社会条件によりフィルタをかけられた領域が、風力発電システムの建設可能なスペースとなる。

単機設置の場合、これらのスペースの中で最も風況の良い地点を選定する。風車の据付（地組み）時の占有面積は、およそ以下の程度である（図 4.2.1-11）。

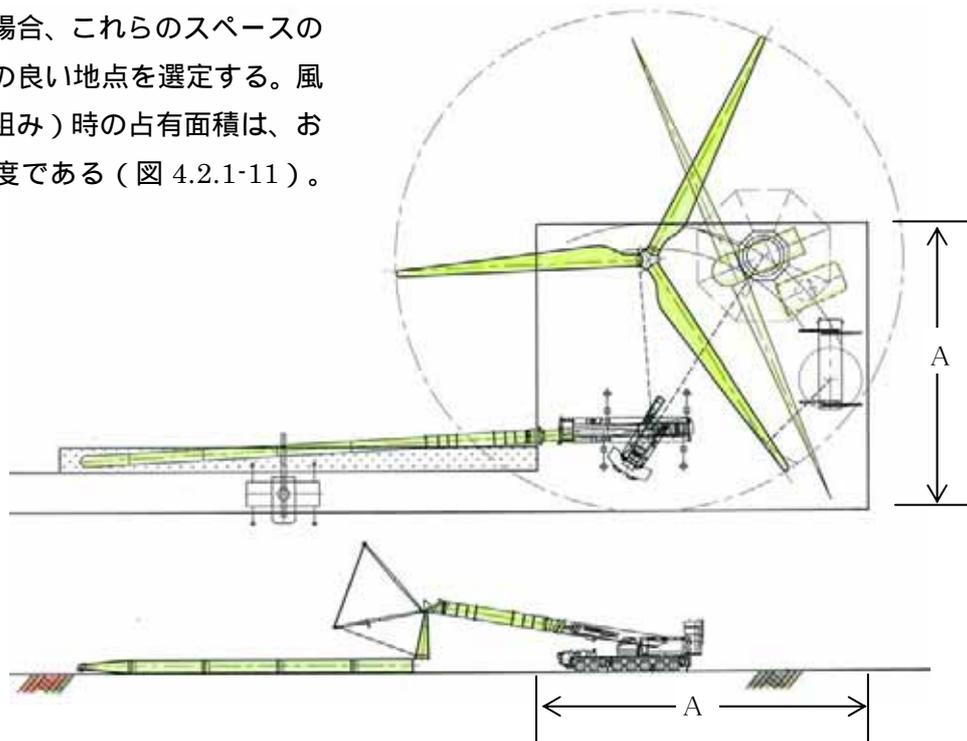


図 4.2.1-11 据付時の検討例と占有面積（資料提供：日本通運株式会社）

- 500 kW 級 : A=50 m×50 m
- 1,000 kW 級 : A=65 m×65 m
- 2,000 kW 級 : A=85 m×85 m

一方、複数台の風車を設置する場合、風車の配置は当該地域の卓越風向を考慮して決定する必要がある。風車の風下に形成される風況の乱れた領域はウェーク領域と呼ばれ、この領域に風車を設置した場合、エネルギー取得量は大きく減少する。ウェーク領域は風向と直角方向に $3D$ (D :ロータ直径)、風下方向に約 $10D$ 程度であることが、実験や実測により確かめられている。したがって、複数台の風車設置を対象とするときには、これらのウェーク領域に設置地点が入らないようにすべきである。具体的な配置例としては、図 4.2.1-12 に示すように、卓越方向が顕著に出現する地域では $10D \times 3D$ 、顕著な卓越方向が出現しない地域では $10D \times 10D$ の風車間隔を目安とすればよい。

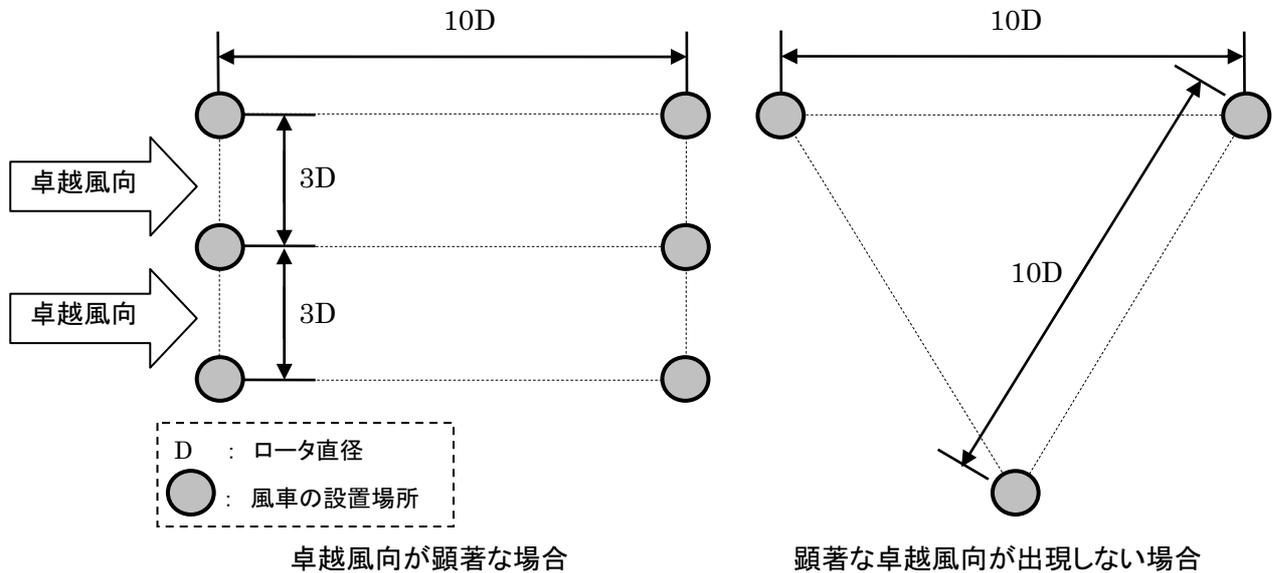


図 4.2.1-12 風車の配置方法 (複数台設置の場合)

4.2.2 風況精査

風況精査とは実際に風況観測を実施し、そのデータの解析・評価を行う風況調査のことで、風力発電システムの設置候補地点と導入規模がある程度決定できたら、その地点の実際の風況観測を実施し、導入の可能性の評価並びに最適な設置地点の選定を行う。以下に風況精査の概略を述べるが、詳細はNEDO発行の「高所風況精査マニュアル」を参照されたい。

(1) 観測方法

(a) 観測期間

風況の正確な把握には、可能な限り長期間の調査を行うのが望ましいが、NEDO 補助事業では最低でも季節の変動を考慮するため、「地域新エネルギー等導入促進事業」においては、補助要件として1年間以上の風況精査の実施が必須となっている。

ただし、助成制度の活用を前提としないのであれば、下記のような場合は代替策として、観測データを他データ等にて補う（または当該地域の年平均風速等を直接的に予測する）こともできる場合がある。

候補地点の近傍に、相関が高く且つ十分信頼できる観測データがある場合：開発予定地点での風況調査（実測）を最低でも3ヶ月以上行って（比較的風況が良好な時期で、風向出現率の偏りが極端でないことが望ましい）、相関法により1年間の風況データを推定する。

風況シミュレーションにより風況予測が可能である場合：風況シミュレーションには風況観測データに基づく方法と気象シミュレーションによる方法がある（詳細は本項(5)参照）。実施にあたっては該当地域の地形や利用可能な風況データ等を考慮して、適用可能な風況予測モデルを検討する必要がある。

(b) 観測高度

最近の風車の大型化に伴い1MW級のハブ高は60m以上、2MW級のハブ高は70～80mとなってきた。風速の高度分布はさまざまな因子が複雑に作用するため、風力発電の事業化検討のためには、理想的には風車のハブ高での観測が望ましいが*1、そのような高度における観測がスペース、費用等の面から実施できない場合があるため、例えばNEDO「高所風況精査」における観測高度は基本的には地上高40～50mとしているが、可能な限り設置風車のハブ高さで行うのが望ましい。なお、周辺に障害物がある場合は、本項(2)の観測地点で記述する方法で障害物の影響を避けるべきである。また、風速の高度分布を捉えるため、観測高度の範囲内で複層観測（例えば10m間隔で2層や3層）を実施するのが望ましい。

(c) 観測項目

観測項目は、以下とする。

- ・平均風速
- ・平均風向
- ・最大瞬間風速
- ・風速の標準偏差

観測データのサンプリング周期は1～3秒とし、平均化時間は原則10分間とする。

*1 風車のハブ高における風況観測方法として、ドップラーソーダ(可聴音)やドップラーライダー(レーザー光)による観測システムがある。今後、十分な検証を行って適用の可能性を検討する必要がある。

(d) 観測装置

ここでは、風況センサとして3杯型の風速計と矢羽式の風向計等の観測装置・器具の一覧と据付例の写真を表4.2.2-1、図4.2.2-1にそれぞれ示す。また、観測装置および設置例(30m高さ)を図4.2.2-2に示す。

なお、観測装置を据え付けた後、センサおよび記録器の正常作動を確認するため、現地において初期観測データを確認する必要がある。

表4.2.2-1 観測装置・器具

観測装置・器具		仕様
センサ	風速計	カップ式(3杯型) 観測幅: 1~60 m/s、分解能: 0.5 m/s 以内 (4.5~60 m/s)、精度: ±5% 以内
	風向計	矢羽式 起動風速: 1.5 m/s 以内、分解能: 10 度以内、精度: ±5 度以内、順応性: 12 秒以内
記録器		データロガー
観測塔	タワー	ポール、パンザマスト、トラスタワーの何れか
	アンカー	タワーのタイプおよび据付方法に基づき、強度・建築基準を満足するもの
	支線	同上
電源		系統引込線、蓄電池、乾電池、太陽電池(蓄電池又は乾電池と併用)の何れか
その他	避雷針	落雷が頻繁に発生する地域で設置(システムやタワーの接地も行う)
	保護装置・安全設備	フェンス、防水、施錠、登攀(とうはん)防止、標識、支線保護カバー



図4.2.2-1 観測装置と据付例の写真

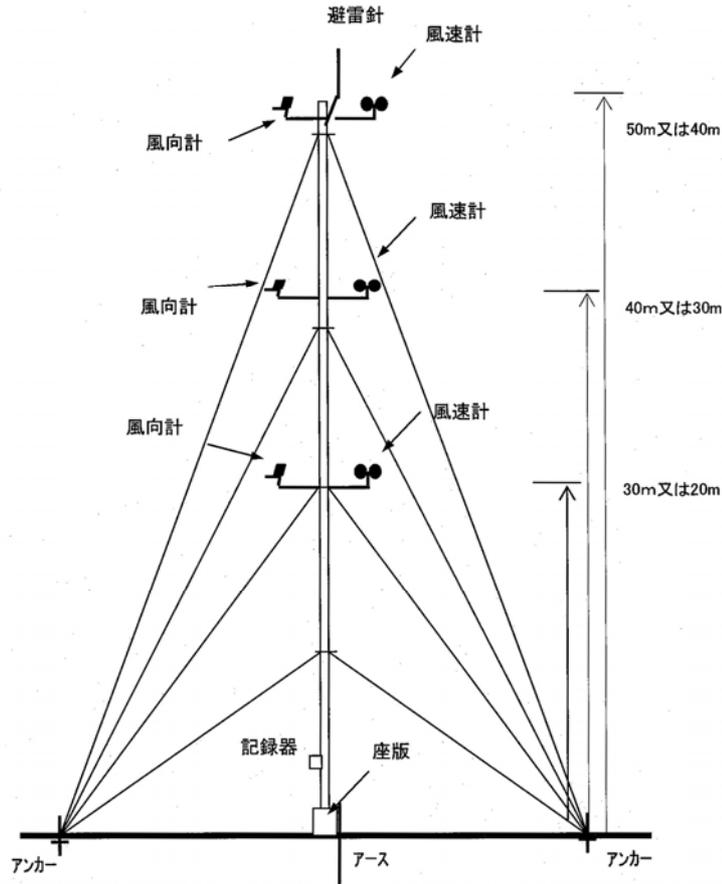


図 4.2.2-2 観測装置(50/40m タワー)

(2) 観測地点

観測地点は、単機の場合風車の設置候補地点とする。設置候補地点が多数ある場合、あるいは地点が未定の場合には、当該地域の代表的な風況特性を取得できる地点とする。

(a) 地点の代表性と地点数

観測地点数は、予定している風車の設置台数、候補地域の範囲、地形条件等を考慮して可能な範囲内で多くの地点で測定する。理想的には風車を設置する位置で測定するのがよい。

(b) 地点の配置

観測地点周辺の地形条件や障害物は、風況に大きな影響を及ぼす。候補地域において代表性のあるデータを取得するためには、これらの影響を避けなければならない。ここでは各種のケースを想定し、候補地域における観測地点の配置要領を示す。

平坦な地形で周辺に障害物がない場合

観測システムの工事難易度等を考慮して、最も工事のしやすい場所を観測地点とする。

障害物がある場合（自由度の大きなケース）

観測地点と障害物の距離を障害物の高さの 10～20 倍以上確保する。

障害物がある場合（自由度の小さなケース、 が満たせない場合）

障害物に対して主風向の風上側に観測地点を配置し、障害物から障害物の高さの 5 倍以上（最低でも 2 倍以上）離す。なお、この配置も不可能な場合には、観測高度を障害物の高さ

の2倍以上とする。

候補地域が崖の上にある場合

観測地点を崖の突端から崖の高さの10倍以上離す。

(3) 観測データの処理・解析

(a) データの処理

観測データは、解析に用いる前に異常値の確認・処理並びに均質化等の処理を行う。

データの取得率

観測データの取得率は90%以上確保し、連続欠測期間は1週間以内とする。条件を満足できない場合はの方法で補完を行う。

欠測データの補完

・バックアップデータが利用可能な場合

複層観測の一方がバックアップデータとして利用が可能な場合、相関法、風向別の指数則や風速比を用いて高度補正して欠測データを補完する。

・バックアップデータが利用できない場合

観測地点近傍のAMeDAS等の風況データを利用して、欠測データを推定し補完する。推定方法としては、相関法と風速比法があるが、相関係数が十分高い場合は相関法を用いる。なお、数ヶ月間の観測データを用いて年間データを推定する場合にも、この方法を用いる。

データの均質化

風況データに限らず気象データは年毎に変動するものであるため、より信頼性の高いデータを得るためには、観測地点と相関のある近傍の長期観測データを利用して、長期間に換算した値として利用することが望ましい。1年間の観測データによる平年補正の方法の一例を以下に示す。

(ステップ1)

風力発電候補地点周辺地域に存在する気象官署を何箇所か選定する。風力発電候補地点における1年間の風況データと同時期における気象官署の風況データとの相関解析を行う。そして、相関係数の最も高い地点を抽出する(相関係数は0.8以上あることが望ましい)。

なお、いずれの気象官署とも良好な相関が認められなかった場合には、各気象官署の周辺状況、年平均風速のトレンド(長期変化傾向)を吟味して地点を抽出する。

(ステップ2)

抽出された気象官署における長年の年(月)平均風速と観測年の年(月)平均風速の風速比を求め、これから風力発電候補地点における長期年平均風速を推定する。

【留意事項】

- ・ 全国の気象官署で使用されていた風向・風速計が、1975年1月1日以降、3杯型から風車型に変更され、その前後で風況データの断絶があることから解析対象期間の開始時期には注意が必要である。
- ・ 気象観測所の移転、風向・風速計の観測場所の移設・観測高の変更等の有無や実施時期について注意が必要である。

- ・ 解析にあたって、気象官署の風況データの特性(年平均風速のトレンド、周期性)を捉えておくことと、気象官署の風況観測施設、周辺状況等について現地調査をすることが望ましい。
- ・ 気象官署の対象データ数が多いほど推定誤差は小さくなる。例えば、年平均風速のデータ数の相異による変動幅は、平均化年数の5年、10年、15年および20年の順に6~9%、3~5%、1~2%および1%となり、変動幅は $1/n^{1/2}$ (n:年数)に比例して小さくなる。

(b) データの解析

風力発電導入の可能性の評価並びに風車設置地点の選定を行うための、データの解析内容としては、風況に関するものと風力エネルギーに関するものがある。表 4.2.2-2 に最低限必要な解析内容を示す。解析に用いる風向風速のデータは、10分平均値に基づく1時間平均値(風速は算術平均、風向はベクトル平均によって算出)を基本データとする。

表 4.2.2-2 解析内容

	項目	期間	目的	算出方法
風況	平均風速	年月	風速の概要を評価する。	平均風速 = $\frac{\text{対象期間の全1時間平均値の合計}}{\text{データ数}}$
	風速出現率	年間	風速の出現率(頻度分布)から風速の出現特性を評価する。	風速階級を1 m/s 間隔に設定し、各階級の出現率を算出する。
	風向出現率	年間	風向の卓越状況を明らかにする。	全風向を16方位に分割し、平均風向を累積する。
	風向別平均風速	年間	集合型風車の配列を検討するために、主風向を明らかにする。	方位ごとに1時間平均風速に基づく算術平均を行う。
	風向別風速出現率	年間	集合型風車の配列を検討するために、主風向を明らかにする。	方位ごとに各風速階級(1 m/s 幅)の出現率を算出する。
	風速の時間的変動	日間 年間	風車の運転計画を検討するために、風速の時間的変動特性を評価する。	時間ごとおよび各月の平均風速を算出し、その推移を図表によって明らかにする。
	乱れ強度	年間	風速の瞬時の変動特性および風速変動の大きな風向を明らかにする。	全風速および方位別風速に対して算出。 乱れ強度 = 風速の標準偏差 / 平均風速
	風速の鉛直分布	年間	ある高度の風速を予測するためのべき指数を算出し、風速の鉛直分布を明らかにする。	下式に各観測高度とその風速値を代入し、最小二乗法により算出する。 $V / V_1 = (z / z_1)^{1/n}$
風力エネルギー	風車の稼働率	年間	風車の稼働状況を評価する。	風速出現率を高風速側から累積して累積出現率を求め、下式より算出する。 稼働率 = カットイン風速以上の累積出現率 - カットアウト風速以上の累積出現率
	エネルギー取得量(年間発電量)	年間 月別	風車によって取得できる風力エネルギー量を評価する。	風車の出力曲線と風速出現率に基づき、風速ごとのエネルギー取得量(年間発電量)を累積する。
	風車の設備利用率	年間 月別	風力発電導入の可能性を評価する。	設備利用率 = $\frac{\text{エネルギー取得量}}{\text{定格出力} \times \text{対象期間の時間数}}$

(4) 評価

風況観測データの解析結果に基づき、候補地点での風力発電導入の可能性の評価を行う。その際の評価の目安として主なものを以下に示す。

(a) 風況に関する評価

風力発電に適した風況は、風車のエネルギー取得量の観点から、平均風速が高く、風向が安定しており、乱れ強度が小さいことである。

平均風速

事業を検討する目安は、地上高 30 m での年平均風速が 6 m/s 以上であることが望ましい。

風向出現率

風軸上の年間風向出現率が 60%以上であれば、風向は安定していると評価できる。

なお、風軸とは 16 方位の風向を対象に、主風向とその隣にある 2 風向およびこれらの風向と対称となる風向の合計 6 方位を呼ぶ。

乱れ強度

乱れ強度は地形条件の影響を大きく受けることから一概に基準化することは難しい。一般的に地形により概ね 0.1 ~ 0.3 の範囲でバラツキを示すことが多い。

乱れ強度が IEC 基準 (4.2.1 項(3)- 参照) と比較して大きい場合には、設置場所の再検討を行うか、または機種選定に際して風車メーカーに設計条件を確認することが重要である。

(b) エネルギーに関する評価

風力エネルギー密度

年間の風力エネルギー密度は地上高 30m で 240W/m²以上あることが望ましい。

風車の設備利用率

年間設備利用率が 20%以上であることが望ましい。ただし、正味年間発電量の算出に当たっては、利用可能率は故障時の修理体制等から 90 ~ 95%程度、出力補正係数は平坦地で 95%、複雑地形で 90%程度を考慮することが望ましい。

(5) 風況シミュレーション

複数の風力発電機の建設が計画されているウィンドファームの風向・風速の発生頻度や年間風力発電量を予測するために風況シミュレーションを使用する。風況シミュレーションには、風況観測データに基づく方法と気象シミュレーションによる方法がある。これらの概要について以下に示す。

(a) 風況観測データに基づく風況予測

風況観測データを使用する風況予測モデルは、欧米で開発された線形風況予測モデルと複雑地形上の流れ場の予測が可能な非線形モデルがある(表 4.2.2-3)。

表 4.2.2-3 線形モデルと非線形モデルの比較

項 目	線形モデル	非線形モデル
解析領域	基準点から 10km 以内	制限なし
精度	基準点の観測が正しければ平坦値では良い精度	原理的に線形モデルより高い精度
適応可能な地形	複雑地形（はく離が生じるような地形）や 5%以上の傾斜地で誤差が大きい	制限なし
計算時間	一般に短い	一般に長い（全計算に数ヶ月要する場合もある）

線形風況予測モデルは、流体力学の基礎方程式であるナビエ・ストークス方程式を線形化することにより、少ない時間で安定した風況予測が可能である。しかしながら、線形境界層方程式による線形モデル(WAsP^{*3}, AVENU等)は、平坦地形(傾斜角 5 度未満)であれば適用可能であるが、複雑地形や傾斜度の大きな斜面を有するような地形(特に、傾斜角 20 度超)では、風のはく離現象を再現することができないため、予測誤差が大きいとされている。

一方、非線形風況予測モデルは、ナビエ・ストークス方程式を線形化しないで直接解くことにより風のはく離現象を再現でき、複雑地形上の流れの場を高精度で予測可能である。同モデルのひとつである MASCOT は風況観測データを用いて複雑地形条件下の風力発電量の予測に使用されている。

(b) 気象シミュレーションに基づく風況予測

風力開発を進める上で、迅速化の観点から風況観測データに基づかない高精度な風況予測手法の確立が求められている。近年の天気予報技術の進歩に伴い気象シミュレーションに基づく風況予測が可能となっており、そのメソスケールモデルとしてLAWEPS^{*4} (NEDO)、LOCALS(伊藤忠テクノソリューションズ(株))、CreSS(高度情報科学技術研究機構)等があげられる。

本手法は、全球モデルの客観解析値（例：GPVデータ(Grid Point Value:3次元の格子点気象データで水平方向のメッシュ間隔は地上約 20km、上空約 40km)）を初期条件として、メソスケールモデルを用いて水平 1km程度のメッシュ間隔で 1 年間の風況予測を行う。その結果を基にマイクロスケールモデルである非線形風況予測モデル（ $k-\epsilon$ モデルを基本とする工学モデル(大林組・名古屋工大等がある)）を用いて微細地形下の風況を予測し、風力発電量を求めるものである。なお、LAWEPSは気象モデル(ANEMOS:日本気象協会)と工学モデル(大林組・名古屋工大)を組み合わせて作成されたモデルで、3.2.3項で概要を示しているようにNEDOにより研究開発された複雑地形にも適用可能なモデルである。

*3 : WAsP モデルは Risoe 研究所から直接購入が可能である。

Risoe National Laboratory : Wind Energy and Atmospheric Physics Department, PO BOX 49, DK-4000, Roskilde, Denmark Tel. +45 4677 5000 Fax. +45 4677 5470

ホームページ : <http://www.wasp.dk/>

*4 : LAWEPS モデルを用いた局所風況マップについては NEDO のホームページから閲覧でき、500m メッシュの高度別年平均風速データもダウンロード可能である。工学モデル計算システムは LAWEPS の開発を行った(財)日本気象協会等から工学モデル計算用 2 次領域データとともに実費配布を行っている。

(財)日本気象協会 首都圏支社営業部

お客様課(Tel. 03-5958-8147 Fax.. 03-5958-8144) E-mail:sales@jwa.or.jp

© NEDO 新エネルギー技術開発部(Tel. 044-520-5273 Fax. 044-520-5275)

4.2.3 基本設計

風況精査の結果、候補地点での風力発電システム導入の可能性が見込まれ、概略の経済性検討を経て事業が成立することが期待でき、また地域住民の理解と協力が得られる見通しがたち、導入することが決定したら、風車設置地点や風車規模を設定するため基本設計を行う。

基本設計の手順は、以下のとおりである。

風車設置地点の決定

風車規模の設定（容量、台数、配置）

機種を選定

環境影響評価

測量調査・土質調査

経済性の検討

なお、系統連系や余剰電力の売電については、導入の可否および経済性に大きく影響する可能性があるため、設置地点、風車規模および機種等がある程度固まった段階で電力会社へ系統連系や余剰電力の取り扱いについて事前協議の依頼および相談を行っておくことが必要である。2003年4月から「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS法）」が施行され、電力会社によっては風力発電に対して電気（電力価値）と新エネルギー等相当量（環境価値）を分離して買い取る場所もあるので、できるだけ早い段階から電力会社と相談することが望ましい。

(1) 風車設置地点の決定

風車設置地点については、風況精査による結果、地形条件、系統連系する送・配電線までの距離、輸送路状況および騒音・電波障害等の環境影響を考慮して、経済性も含めて最適な位置を決定する。

(2) 風車規模の設定（容量、台数、配置）

以下の手順により、最適風車規模を設定し、風車配置計画を立てる。

総出力規模（容量）の想定

調達可能予算、系統連系する送・配電線状況（距離、容量、主要負荷等）を基に風車の総出力規模の想定を行う。

風車規模および台数の想定

総出力規模、設置スペースに基づき風車規模と台数の想定を行う。

概略経済性の評価

の想定および送・配電線、輸送路、環境影響等の社会条件に基づき概略コストを算出するとともに、発電量を推定し、これより発電コストを算出して概略経済性の評価を行う。

最適風車規模の設定および風車配置

概略経済性の評価が満足できる結果となるよう ～ を繰り返すことにより、最適風車規模を設定し、風車配置計画を立てる。

(3) 機種を選定

機種を選定は想定した風車規模の発電機を販売しているメーカー数社に想定している風力発電システムの仕様を提示して引き合いを行う。見積仕様書には実測した1年間の風況データを提出して年間発電量の提示を受けるようにするのが望ましい。数社から受領した見積書、風力発電システムの仕様および年間発電量等から機種を選定する。

機種を選定にあたって比較表を作成して数値評価する方法もあるので、その項目と留意点の一例を下記に示す。

見積金額：資金調達と返済方法を考慮して経済性の項で評価。

風車の仕様と諸元：ハブ高さ、ブレード直径、発電機姿図等で景観を含めて主観的部分。

風車の出力特性：提示した風況データに基づく発電量と想定される売電単価から経済性の項で評価、発電量は項で利用可能率、出力補正係数等の性能保証項目を考慮。

自然条件への対策：ブレードや制御機器・電装品の落雷対策や強風対策、沿岸部では塩害対策の有無。

系統連系：系統連系に伴う電力会社の工事金額で機種によらず同額と仮定するが、系統の容量、発電機型式によっては電圧調整用の機器等が必要になることもあり、その場合は経済性の項で考慮。

記録・計測監視設備：運転監視に必要な記録・計測設備の他にメーカーまたはメンテナンス会社で遠隔監視が可能なメーカーがあるので必要に応じて考慮(利用可能率の向上等)。

メンテナンス：年間の交換部品を含む定期修理費用の他に故障時の対応体制の他に、例えばおよそ10年目のブレードの簡易補修、塗装費用等の大掛りなメンテナンス費用。

機械保証・性能保証：機械保証の期間や利用可能率や出力補正係数の検証の方法と保証内容(保証又は推定利用可能率と出力補正係数を考慮して発電量を算定)。

実績：同一機種の国内実績が多いほどメンテナンスに習熟し、予備品等の在庫が充実。

経済性：見積金額に対する借入金の返済方法、年間発電量と売電単価、メンテナンス費用の他に電気主任技術者の委託費用、損害保険費用、各種税金等を考慮して事業期間を通じた収益等で比較。

なお、自治体等が機種選定を行う一般的な例としては、機種選定委員会を開催し、評価項目に重みを付け(例えば、経済性は40点、メンテナンスは10点等)、評価項目ごとに機種別に採点(優=5、良=4、可=3、不可=1等)を行い、重み付けと採点を乗じて機種毎に合計する方法があり、定量化による評価が行える。

採点方法は機種選定委員会全体として項目ごとに委員の意見を聴取して一つにまとめる方法と委員各位が採点して、合計する方法などが考えられる。

また、採点と内容の確認を行うために、総得点の高い上位数社に対し選定委員会を開催してヒアリングを行い、さらに、最終評価上位の2社に対して詳細ヒアリング等を実施し、不明な点や更なる提案を受け、最終的に機種を選定する方法もある。

(4) 環境影響評価

風車設置に関して環境影響評価を実施すべき主な項目としては、騒音、電波障害、生態系、景観等があげられる。以下にこれらの環境影響評価方法の概略を述べる。なお、ウィンドファームの一般的な例として、NEDO より総出力規模 10,000kW 程度以上の大規模施設を対象として「風力発電のための環境影響評価マニュアル(2006)第 2 版」が発行され詳細な解説がされているが、10,000kW 未満の施設についても同マニュアルを参照することが望ましい。また、地域ごとの個別の評価が必要な場合も増えており、福島県、兵庫県、島根県などでは風力発電を県の環境影響条例の対象とされ、また市町村レベルでも風力発電施設の設置に関するガイドラインを策定している自治体もあるため、個別に当該地域の最新の情報を確認されたい。

(a) 騒音

i) 検討の手順

現況調査

風車設置による影響を正しく把握するために、対象地域における現況の騒音レベルの測定、評価を行う。

風車騒音の予測

風車設置後の騒音レベルについて、現況騒音レベルと選定された機種に基づく騒音レベルの合成により予測し、評価を行う。

ii) 現況調査

測定対象

測定対象とする騒音は、対象地点周辺の環境騒音(測定する場所における総合された騒音)とする。

測定場所

測定点は、設置予定地を中心におおむね 500 m 以内で、対象地域の騒音を代表すると思われる地点又は騒音に係る問題を生じやすい地点(最寄りの民家等)を選定する。

測定は建物等の反射物からなるべく 3.5 m 以上離れ、地上 1.2 ~ 1.5 m の高さにおいて実施する。沿道での測定となる場合には、車道と歩道の区別がある区域では車道側の歩道端、区別がない区域では車道端において測定する。

測定時刻

測定時刻は基準時間帯(昼:6時~22時、夜:22時~翌日6時)の2時間帯を対象とし設定する。

測定方法

測定は、JIS Z 8731 に定める「騒音レベル測定方法」又はこれに準ずる方法による。

・測定機器

測定機器としては、直接または計算によって等価騒音レベルを算出できるものを用い、JIS C 1505 に定める精密騒音計又はこれらと同等以上の性能を持つ少なくとも JIS C 1502 に定める普通騒音計に適合する測定器と JIS C 1512 に適合するレベルレコーダとの組み合わせ、あるいはこれと同等の処理が可能な測定機器を用いることを原則とする。騒音測定機器の構成を図 4.2.3-1 に示す。

なお、強風によるノイズの発生が予想される場合には、全天候型防風スクリーンを併用することが望ましい。

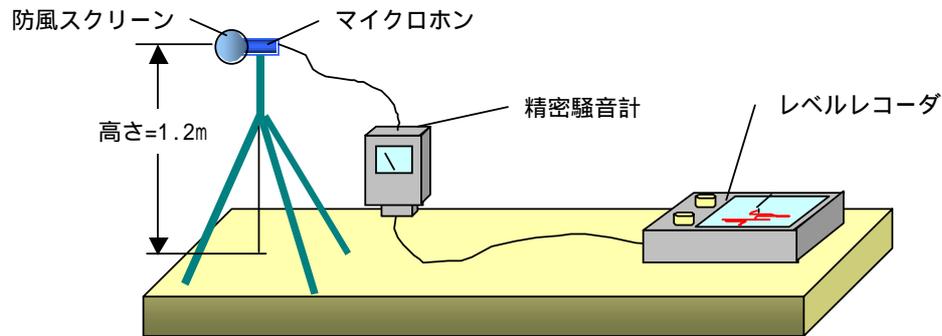


図 4.2.3-1 騒音測定機器の構成

・測定方法

1 回の測定につき、原則として 10 分以上測定し、レベルレコーダの記録から読み取る場合は測定値の個数は 50 ないし 100 個を目安とする。これを 1 時間ごとに 1 回以上行い、24 時間の毎時のデータを取得する。航空機騒音・鉄道騒音および建設作業騒音等の特定音源に起因する騒音や、対象地域に恒常的には存在しないと考えられる騒音は、測定時にチェックしておき、分離できるよう配慮する。

・測定結果の処理

騒音計指示値に基づく累積度数分布より等価騒音レベル $L_{Aeq,T}$ を求める(添え字Tは時間を表し、例えば、10 分間を対象とする場合は $L_{Aeq,10min}$ と表す)。また、同時に時間率騒音レベル L_{AN} (L_{A5} 、 L_{A10} 、 L_{A50} 、 L_{A90} 、 L_{A95} ：添え字Nは対象とする時間TのN%を表し、例えば L_{A50} とは 10 分間を対象とする場合 50%の 5 分間に亘って騒音レベルを超える値)を併記する。

測定値の評価

環境騒音の評価は、原則として表 4.2.3-1 に示す「騒音に係る環境基準について」(平成 10 年環境庁告示第 64 号)に従う。評価対象となる地点において地域類型指定がなされていない場合には、周辺地域の状況より適切と考えられるものを選定する。環境基本法(平成 5 年法律第 91 号)第 16 条第 1 項の規定に基づく騒音に係る環境基準について、次のように告示されている。

表 4.2.3-1 騒音に係る環境基準

地域の 類型	基準値	
	昼間	夜間
AA	50 デシベル以下	40 デシベル以下
A および B	55 デシベル以下	45 デシベル以下
C	60 デシベル以下	50 デシベル以下

(注) 1.時間の区分は、昼間を午前6時から午後10時までの間とし、夜間を午後10時から翌日の午前6時までの間とする。
 2.AAを当てはめる地域は、療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域等特に静穏を要する地域とする。
 3.Aを当てはめる地域は、専ら住居の用に供される地域とする。
 4.Bを当てはめる地域は、主として住居の用に供される地域とする。
 5.Cを当てはめる地域は、相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域とする。ただし、次表に掲げる地域に該当する地域(以下「道路に面する地域」という)については、表 4.2.3-1 によらず表 4.2.3-2 の基準値の欄に掲げるとおりとする。

表 4.2.3-2 道路に面する地域の騒音にかかわる環境基準

地域の区分	基準値	
	昼間	夜間
A 地域のうち 2 車線以上の車線を有する道路に面する地域	60 デシベル以下	55 デシベル以下
B 地域のうち 2 車線以上の車線を有する道路に面する地域および C 地域のうち車線を有する道路に面する地域	65 デシベル以下	60 デシベル以下
備考) 車線とは、1 縦列の自動車及安全かつ円滑に走行するために必要な一定の幅員を有する帯状の車道部分をいう。この場合において、幹線交通を担う道路に近接する空間については、上表にかかわらず、特例として表 4.2.3-3 の基準値の欄に掲げるとおりとする。		

表 4.2.3-3 幹線交通を担う道路に近接する空間の騒音にかかわる環境基準

基準値	
昼間	夜間
70 デシベル以下	65 デシベル以下
備考) 個別の住居等において騒音の影響を受けやすい面の窓を主として閉めた生活が営まれていると認められるときは、屋内へ透過する騒音に係る基準(昼間にあっては 45 デシベル以下、夜間にあっては 40 デシベル以下)によることができる。	

iii) 風車騒音の予測

予測方法

・ 予測式

風車が単独で設置された場合の騒音レベルについては、以下に示す騒音予測式またはこれに準ずる方法に基づき予測を行う。下式は、風車を半自由空間における点音源と仮定し距離減衰状況を推定するものである。

$$L_n = L_{WA} - 20 \log_{10} r - 8 - \Delta L_{air}$$

L_n : n 番目の風車から水平距離 I m 離れた地点の騒音レベル[dB]

L_{WA} : 風車の A 特性パワーレベル[dB]

r : 風車から騒音予測地点までの直線距離[m]

$$r = (I^2 + h^2)^{1/2}$$

I : 風車から騒音予測地点までの水平距離[m]

h : 風車ブレード中心までの高さ[m]

ΔL_{air} : 空気吸収の補正值[dB]

$$\Delta L_{air} = \alpha r \quad \alpha = 0.005 \text{ [dB/m]}$$

なお、上式による予測値は、以下による予測誤差を含むものであるため注意が必要であり、検討の際には極力安全側を考慮すべきである。

➤ 半自由空間を仮定していることによる誤差：音源が半球の中心 (= 地表近傍) にあると仮定しているが、実際の風車のハブ高は数 10m に及ぶため、特に風車の近傍においては誤差が

大きいと考えられる（予測値は過大評価となり安全側に働く）。

- ▶ 点音源とみなすことによる誤差：風車の音源としてはナセル内の増速機（主軸周り）が主であるが、ブレード先端の風切り音や、機種によってはタワー基部に設置されたインバータ・冷却系等の音も存在し、点音源とみなした場合、これら発生場所の影響は考慮されない。
- ▶ 空気吸収の補正值の影響：騒音の距離減衰は、実際には気象条件（気温、空気密度、風向・風速等）の影響を受けるため一様ではない（安全側を見る場合は、 ΔL_{air} を0としてもよい）。

・騒音レベル合成

風車が複数基設置される場合は、それぞれの風車から発生する騒音レベルを前述の式にて計算し、これを次式で重合することによって予測地点の風車による合成騒音レベルが求められる。

$$L_{pA} = 10 \log(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10})$$

L_{pA} : 予測地点における騒音レベル[dB]

L_n : n番目の風車による騒音レベル[dB]

また、風力発電所の稼働後における将来の騒音レベルは、上で求めた風車設置による騒音レベルと現況騒音レベル（暗騒音）を以下の式により合成することによって得られる。

$$L = 10 \log(10^{L_{\text{Aeq}}/10} + 10^{L_{pA}/10})$$

L : 風車設置後の騒音レベル（合成騒音レベル）[dB]

L_{Aeq} : 現況騒音レベル[dB]

L_{pA} : 風力発電機による騒音レベル[dB]

予測の評価

我が国では、風車の騒音の基準値を定めている福島県など一部地域ではその基準値を目安とするが、定められていない地域では居住者への影響の程度を検討するため、「騒音に係る環境基準」等を風車騒音評価の目安として準用することが妥当といえる。風車設置後の騒音レベルの予測結果が環境基準を満足しているか、風車騒音が現況の騒音をどの程度押し上げるかを評価する。

(b) 電波障害

風車設置に伴い生じる可能性のある電波障害のうち、最も一般的で生活環境上問題となるものはテレビ電波障害であり、ここではこれを対象として述べる。なお、他の電波障害が生じる可能性のある施設が周辺に存在する場合には、総務省の各管轄地域の総合通信局「電波伝搬障害」担当部署に問い合わせるなど、別途検討する必要がある。また、将来地上デジタル放送に全面的に切り替わる予定であるが、同放送は地上の放送局から UHF で放送され、従来同様に各地域の放送局にアンテナを合わせて受信するため、基本的には同様の検討が必要である。

以下の調査・予測は、一般に(財)NHK エンジニアリングサービス並びに(社)日本 CATV 技術協会の調査業務を実施している会員会社が実施している。

i) 検討の手順

想定障害範囲の予測

一般建築物の電波障害予測に使用されている予測式を用い、必要なパラメータとして経験的な値を採用することにより、概略の障害範囲を予測する。

現地調査

で求めた想定障害範囲を基に調査地点を設定し、現地調査を行う。

電波障害予測

調査結果に基づくパラメータ値を再度予測式に適用して障害範囲を予測し、障害評価を行う。

ii) 現地調査

調査地点

事前予測により遮蔽障害、フラッタ障害（電波の強さが時間的に変化し画面の明るさやゴーストが安定しない）ならびに反射障害地域を想定し、その範囲を基礎として調査地点を選定する。

遮蔽障害想定地域における調査地点数は、原則として 30～50 m 四方に 1 地点程度選定する。選定に当たっては、遮蔽障害範囲だけでなくその近傍も含める。

反射障害想定地域調査における地点数は、原則として 100～1,000 m 四方に 1 地点程度選定する。選定に当たっては、反射障害範囲だけでなくその近傍も含める。

測定項目

原則として、地域で受信されている全チャンネルを対象として、受信画像、端子電圧、その他必要に応じてゴーストの測定を行う

測定方法

・測定機器

原則として、テレビ受信機、端子電圧測定器およびアンテナより構成されるものを標準とする。必要に応じ、ゴーストアナライザ（PDUR 計）の機器を接続する。調査には、図 4.2.3-2 に示す測定機器を積載した電波障害測定車を用い、路上において地上 8～12 m のアンテナポールを延ばして行う。

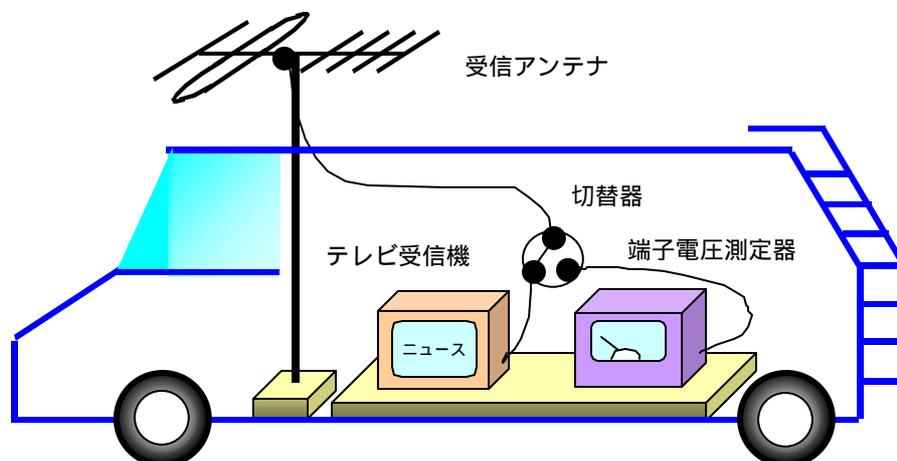


図 4.2.3-2 測定機器の構成

・受信画像調査

市販のテレビを使用し、表 4.2.3-4 に示す基準で画質評価を行い、画面を写真で記録する。

・端子電圧調査

画質評価と同時に測定し、一般に 75 Ω 終端尖頭値を 1 μV (0 dB) を基準としたデシベル表示に換算して表示する。

表 4.2.3-4 画像評価基準

5段階 評価基準	現地調査 評価表示	画像状況	
5	A	妨害なし	きわめて良好
4		妨害があるが気にならない	
3+	B	妨害があるが邪魔にならない	良好
3	C	妨害があり気になる	おおむね良好
3-	D	妨害があり邪魔になる	不良
2	E	妨害がひどく画にならない	きわめて不良
1		受信不能	

資料：「建造物による受信障害調査要領」、(社)日本 CATV 技術協会

iii) 障害予測

予測方法

TV 電波障害の予測は、現地調査結果に基づくパラメータ値を適用して、「風力発電設備によるテレビ受信障害の予測検討方法」により障害範囲を予測する。一般に、遮蔽障害は遮蔽損失が 2～10dB となる範囲、反射障害は DU 比が 30 dB 以下になる範囲が目安とされる。原則として、予測した障害範囲が住居と重なることをもって障害発生の基準とする。

障害判定基準

障害の判定については、以下の 2 つの目安がある。

・建設事務次官通知

受信チャンネルの何れか一つについて、受信品位が 5 段階評価の 3 以上のランク (実用レベル) から 2 以下の評価ランクにまで低下する場合、ないし個別の事情があるものにあつては、3 以上の評価ランクから 3- になる場合。

・(社)日本 CATV 技術協会の手引き

事後の受信状況が、ゴーストおよびスノーノイズによる妨害別評価で 3 以下であり、かつ事前・事後の相对比较で半ランク以上劣化した範囲

なお、テレビ電波障害の発生が予測された場合は、共聴アンテナや CATV の設置による対策も考えられ、コストアップにはなるが、設置地点の変更が困難な場合や地点・配置の変更による他のコストアップが想定される場合には、有効な対策となりうる。

(c) 生態系

風力発電システムの建設に先立って検討すべき事項は基礎の造成や輸送路の拡幅・新設する場合の伐採等による動物の生息および植物の生育環境に対する影響と回転するブレードへの

鳥類の衝突(バードストライク)等である。

特に、絶滅が危惧されている動物・植物については都道府県の環境課で情報を入手して調査する必要がある。さらに、希少猛禽類や渡り鳥については地域の自然保護団体、鳥獣専門家、地方自治体等と連絡を取って生息を脅かさないための対策をとりながら計画を進めることが望ましい。

i) 調査項目

対象地域における動物・植物を対象として、以下の項目の調査を行う。

哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類、昆虫類に関する動物相の状況

植物相および植生の状況

重要な種および注目すべき生息地の分布、生育の状況および生活環境

特に、重要な種および注目すべき生息地は「文化財保護法」、「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」、「レッドデータブック」および「レッドリスト」（環境省および地方公共団体）、「自然環境保全基礎調査」（環境省）等を調査する。

鳥類保護・保全の観点から重要と考えられる猛禽類の営巣地、餌場、渡りのルートおよび中継地点、餌場と休息地の移動ルート等を調査する必要がある。

生息環境の状況については、生息分布域を主体とする植生、地形、土壤に係る自然環境を調査する。

ii) 調査方法

基本的な調査方法としては文献調査や現地調査がある。

文献調査は上述した各種資料のほかに、必要に応じて、専門家や保護団体等からの科学的知見の聴取等による。インターネット等を用いた環境影響評価情報支援ネットワーク（環境省）や大学等の図書館データベース、科学技術データベース（JOIS、JICST、DIALOG等）等も有用である。

現地調査は生物相によって異なるが調査地域、調査地点、調査期間等を適切に設定し、調査による環境影響を少なくするための調査手法に配慮する必要がある。

調査地点

動物相や植物相、植生に関する現地調査では、事業の実施により改変される範囲およびその周囲を対象とする。一方で行動圏の広い猛禽類の営巣地や渡りのルートに関する現地調査では、周辺部も含めて広く見渡すことができる調査定点を複数点設置する。

調査方法

動物相や植物相、植生に関する現地調査では、調査範囲内を任意に踏査する方法が用いられる。一方で猛禽類の営巣地や渡りのルートに関する現地調査では、周辺部も含めて広く見渡すことができる複数の調査定点を設置することによって観察する定点調査法が用いられる。

iii) 影響予測

予測方法

事業の実施に伴って予想される影響評価は、直接的損傷を受ける区域および生息環境の変化が及ぶと考えられる区域を推定し、重要な種および注目すべき生息地あるいは生育地への影響の種類（死滅、逃避、生息・繁殖阻害、生育域の減少等）を定性的に推定する。

評価基準

予測の結果に基づいて適切な環境保全対策・代償措置を検討し、事業者の実行可能な範囲内で環境影響が回避・低減されているかどうかを評価する。

(d) 景観

i) 調査項目

対象地域における以下の項目の調査を行う。

主要な眺望点、景観資源の現況

風車の有無による景観の相違

風車規模、タイプ、色彩等の変化に伴う景観の相違

ii) 現地調査

調査地点

周囲の地形の状況、眺望点および景観資源の分布状況、地域の視程等を勘案して、調査地域内の主要な眺望点を選定する。

調査方法

調査地点における景観の特性や社会環境を踏まえて適切で効果的な時期を選定し、主要な眺望点における現況撮影を行う。撮影にあたっては、現地で実際に見たときの視覚的認識にできる限り近い状況を再現することを基本とする。

iii) 景観予測

予測方法

スケッチ、フォトモンタージュ、CGアニメーション等適宜方法を選択して、配置・デザイン・色彩等を配慮した完成予想図を作成する。

評価基準

評価に際しては、周辺の自治体等が策定している景観形成方針などを参照するとともに、評価に客観性を持たせられるように、多くの人の意見を参考にすることが望ましい。

(5) 測量・土質調査

(a) 測量調査

測量調査は設置予定地の既存地形資料の収集および現地測量等を行い、周辺地形の形状を把握することを目的とする。

調査地点、調査範囲は、地形形状と風力発電システムの規模、種類に応じて定め、基準点測量、水準測量を実施し、平板測量あるいは航空写真測量により地形図を作成し、風力発電システムおよび取付け道路の平面計画を策定する。その後中心線測量、縦横断測量を実施する。

(b) 土質調査

土質調査の目的は、設置予定地の既存資料の収集および地質・土質調査を行い、対象地の地盤の性状および構造等を把握することである。

調査地点、調査間隔および地盤の調査深さは、設置予定地の自然性状(地震強度、強風特性)、推定される地盤状況および風車規模、種類に応じて決定する。調査内容は地盤の状況に応じて

現位置試験、土質試験、接地抵抗試験を行い、支持力・沈下特性ならびに基礎工事および避雷対策の施工に必要な地盤の性質を求める。また改正建築基準法の施行に伴い、孔内水平載荷試験、PS検層等時刻歴応答解析を行うための調査も行う。地下水に関しては、各地層別に水位を測定し必要に応じて透水係数を測定する。なお、調査結果から液状化の可能性があると判断される場合は、対策工事の内容を検討する。土質試験、現位置試験の調査方法は日本工業規格および地盤工学会の定める所に従う、併せて「土質試験法、土質調査法（地盤工学会）」を参考にすることが望ましい。

(6) 経済性の検討

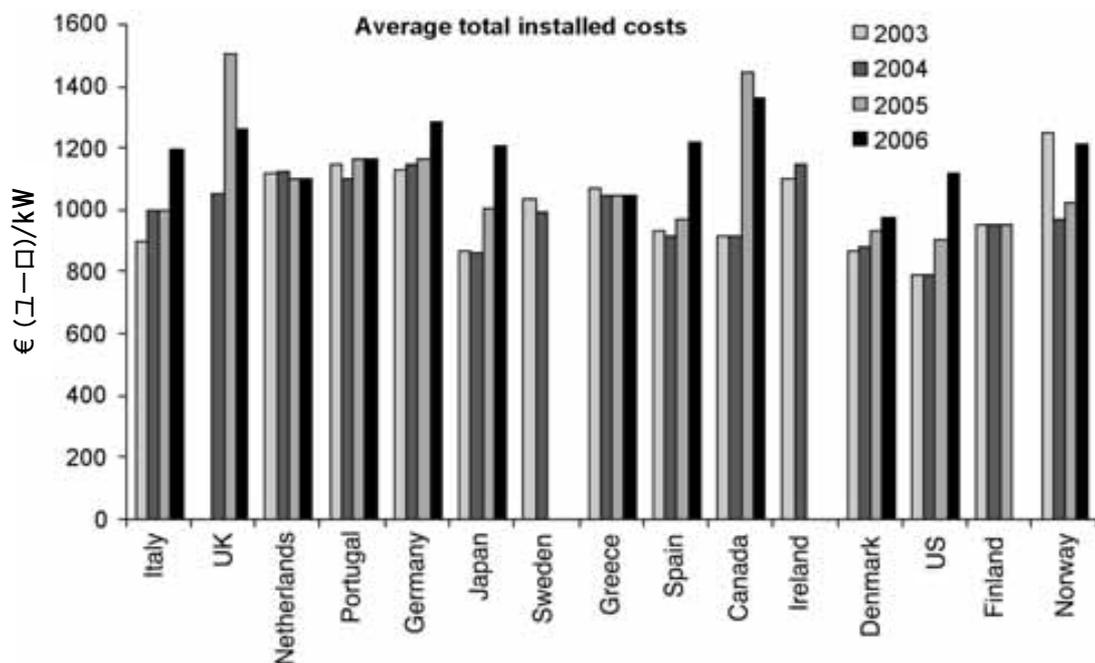
(a) 建設コストと運転保守費

i) 建設コスト

風力発電システムの建設に必要なコストは、風車本体、電気設備、土木工事（整地、基礎、仮設道路等）、風車据付工事、電気工事の費用等から構成される。また、連系する系統の状況によっては、別途、電力会社への工事費負担金が必要となる。建設コストには一般的にかなりの幅があるが、その原因としては、下記項目等があげられる。

- ・ 電力会社、地方自治体、民間企業等の導入主体と導入目的の違い
- ・ 導入規模の違い
- ・ 導入機種（国産機、輸入機）の違い
- ・ 設置場所の立地条件の違い

参考として、2003年～2006年におけるIEA関係国における風力発電システムの建設コストの推移を図4.2.3-3に示す。これによれば、日本も含め多くの国で建設コストは上昇傾向にあることがわかる。



出典：IEA Wind Energy Annual Report 2006

図 4.2.3-3 各国の風力発電システムの平均建設コストの推移

今後、市場の拡大、設計ツールの整備、情報の普及等により競争原理が働く環境が整い、導入規模が拡大すれば、建設費のコストダウンは可能と考えられる。

ii) 運転保守費

運転保守にかかる費用としては、風車本体の点検費用、電気設備関係の点検費用、損害保険料、税金等がある。

風車本体の点検費用はメーカー(設置業者)あるいはメンテナンス会社等との保守契約の費用で、出力規模や設置台数にもよるが、おおよそ1台当たり年間100～300万円程度である。

電気設備関係の点検費用は電気保安協会等への委託費で、設備の容量等により異なるが、年間数十万円程度である。

(b) 発電コストと経済性

i) 発電コストの算出法

風力発電の経済性は、発電コストで評価される。一般的に、発電コストは年間経常費を年間発電量で割ったもので算出される。年間経常費は、固定費と運転保守費等の変動費とから成り、固定費の算出方法には、資本回収法によるものと、減価償却費および平均金利等の和として求める方法とがある。以下では資本回収法による算出方法について述べる。

資本回収法では、固定費は建設コストと年経費率の積で表され、発電コストは次式で計算される(税金は考慮していない)。

$$\text{発電コスト(円/kWh)} = \frac{\text{建設コスト} \times \text{年経費率} + \text{運転保守費}}{\text{正味年間発電量}}$$

$$\text{年経費率} = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}}$$

r: 金利、 n: 耐用年数

年間発電量は風車の出力曲線と設置場所の風速から計算される。しかし、風力発電の事業化を検討する際は正味年間発電量の推定が重要で、年間発電量に対して以下に示すような発電量の損失項目があり、利用可能率や出力補正係数とともに考慮することが望ましい。

地形の影響

複雑地形における風況特性として、風の乱れ、風の水平・高度分布、風向の変動等がある。出力曲線は安定した風況の下で得られていることから正味年間発電量を求めるに当っては出力補正係数として考慮する必要がある。

ウェイクの影響

複数の風車を設置する場合は、風車間の干渉により風下側の風車の発電量が低減するので、シミュレーションを行って考慮する必要がある。

風速の経年変動

風速は経年変化するため、1年間だけの風況観測データに基づいて推定される年間発電量は、近傍気象官署等の10年以上の長期データから推定される年平均風速(平年風速)から

の発電量とは異なる。そこで、近傍の気象官署等の風況観測を行った年の風況と長期データとを比較して、風況観測データを、事業期間を通じた平均風速に換算して、年間発電量を推定するのが望ましい。さらに、予測誤差や近傍の気象官署等との相関が低い場合等は気象官署等の年平均風速の標準偏差から超過確率(超過確率 50%の風速とは、その地点で将来 50%の確率でその値以上になる風速で、年平均風速がその風速となる。例えば、超過確率 75%の年平均風速とは将来 4 年に 3 回(確率 75%)は上回るが 1 回は下回る風速で、年平均風速と標準偏差から求めることができ、年平均風速より低い風速となる)を設定して事業性を評価することもある。

ハブ高の風速への換算誤差

ハブ高よりも低い高度で計測された風況データは、ハブ高への換算のために複層観測に基づく n 値で換算する方法やシミュレーションを行って考慮する必要があるが、誤差が含まれるので注意を要する。

発電ロス・所内ロス・送電ロス

風力発電システムのヨー制御やピッチ制御機器の運転や系統連系の電気設備、送・配電線のロスにより発電量は低減する。制御設備のモータの容量や変圧器の仕様、送・配電線のケーブル太さや距離等の設備仕様によりロスを推定する必要がある。

風向変動に伴うヨー制御

風向変動はヨー制御を行う時間間隔より短周期で起こることもあるので、ブレードが風向に対して最適な方向に向いていない時、発電量は低下する。 項と同様に出力補正係数で考慮する必要がある。

ブレードの劣化やキズ・汚れ

砂塵、雪・氷等の付着によるブレードの経年劣化やキズ・汚れに伴いブレード表面に風の乱れを生じるために発電量が低減するので考慮する必要がある。

強風の発生

カットアウト風速以上の強風の出現に伴い風車の運転は停止するので発電量が低減する。出力曲線でカットアウト風速として考慮されるが、風車によってはカットアウトの条件が短期間の突風等による場合や停止頻度を抑えるために復帰風速の設定もあるので、カットアウト風速より低い 10 分平均風速でも停止していることもある。

電力会社からの解並列依頼

電力会社の送・配電線および変電所等の工事に伴う電力会社からの系統連系の解・並列依頼や系統の事故により発電できない期間が発生するので、電力会社に工事实績や今後の工事計画等を確認して、年間の停止時間として考慮するのが望ましい。

正味年間発電量の予想は、上記の要因を勘案して推定することから、例えばシミュレーション等で得られた年間発電量から利用可能率や出力補正係数に加えて上記ロスを見込む必要がある。

ii) 経済性

経済性試算の検討条件の一例を表 4.4.3-5 に、またこの条件で計算した年平均風速と発電単価の関係を図 4.2.3-4 と図 4.2.3-5 に示す。この仮定の場合、売電単価 10 円/kWh とすれば、風力発電の損益分岐点としては、建設コスト 25 万円/kW で年平均風速 約 6.3 m/s、20 万円/kW で約 6.0 m/s だが一つの目安といえるが、風車の出力特性、風速出現率分布、建設費の補助率、金利等の条件で採算性は変わるため、個別に詳細な検討が必要となる。

なお、風力発電事業の経済性は電力会社への売電単価と売電継続期間が大きな影響を与えるが、2003 年 4 月に施行された RPS 法によって電力各社の対応が異なっているので注意を要する（4.3 節に電力販売に関する手続きの項に電力価値と環境価値を含めて現状を記載している）。

表 4.2.3-5 経済性試算条件(例)

項目	試算条件
建設費補助率	1/3
金利	4%
耐用年数	17 年
運転保守費	300 万円/年
利用可能率	95%
出力補正係数	90%

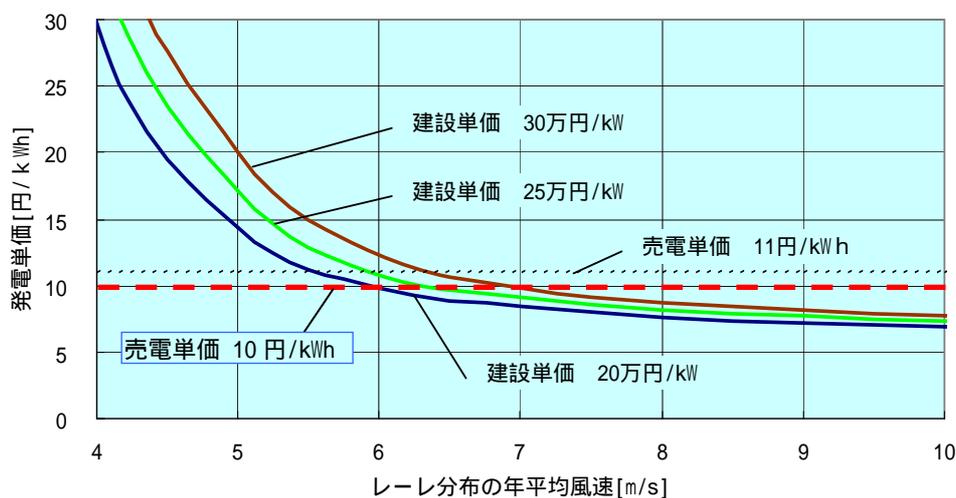


図 4.2.3-4 年平均風速と発電単価の関係(例)

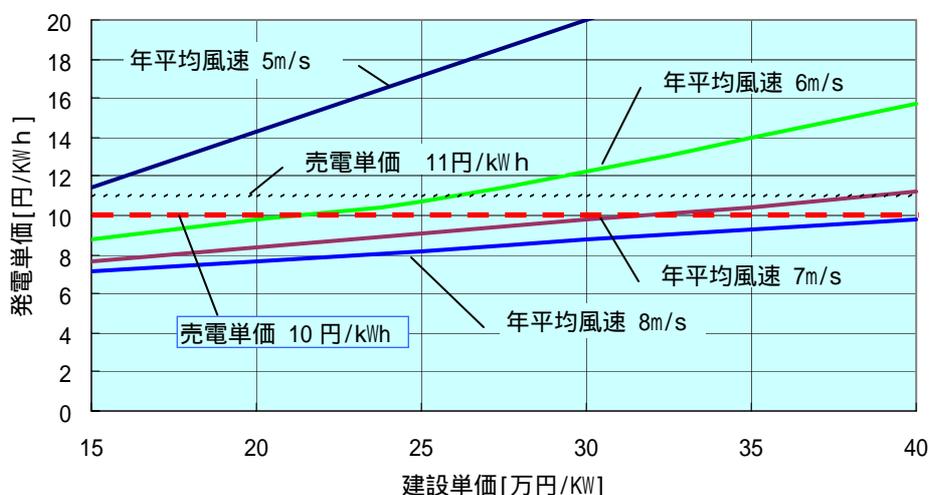


図 4.2.3-5 建設単価と発電単価の関係(例)

4.2.4 実施設計

(1) 設備設計

(a) 風力発電システム設計

導入風車規模設定において決定した導入風車の仕様に対して、国内の法的基準を満たすように材料の強度や許容範囲、電力会社との系統連系等必要な設備を以下の事項について照査、検討を行う必要がある。

- ・ 一般仕様に関する事項 ; 風力発電システム仕様、規格摘要、環境条件
- ・ 運用計画に関する事項
- ・ 運用・保守・管理に関する事項 ; 遠隔監視制御装置・表示盤仕様
- ・ 安全装置に関する事項
- ・ 保証に関する事項

また、タワーの高さが 15m を超えるものは、建築基準法の適応対象になる。「鋼構造設計基準」日本建築学会、「塔状鋼構造設計指針・同解説」日本建築学会、「煙突構造設計施工指針」日本建築センター等が基準の参考となる。タワー本体を海外から輸入する場合は、設計手法、使用材料が日本の基準、規格を実用上、法手続上満たしているか確認する必要がある。2007 年 9 月に土木学会 構造工学委員会 風力発電設備耐風設計小委員会が作成した「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説」を参考にされたい。

2007 年 6 月 20 日改正建築基準法が施行になり、高さ 60m を超える工作物については「荷重および外力によって工作物の各部分に連続的に生ずる力および変形を把握」して構造計算を行い、国土交通大臣の認定を取得すべきこととされた。その詳細は大臣認定のための技術評価を行う指定性能評価機関の業務方法書によるとされていて、PS 検層等を含む地盤調査や時刻歴応答解析を行うようになった。

(b) 電気設備設計

風力発電設備工作物の電気設備には、下記の法規や基準が適用される。

- ・ 電気事業法
- ・ 電気用品取締法
- ・ 電気事業法施行令
- ・ 電気事業法施行規則
- ・ 電気設備に関する技術基準
- ・ 発電用風力設備に関する技術基準
- ・ 電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン
- ・ 内線規程
- ・ 高圧受電設備の施設指導要領
- ・ 高圧受電設備指針
- ・ その他関係法令、条例および規格

風力発電設備工作物の電気設備には、電気事業法の定めにより電気設備の保安確保のため、最低の維持基準として「電気設備に関する技術基準」「発電用風力設備に関する技術基準」等の省令が交付されている。なお、電力系統との連系に対し「系統連系技術要件ガイドライン」(資源エネルギー庁編)に連系要件が定められていたが、2004 年 10 月に資源エネルギー庁から系統に連系することを可能とするために必要となる要件のうち、電圧、周波数等の電力品質を確保していくための事項および連絡体制等について考え方を整理した「電力品質確保に係る

系統連系技術要件ガイドライン」発出され、従来の「系統連系技術要件ガイドライン」は廃止することになった。

高圧受電設備の設置について「高圧受電設備の設置指導要領」(資源エネルギー庁公益事業部長通達)により以下の事項等が定められているので、これらについて検討する必要がある。

- ・ 保安上の責任分界点
- ・ 区分開閉器
- ・ 主遮断装置
- ・ 地絡遮断装置
- ・ 計器用変成器
- ・ 変圧器の開閉器

また、高圧受電設備の設置については、「高圧受電設備の設置指導要領」を基に「電気設備に関する技術基準」および関係法令を勘案した「高圧受電設備指針」(高圧需要家電設備研究委員会編)において、以下の項目について詳細に指導されているのでこれに従う。

- ・ 標準施設
- ・ 機器材料
- ・ 保護協調
- ・ 絶縁協調
- ・ 主変圧器
- ・ 電線、ケーブル(架空・埋没)
- ・ キュービクル
- ・ 接地
- ・ 避雷器
- ・ 高圧交流負荷開閉器

(c) 電気事業法

風力発電システムは発電設備となるので、発電事業・電気事業に係る規制や、一般用電気工作物の定義・保安規程を定めている電気事業法に基づかななくてはならない。また、電気事業法に基づいている電気事業法施行規則においても、風力発電設備建設に必要な手続きが定められている。条文の概要を表 4.2.4-1 に示す。

表 4.2.4-1 電気事業法

条 項	内 容
法第 2 条 電気工作物	発電、変電、送配電又は、電気の使用のために設置する機械、器具、電線路その他の工作物を電気工作物という。
法第 3 条 事業の許可	電気事業を営もうとする者は、経済産業大臣の許可を受けなければならない。
法第 38 条 施第 48 条 電気工作物の区分	一般電気工作物・・・電力会社から電気供給を受ける需要設備で、受電電圧が 600V 以下のもの。 事業用電気工作物・・・一般電気工作物以外の電気工作物 自家用電気工作物・・・事業用電気工作物の内電気事業用以外のもの
法第 39 条 事業用電気工作物の維持	事業用電気工作物を設置する者は、事業用電気工作物を経済産業省令で定める技術基準に適合するように維持しなければならない。
法第 42 条 施第 50 条 保安規程の届け出	事業用電気工作物を設置する者は、工事、維持及び運用に関する保安を確保するため、保安規程を定め、事業用電気工作物の使用の開始前に、経済産業大臣に届け出なければならない。
法第 43 条 施第 52 条 主任技術者の選任又は不選任	1,000kW 以上の風力発電所の維持運用のため、電気主任技術者の選任の届け出が必要となる。20kW 以上 1,000kW 未満の風力発電所の維持運用のため電気技術者の不選任の届け出が必要となる。
法第 48 条 施第 65 条 工事計画の事前届出	500kW 以上の風力発電所の設置又は変更の工事をしようとする者は、工事の計画を届出しなければならない。
法第 50 条の 2 施第 73 条の 2～10 使用前安全管理検査	500kW 以上の風力発電所を設置する者は、その使用の開始前に当該事業用電気工作物について自主検査を行ない、その結果を記録しておかななければならない。使用前自主検査を行う時期に、使用前自主検査に係る体制について、経済産業大臣等が行う審査を受けなければならない。
法第 53 条 施第 87 条・第 88 条	自家用電気工作物を設置する者は、使用開始後遅滞なく、経済産業大臣に届け出なければならない。(工事計画を届け出た場合は不要)

(d) 省令で定める技術基準

電気事業法第39条で事業用電気工作物を設置する者は、経済産業省令で定める技術基準に適合するよう維持しなければならない。風力発電設備に適用可能な技術基準には「電気設備に関する技術基準」と「発電用風力設備に関する技術基準」とが規定されている。表4.2.4-2に発電用風力設備に関する技術基準の条文の概要を示した。

表4.2.4-2 発電用風力設備に関する技術基準の概要

条 項	内 容
第3条 取扱者以外のものに対する危険防止措置	風力発電所を施設するに当たっては、取扱者以外の者に風車が危険である旨を表示するとともに、当該者が容易に接近するおそれがないように適切な措置を講じなければならない。
第4条 風 車	風車は次の各号により施設しなければならない。 1. 負荷を遮断した時の最大速度に対し構造上安全であること。 2. 風圧に対して構造上安全であること。 3. 運転中に風車に損傷を与えるような振動がない様に設置すること。 4. 最大風速においても取扱者の意図に反して風車が起動することのないように施設すること。 5. 運転中に他の工作物、植物等に接触しないように施設すること。
第5条 風車の自動停止装置	自動停止装置の設置 1. 回転が著しく上昇した場合。 2. 風車の制御装置の機能が著しく低下した場合。
第6条 圧油装置及び圧縮空気装置の危険の防止	発電用風力装置として使用する圧油装置及び圧縮空気装置は次のように施設する。 1. 圧油タンク及び空気タンクの材料及び構造は、最高使用圧力に対して十分耐え、安全なものであること。 2. 圧油タンク及び空気タンクは耐食性を有すること。 3. 圧力が上昇する場合において最高圧力に達する以前に圧力低下させる機能を有すること。 4. 圧油タンクの油圧又は空気タンクの空気圧が低下した場合に圧力を自動的に回復させる機能を有すること。 5. 異常な圧力を早期に見知できる機能を有すること。
第7条 風車を支持する工作物	風車を支持する工作物は、自重、積載荷重、積雪及び風圧並びに地震その他の振動及び衝撃に対して構造上安全でなければならない。
第8条 公害等の防止	電機設備に関する技術基準を定める省令(平成9年通商産業省令第52号)第19条第6項及び第8項の規定は、風力発電所に設置する発電用風力設備について準用する。

ホームページ：<http://kougyou2.hourei.info/kougyou2302.html>

(2) 工事設計

(a) 電気工事設計

風力発電設備工作物の電気工事には、下記の法規や基準が適用される。

- ・電気事業法
- ・電気用品取締法
- ・電気工事士法
- ・電気事業法施行令
- ・電気事業法施行規則
- ・電気設備に関する技術基準
- ・発電用風力設備に関する技術基準
- ・電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン
- ・内線規程
- ・発電電規程
- ・高圧受電設備の施設指導要領
- ・その他関係法令、条例および規格

(b) 土木・建築工事設計

風力発電設備の土木・建築工事には、下記の法規や基準等が適用される。

- ・都市計画法
- ・道路法
- ・森林法
- ・農地法
- ・河川法
- ・港湾法
- ・コンクリート標準示方書（土木学会）
- ・共通仕様書（土木工事共通仕様書 平成〇〇年度 国土交通省〇〇地方整備局）
- ・建築基準法・同施行令
- ・建築基礎構造設計指針（日本建築学会）
- ・鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説（日本建築学会）
- ・建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事（日本建築学会）

(3) 工事計画

風力発電設備の基礎工事、組立、据付、設置、配線工事および造成工事が工期内に支障なく、安全に行なわれるように工事計画、工事工程表を立案・設定する必要がある。工事の実施にあたっては次のことに留意しなければならない。

工事車両の搬入搬出道路については、風力発電設備搬入用のトレーラ車やタワー据付用の大型クレーン車等工事車両の搬入について、道路幅、勾配、カーブ、橋梁の重量制限等十分な検討をする。

風車の組立てにはトラッククレーンやクローラクレーンを使用するが、近年、ナセルの分割やタワー高さが低い場合には、2,000kW級でもトラッククレーンによる組立も可能になった。複数機設置の場合、クローラクレーンの組立解体に時間を要するため、組立てたまま移動したほうが経済的で工程短縮になる場合もある。この場合、クレーン移動の道路幅を広く確保する必要があるため、道路建設費とクレーン費用とのコスト比較ならびに土地開発における制限等許認可条件の確認を行う必要がある。風車の輸送や据付時の工事車両等の諸元を表 4.2.4-3 に参考として示す。

表 4.2.4-3 工事車両等諸元（風車 600～2,000kW 級設置の参考値）

	項目	単位	600kW級	1,000kW級	2,000kW級
設備仕様	ナセル重量	トン	35	45	65
	ロータ直径	m	45～50	60	80
	ブレード長さ	m	22～25	30	40
	タワー重量	トン	40～80	80～120	150～250
	タワー長さ*	m	35～50	50～70	60～100
工事車両	輸送(ブレード)		ポールトレーラ	ポールトレーラ	ポールトレーラ
	輸送(ナセル)		低床トレーラ	低床トレーラ	低床トレーラ
	据付		50t補助クレーン	100t油圧クレーン	120t油圧クレーン
			200tクレーン	550t油圧クレーン	650tクローラクレーン

*タワー長さは全長を表し、製作・輸送時は通常3～4分割される。

風力発電設備の設置のためにはブレードの地組、タワーの組立、トラッククレーンのブーム組立等に一定の整地された敷地を必要とする(図 4.2.1-11 参照)。風車の基礎は完成しているの

で、他の工事との取り合いを十分考慮する必要がある。風車の機種によってはブレードを地組せず、直接ナセルにブレードを1枚ずつ取付けるものもあり、また、特殊なリフトを使用して大型のクレーンを使用しない工法もあり、この場合整地する敷地は少なくなる。

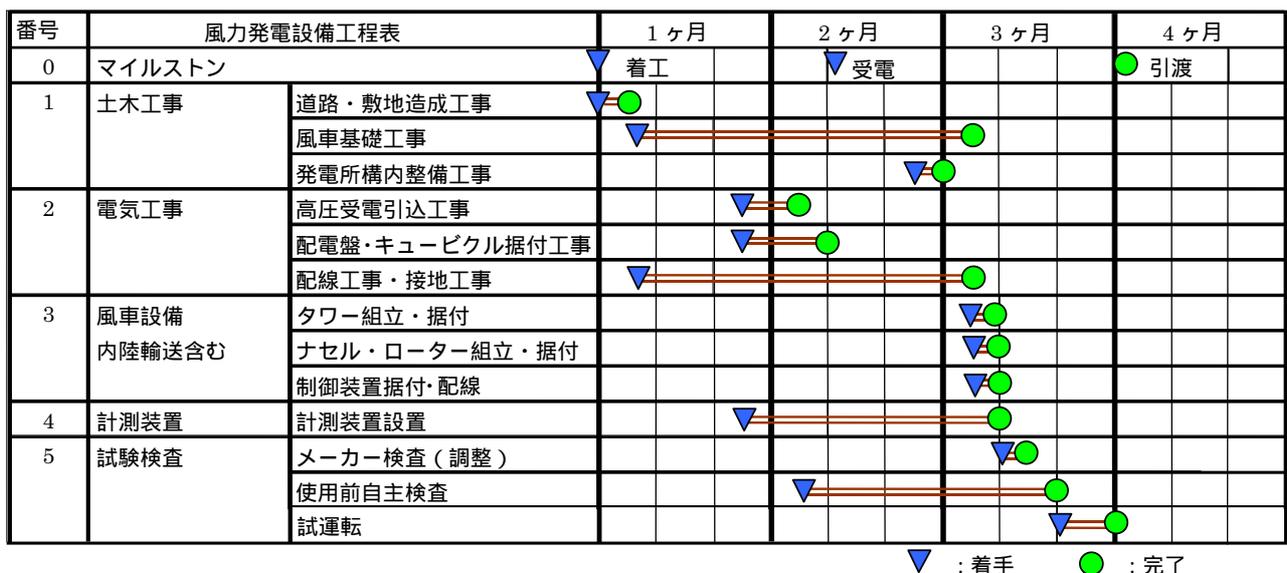
配電盤・キュービクル据付工事、電気工事、周辺工事等は時期が重なって工事が行われることがあるので、工事工程の計画段階から各工事の十分な調整が必要となる。

重量物の運搬・吊り上げには積載や吊り上げ荷重、風速等に特に注意し、危険な作業は絶対に行わず、作業関係者以外の作業区域への進入防止対策を施す必要がある。

その他各工事毎に仕様書で示される事項についても十分に留意する必要がある。

工事期間は土木工事を開始してから試運転が終了するまで、施設規模や工事工程にもよるが各工事を平行して行って、図4.2.4-1に示すように3ヶ月程度(参考値)かかる。なお、大規模ウィンドファームの場合、例えば2000kW×10基規模とすると、工事期間としては通常12ヶ月以上(建設条件等で大きく異なる)が必要である。

工事の開始前には各種許認可(開発許可、建築確認申請、工事計画届他)があり、関係する法律により提出時期、取得までの期間が異なるため、工事工程に組み込んでおく必要がある。



* 1500kW程度の風車1基の場合の工事工程を示す。

* 各種許認可、調査等の期間は含まない。

* 風力発電機、電気設備機器(トランス等)の発注、製造、海上輸送期間は含まない。

* 試運転期間には試験に必要な風が吹くものとする。

図4.2.4-1 工事工程表(例)

4.2.5 建設工事

(1) 契約

風力発電事業を計画する事業者にとって風況はもちろんであるが、15～17年の長期にわたり風力発電システムを維持・管理することが前提であり、そのためには建設の契約段階から風車メーカーと十分打合せを行い契約することが重要である。

ここでは風車の故障や事故・定期点検に伴うリスクを低減するために発注段階における契約書に対して考慮すべき項目と留意点を記す。

契約書には従来の商習慣によって名称は異なるが建設から試運転・引渡しまでを規定した「建設請負契約書(通称 EPC 契約書)」と事業期間を通じた「運転・保守、補修契約書(通称 O&M 契約書)」とがある。各契約時に事業者が機器供給者、工事請負業者およびメンテナンス・サービス業者等と契約を締結する際には以下のような点に注意して契約交渉を実施することが望ましい。

「運転・保守、補修契約書(通称 O&M 契約書)」に関しては4.2.6項の「運転・保守」の中で留意点を示すが、建設請負契約時に取り決めておくことが望ましい。

(a) 建設請負契約

- ・ EPC 契約書にて、工事請負会社、機器供給会社と事業者間の作業範囲、責任範囲の明確化
- ・ 保証期間の明示、保証内容の確認、保証期間開始日の確認、残工事の評価
- ・ 準拠すべき国内法の確認(海外法規との整合性、差異の把握と対応)
- ・ 保証期間中の保証内容、保証範囲、保証のための条件設定(利用可能率保証の有無、性能確認方法の有無)、遺失利益補償の有無とその条件の明確化
- ・ 保証期間中に補修作業を実施した場合の再保証期間の設定方法(瑕疵担保期間)
- ・ 保証期間中の定期点検の有無、定期点検中の機器供給者と事業者の業務・費用分担の明確化

(b) 費用の支払い

- ・ EPC 契約書で明記。為替変動による価格変動の取り扱いの明確化(為替変動を反映または反映しない契約等)。
- ・ 輸入品の場合の公租公課、手数料の支払い分担

(c) 保険

- ・ 供給部品に対する期限、費用負担者、保険の範囲
- ・ 一般的に風力発電所建設に必要なとなる保険の種類の確認

(2) 土木工事

(a) 資材運搬道路工事

必要に応じて資材運搬用の道路を設置し(図 4.2.5-1)、運転開始後は管理用道路として利用する。

山岳地等で樹木を伐採する必要がある場合は、伐採材は有価材として搬出するか、チップ化してリサイクル利用する。土工事はできるだけ少なくなるように計画し、基礎工事と合わせ土砂の場外処理や購入が極力発生しないように計画・施工する。U字側溝等の排水工事、沈砂池や調節池等の防災工事は関係法律の基準にしたがって設置し、外部に土砂流出等のないようにしなければならない。また、管理道路にも使用できるように砕石等で路盤を設置し、勾配が急な場合は路盤材が風雨等により洗掘されないようにアスファルト等で舗装するのが望ましい。

図 4.2.5-2 に示すような牧場等の農地に仮設道路を設置する場合は、使用后、農地へ復旧されることが多いので、整地後、砕石等路盤材を使用しないで敷き鉄板等を使用するのが望ましい。



図 4.2.5-1 山岳地の道路



図 4.2.5-2 牧場内の道路

(b) 組立用敷地造成工事

風車と組立用の敷地を確保するため、図 4.2.5-3 に示すように山岳地等の林地では樹木の伐採が必要になる。風車基礎部と組立用敷地部は木の根を取り除く必要があるが、ブレード回転部分は伐採のみ行う。クレーン足場は風車基礎面より高く設計することが望ましく、道路工事、基礎工事と合わせて残土が発生しないように高さを調整する。

地盤が岩盤で硬い場合、爆破により破砕して、岩石の大きさが施工機械で取り扱える状態にすることが必要である。風化岩、亀裂の多い岩や軟岩では、機械掘削が可能な場合が多い。軟弱地盤の場合は杭基礎となる場合が多く、杭打機械の足場確保のため事前に表層の地盤改良を実施する場合がある。



図 4.2.5-3 組立用敷地造成

(c) 風車基礎工事

風車基礎は、風車の荷重を地盤へ伝える役割と共に、地震時や強風時に風車が転倒しないよう引き抜き抵抗(自重や基礎と土との摩擦等により風上側に生じる引き抜き力に対する抵抗)をもたせる役割もあり、風車の建築物としての安定度を左右する重要な部分で、鉄筋コンクリート造である。



図 4.2.5-4 アンカーボルト基礎

一般的に、風車基礎にはフーチング（凸型で下部が地面の下に埋もれ、上部の数十 cm が地上に出る形状の基礎）が用いられ、基礎底面は対辺が 12～20m 程度（600～2,000kW 級）ある多角形基礎が多くなっており、基礎上部は風車のタワーと図 4.2.5-4 のようにアンカーボルトや図 4.2.5-5 のようにアンカーリング等で固定される。



図 4.2.5-5 アンカーリング基礎

基礎は上記の引き抜き抵抗をもたせるためほとんどが地下に埋設する構造となっており、完成した後の補修・改良が困難であるので、基礎工事は設計通りに施工

できるように厳重な管理の下に行う必要がある。十分な地耐力・引き抜き耐力（N 値 20～30 以上）がある良質な土層が地表近くに存在する場合、直接その上に基礎を作る経済的な直接基礎で行うことができる。この場合、平板載荷試験等を実施して、設計の地耐力があるかどうか確認する必要がある。

良質な土層が深い場合は基礎の下部に杭を設けて、深部にある支持層および摩擦力を利用する杭基礎で行う。杭は一般的に PHC 杭、場所打ち杭を使用し、埋立地等軟弱層が深い場合は鋼管杭を使用する場合もある。

一般的な施工フローは以下のようになる。

基礎杭打設工（直接基礎の場合は不要）

掘削工（掘削面の清掃後、接地線を設置する場合は、アース線を設置する）

基礎砕石工（ローラ等を使用して確実に転圧する）

均しコンクリート工（型枠、鉄筋等施工しやすいように敷設する）

鉄筋組立工（設計図に示す寸法、形状どおりに加工し組み立てる。また、鉄筋のひどい錆や表面の泥等は清掃する）

アンカーボルト・アンカーリングの設置工（風車本体と基礎構造物の接合で重要となるため、コンクリート打設時に変形や移動しないよう支持固定する）

型枠工事（基礎形状が狂わないように堅固であり、組立・取り外しが安全・容易であることが要求される）

コンクリート打設工（打設時期、打設までの所要時間、運搬方法等を考慮して、適切な打込み方法、養生方法により施工する。建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事（日本建築学会）等関係諸基準を遵守し、管理および施工には注意する。）

型枠脱形工（所定の強度になったら型枠を取り外す。）

埋め戻し工（良質土で管理を十分に行う）

天端シール工（アンカーリングの場合、コンクリートとの接点に隙間が生じる可能性があるため、アンカーリングとコンクリートの天端の内外にシリコン等でシール工を設置し、雨水等の浸入を防ぐようにしたほうが望ましい。）

(d) 発電所構内整備工事

発電所構内整備工事は、安全対策として風車の周辺を立入り禁止地域にするためのフェンス設置工事、それに伴う門扉取付工事、風車周りの雨水処理の側溝工事等を行う。風車周辺を公

園化する場合は変圧器等の周りだけフェンスを設置する場合もある。変圧器をタワー内に設置する場合は、フェンスも設置しない場合もある。フェンスを設置する際には、支柱を強固にするため基礎コンクリートを打設する方が望ましい。

側溝工事においては、敷地の形状と雨水ますの位置との関係が重要であるので、敷地の縦断勾配と横断勾配の組み合わせの結果である合成勾配の方向を考慮する必要がある。

(3) 風車設置工事

(a) 風車の組立・据付

風車の組立・据付作業手順は、分割タワーを下段よりクレーンで立ち上げ、吊り上げて風車基礎に取り付け、順次 1 本に組立てる。ナセルはタワーが基礎に固定された後にクレーンで据付ける。ブレードとハブは図 4.2.5-6 に示すように地上で組み立ててからクレーンでナセルに取付けるのが一般的である。

風車の機種により直接ナセルにブレードを 1 枚ずつ取付ける場合や特殊なリフトを使用して組み立てる場合は、事前にメーカーとの十分な協議を行う必要がある。

風車は巨大な建築物なので組立・据付工事では、機器の取り扱い、強風、降雨、落雷等の対策を講じ、重量物の運搬や吊上げ作業では特に注意し、危険な作業は行わない。

クレーンでの作業は、できるだけ地盤の強固な平坦地で行う。軟弱な地盤で作業を行う場合には、砕石等で路盤を造成したり、鉄板等を敷き安定させてから作業を行う。タワーやナセルを吊上げるときには、一気に吊上げず地面から離れた所で止め、ワイヤの掛かり具合やクレーン本体の状況を確認、数 cm 吊上げた所で再びクレーンの安定度やブレーキの効き具合等を確認する。



図 4.2.5-6 ブレードの上架

(b) 制御装置据付・配線

風車の制御盤には壁掛型と自立型があるが、壁掛型の制御盤は壁面へ強固に取り付ける。盤の奥行きが少ない自立型制御盤は転倒防止のためにフレームパイプ等で枠組みを組む。可能ならば耐震設計基準により十分な太さのアンカボルトで床に留め、壁、天井、梁等から転倒防止の支持を行うことが望ましい。また、耐湿、耐温構造も施しておく必要がある。

盤内配線は、電源側の幹線と各電動機へ至る分岐線および接地線が混乱しないようにし、それぞれの配線が上下いずれの方向から出入りするかを明確にしておく。また、列盤は分岐回路が多数あるので、配線処理のために適切な作業スペースを設けた方がよい。

接地線は一般に下方から接続されるので、盤の下側に接地端子を設ける。列盤の場合は、接地母線を各盤の接地母線または接地端子に接続し、各電動機からの接地線をこれに接続する。制御回路は主回路と電圧が異なる場合もあるので、誤接続等を生じないように注意し、主回路端子と制御回路端子とを分離する必要がある。制御回路の配線は主回路の配線と分離し、識別

しやすいように配線しておく方が点検作業が容易となるので望ましい。

(4) 電気工事

(a) 受電引込工事

最近では高圧のみならず風力発電所が大規模になり特別高圧にて連系するケースが多くなっている。特別高圧と連系する場合は、電力会社に事前検討の申込を行い、十分な協議を経て電力会社の停電工事に合わせて繋ぎこみ工事を行なうことになる。系統連系の区分を表 4.2.5-1 に示す。

表 4.2.5-1 系統連系の区分

連系の区分	発電機の種類	1 需要家当たりの電力容量	逆潮流有無
低圧配電線	逆変換装置を用いた発電設備	原則として、50kW 未満	有り・無し
	交流発電設備		無し
高圧配電線	逆変換装置を用いた発電設備、 又は、交流発電設備	原則として、2,000kW 未満	有り・無し
スポットネットワーク 配電線	逆変換装置を用いた発電設備、 又は、交流発電設備	原則として、10,000kW 未満	無し
特別高圧電線路 [*])	逆変換装置を用いた発電設備、 又は、交流発電設備	原則として、2,000kW 以上	有り・無し

*) 35kV 以下の配電線に連系する場合、高圧配電線への連系技術要件に準拠可能。

(b) 高圧連系の場合

高圧受電引込工事では、引込柱の設置と引込開閉器負荷側端子から高圧受電盤までの配線と接続を行う。

地盤の軟弱な個所に電柱を建てる場合は、電柱の沈下を防止するため柱の底に割栗石やこれに相当するものを敷き詰める。さらに、地盤が軟弱な個所および掘削を段階的に行った個所では、沈下防止の根かせ、根はじき等を取り付け柱を安定させる。支線は「電気設備の技術基準」第 62 条、第 63 条に準じて必ず施設する。高圧架空電線路のケーブル間隔は、電気施設の技術基準第 83 条に準じ一定以上の間隔を設ける。また、他の電線路は「電気設備の技術基準」第 82 条から 88 条に準じて一定の間隔を確保し、通信経路等へのノイズ障害対策にも留意する。架線する際には、電線にキンク（折り曲げ）、ねじれ等のくせを作らないように延線し、張線器を用いて、たるみの無いように張線する。電線接続法において、スリーブ接続を施すと張力が得られる。電柱に取り付ける機器は、気中負荷開閉器、避雷器、変圧器等が上げられる。避雷器は、発電所又は変電所等の設備の高圧架空電線引込み口および引出口に施設しなければならない。また、こう長約 300m 以上の線路、分岐個所、変圧器、開閉器等の機器、ケーブルの立上り柱等に取り付けることが望ましい。

(c) 特別高圧連系の場合

特別高圧連系の場合は、風車発電機と連系点の距離が離れ、変電所と発電所間の電力ケーブルの事故検出を行うため、連系点近傍に変電所を設置するケースが多い。この場合、高圧連系の電柱と同様に施工が必要であるが、22 kV(33kV)の配電規定に従い施工を行う。

支線は「電気設備の技術基準」解釈第 63 条に準じて必ず施設する。特別高圧架空電線路のケーブル間隔は、電気施設の技術基準第 128 条に準じ一定以上の間隔を設ける。また、ケーブルと他の電線路は「電気設備の技術基準」第 127 条準じて一定の間隔を確保し、通信経路等へのノイズ障害対策にも留意する。架線する際には、電線にキンク（折り曲げ）、ねじれ等のくせを作らないように延線し、張線器を用いて、たるみの無いように張線する。

図 4.2.5-7 に電柱の施工例、図 4.2.5-8 に鉄塔の施工例を示す。

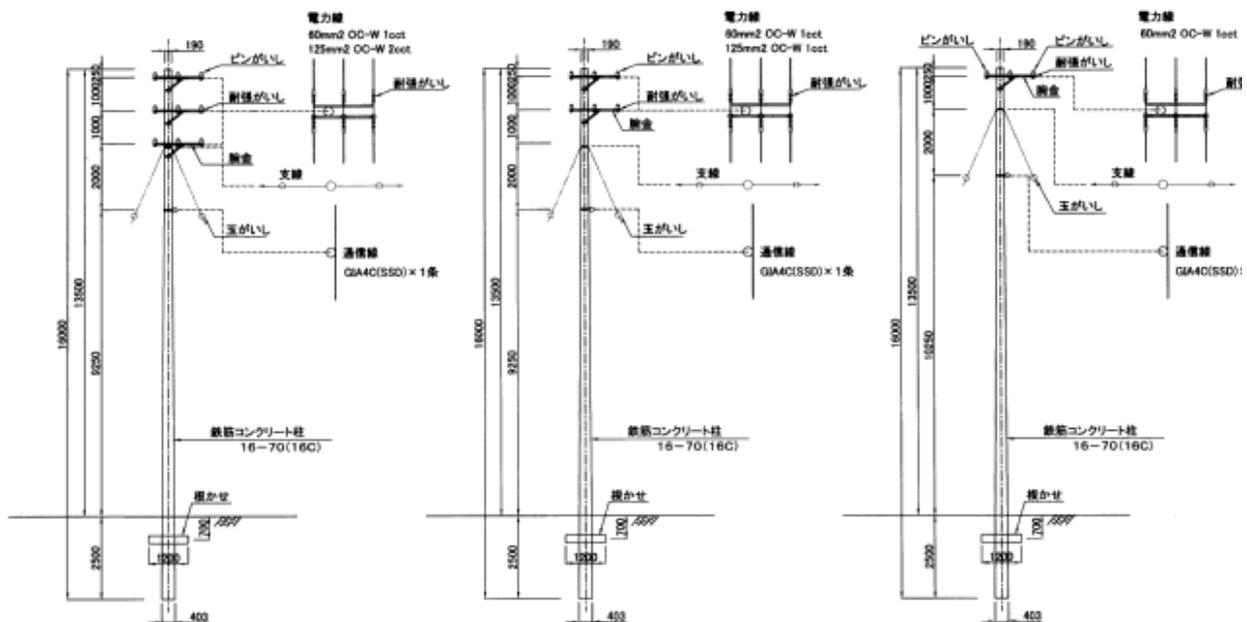


図 4.2.5-7 電柱施工例

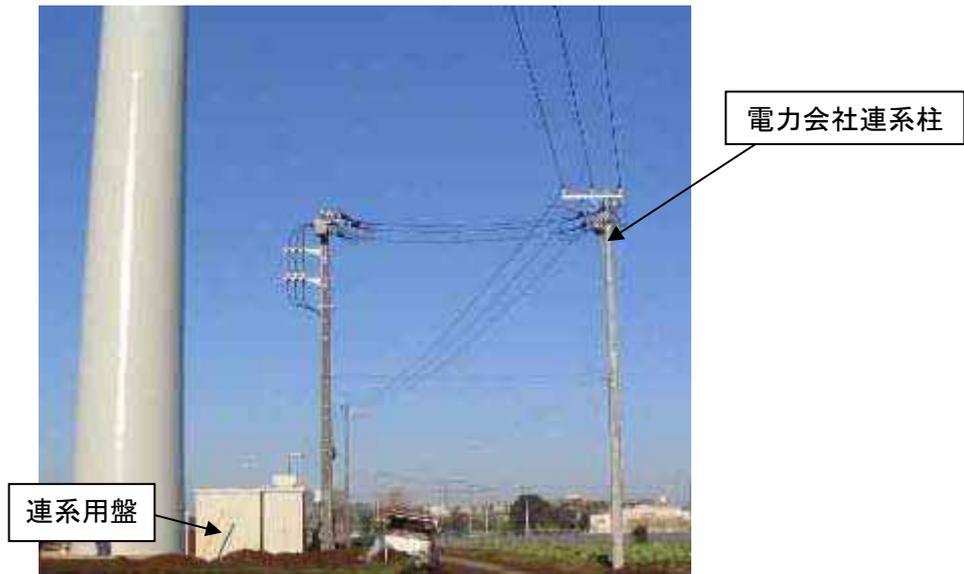


図 4.2.5-9 高圧連系接続例

・特別高圧連系

タワー内発電機、電力変換器盤より風車発電機内に設置している変圧器に配線接続を行う。変圧器にて特別高圧電圧に昇圧し、変電所まで配線し、変電所機器である変圧器、GISへ配線接続を行う。配線は電線接続図に従い、特別高圧ケーブル、電線の端末処理を行う。図 4.2.5-10 に連系点の開閉所設置例を示す。

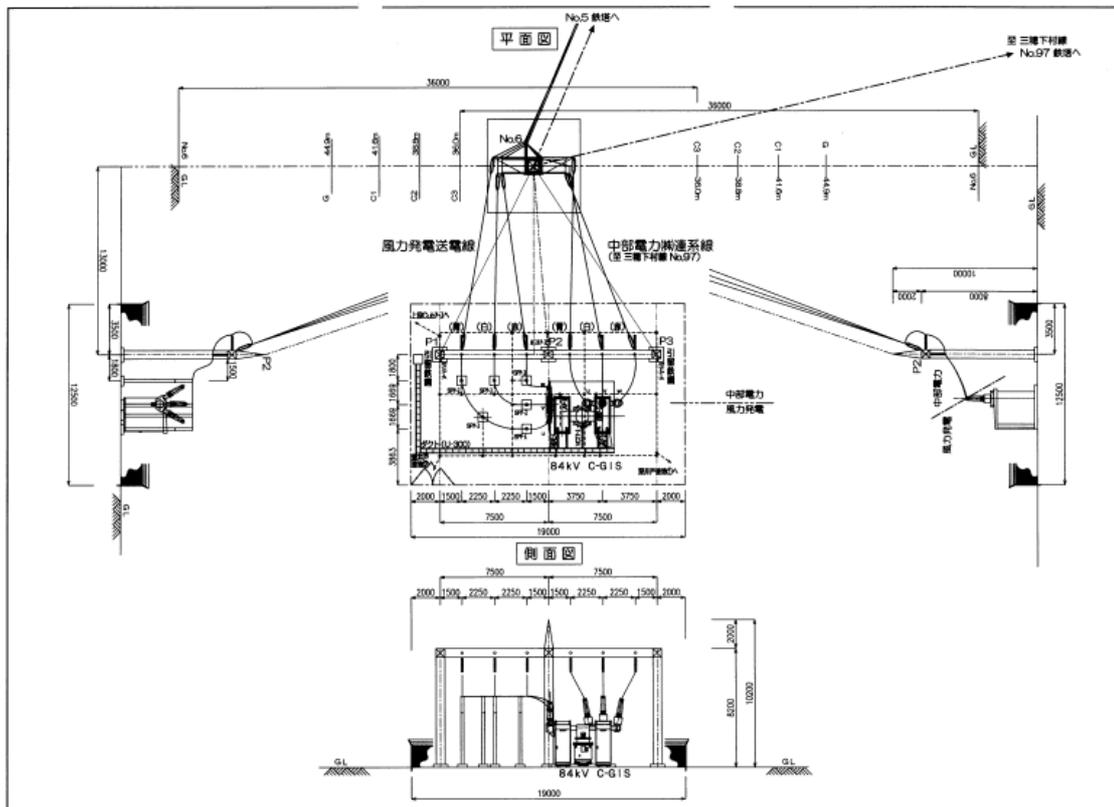


図 4.2.5-10 連系点の開閉所設置例

(f) 接地工事

高圧受電盤、変圧器盤、低圧回路盤用の各種接地工事および雷害対策用接地工事を、それぞれ接地抵抗値が「電気設備の技術基準」第 19 条から第 29 条に準じて 4 種類の値に適合するように施工する。A 種、D 種、C 種接地工事の接地線が外傷を受けるおそれがある場合は、合成樹脂管（CD 管を除く）等に収める。ただし、人が触れるおそれがない場合、又は D 種接地工事もしくは C 種接地工事の接地線は、金属管で保護することが可能である。接地線の太さは、接地工事の種類毎に定められており、軟銅線又はこれと同等以上の強さおよび太さの耐食性のある金属線でなければならない。変電所はメッシュ接地を採用し、変電所全体を同電位化し感電の防止と落雷対策を行っている。この際、変電所のフェンス感電防止のため接地する必要がある。図 4.2.5-11 に変電所接地施工例を示す。

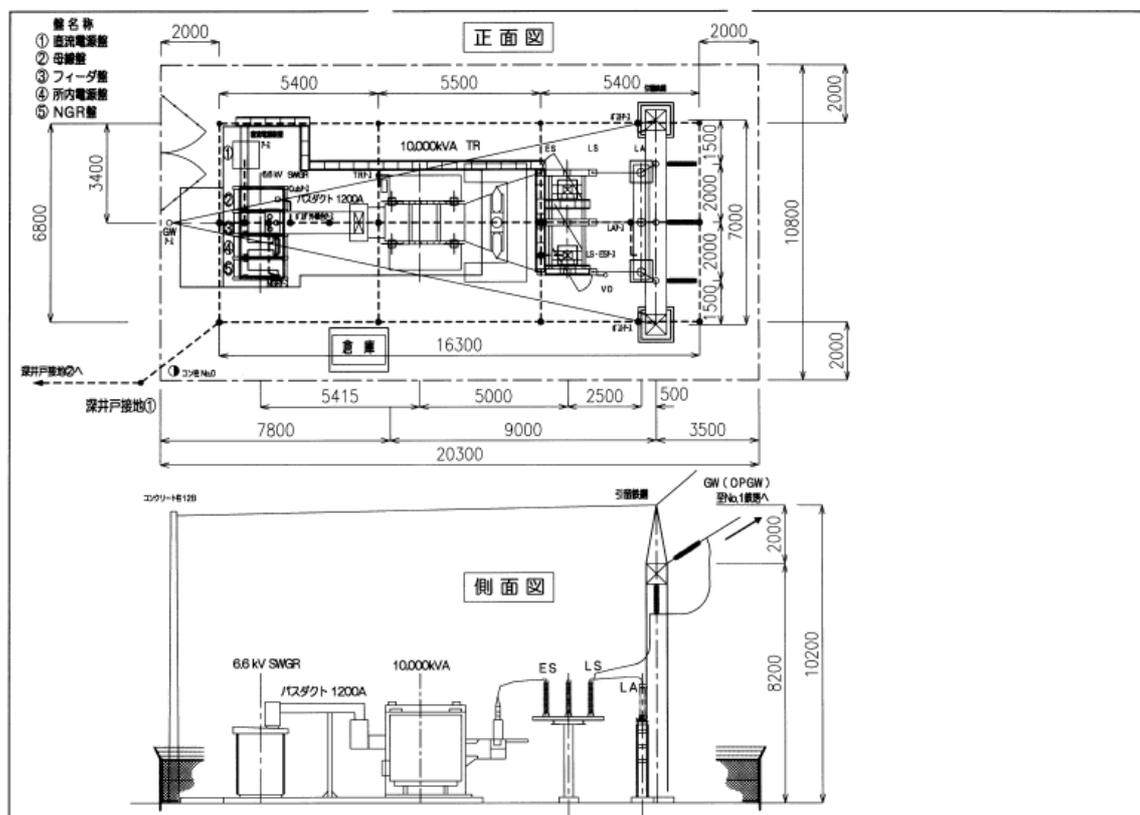


図 4.2.5-11 変電所接地施工例

(5) 試運転・検査

全ての工事完了の目処が付いたら、正常に作動し十分な性能を発揮するか、表 4.2.5-2 のような検査および試験を行う。

試運転に際しては、風力発電システムの営業運転開始後の運転資料として運転データの収集を行うことが望ましく、収集データ項目は、風車の状態、風速、風向、発電電力量、積算電力量、系統電流、系統電圧、系統力率、故障発生時の故障原因等で、サンプリング周期を 10 秒以下とし、10 分間平均値に加工して評価する。さらに、風車の状態は、待機・運転・停止・カットアウト停止・故障状況・系統遮断状況等にまとめておくと有効に活用できる。

表 4.2.5-2 試運転時の検査・試験項目

番号	検査・試験項目	検査・試験目的	電気設備技術基準関連条項等
1	外観検査	電気工作物設置状況について工事計画に従って工事が行われ基準に適合していることの確認	第 19 条 5 項、第 20～32 条 第 34 条、第 37～44 条 第 46 条、第 47 条、第 49 条
2	接地抵抗測定	風力発電所各サイトの接地抵抗値が規定値以下で、必要な個所に所定の接地が行われていることの確認	第 19～31 条、第 34 条 第 42 条
3	絶縁抵抗測定	電路の絶縁抵抗測定を JIS で定められた絶縁抵抗計で行い、規定値以上であることの確認	第 14 条
4	絶縁耐力試験	電力回路や機器の使用電圧に応じた試験電圧を印加し、絶縁に異常のないことの確認	第 14～18 条
5	保護装置試験	電気設備技術基準で規定される保護装置ごとに、関連継電器を動作して正常に作動することの確認	第 38 条、第 40 条 第 46 条、第 47 条
6	遮断器関係試験	遮断器を手動開閉操作して動作に異常がないことの確認	
7	総合インターロック試験	発電設備を負荷運転し、総合インターロックが作動する電気的および機械的要素のそれぞれについて事故を模擬し、関連機器が正常に動作することの確認	
8	制御電源喪失試験	発電設備を運転中に制御電源を喪失させ、関連機器が正常に動作することの確認	
9	負荷遮断試験	発電設備の出力の 1/4、2/4、3/4、4/4 負荷運転状態から負荷遮断し、異常のないことの確認	
10	遠隔監視制御試験	運転に必要な制御開閉器類の制御操作を遠隔で行い、当該機器が動作することおよび発電制御所に状態変化が表示されることの確認	第 51 条
11	負荷試験（出力試験）	発電設備を可能な限り定格運転を行い、発電機等の異常な温度上昇、異常振動、異音等がないことの確認	第 29 条
12	騒音測定		騒音規制法第 2 条第 1 項 騒音規制法第 3 条第 1 項
13	振動測定		振動規制法第 2 条第 1 項 振動規制法第 3 条第 1 項

4.2.6 運転・保守

(1) 運転監視、保守（メンテナンス、サービス）、補修契約

事業期間を通じて、風力発電機の高い稼働率を確保するためには保守点検が必要不可欠である。この中には日々の運転監視や、定期・不定期の保守、機器の改造・改修を伴う保守が挙げられる。日々の運転監視は日常点検と合わせ早期の不具合発見に寄与し、保守、補修契約では機器の安定・安全運転を目的とする。また風力発電機はフェールセーフ*の思想で設計されており、停止後の速やかな対応を行うことが高稼働率を維持する為に必要である。尚、一般的にはメンテナンスは定期点検を、サービスは不定期に発生した故障・障害等の原因調査と復旧業務を意味している。

風力発電機の日々の運転監視やサービス作業発生時の連絡フローを参考として図 4.2.6-1 に示す。

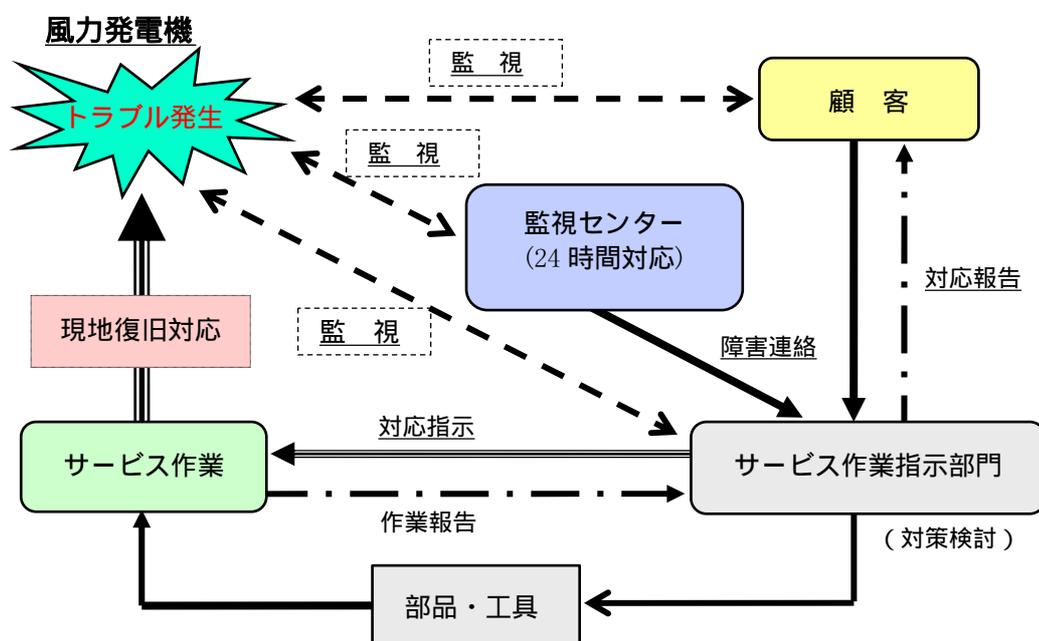


図 4.2.6-1 サービス作業発生時の連絡フロー（参考）

これら運転・保守に関する契約は事業者が機種選定する際、経済性評価をする上で重要な要素であることを認識し、十分な検討を行うべきである。また、各業務の契約に際しては専門性の高い作業であることを考慮し、納入メーカ又はメンテナンス専門会社等と表 4.2.6-1 に示す点を考慮、注意して交渉を実施することが望ましい。

*フェールセーフ：部品やシステムなどの故障が確実に安全側のものとなること、あるいは少なくともほぼ確実に安全側のものとなる（すなわち、危険側の故障の可能性が極めて低い）ことを意味する。

表 4.2.6-1 運転監視、保守、補修契約に際しての考慮、注意点

項目	考慮、注意すべき点
運転監視契約	<ul style="list-style-type: none"> ・ 監視が必要な項目、内容、報告事項、頻度の明確化 ・ 監視員に必要な資格、条件等の明確化 ・ 監視員の職務、勤務条件、監視範囲の明確化 ・ 遠方、直接など監視方法の明確化 ・ 緊急時対応体制および監視員が行う一次対応、復旧対応内容の明確化 ・ 事業者に対する定期報告：間隔（週・月・年等）、項目、報告方法、データ開示範囲の確認
保守契約 （定期点検）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対象設備範囲（風車本体、電気設備、付帯設備）、実施内容、点検間隔、費用、必要な助勢の有無、旅費、移動手段と費用負担の明確化 ・ 作業完了条件の明確化 ・ 点検部分に対するメンテナンス契約上の保証条件 ・ サービス員、機材等をアクセス可能とするための道路確保とその責任分担確認 ・ 契約の解除、更新条件の明確化 ・ メンテナンス契約者が機器供給会社と異なる場合、期間費用負担、保証条件、瑕疵担保範囲と条件、予備品・消耗品の納入可否・期間等の明確化
保守契約 （不定期点検）	<ul style="list-style-type: none"> ・ サービス作業の対象範囲（製品、作業、運搬等）、実施内容、実施時期、費用、必要な助勢の有無、保証内容等の明確化 ・ 大型機器不具合発生時の重機手配、通行、部品調達を考慮した補修期間の設定 ・ サービス実施の手順（誰の要請で、いつまでに、誰が、何を） ・ 故障対応時のサービス員、機材等をアクセス可能とするための道路確保とその責任分担確認
補修契約 （改造、改修）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 改造、改修の目的、効果、期間、費用の明確化 ・ 改造、改修結果に対する保証範囲、期間、内容の明確化 ・ 改造、改修に伴う重機等アクセス路確保要否とその責任分担の明確化 ・ 改造、改修が機器供給会社と異なる場合、機器供給会社の保証範囲、条件の変更要否明確化 ・ 改造、改修が機器供給会社と異なる場合、事業者からの情報開示条件、範囲の明確化
部品	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消耗品、交換部品、交換周期、価格等の明確化 ・ 事業者保管予備品、消耗品の陳腐化、モデルチェンジ等に対する補充・交換の要否、費用負担の明確化
治具、工具	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業者側準備品の供給範囲、費用、補償等の明確化 ・ 業者側準備品の範囲、費用（損料）の明確化 ・ 特殊治工具の有無、購入可否、費用、使用方法等の明確化
アクセス権	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業者から運転監視、メンテナンス、サービス業者への風力発電システムアクセス権の開示
トレーニング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機器供給会社から事業者の教育：内容、期間と操作限界の明確化 ・ 一次対応のための事業者側技術者へのトレーニング内容と費用の負担 ・ 事業者から運転監視会社への教育：内容、期間と操作限界の明確化 ・ 事業者からメンテナンス会社への教育：内容と操作範囲の明確化 ・ 事業者からサービス会社への教育：内容と操作範囲の明確化
債務の制限	<ul style="list-style-type: none"> ・ 供給者が事業者の同意なく機器を改造、交換した場合：生じた不具合に対する供給者の責任と費用負担 ・ 事業者が供給者の同意なく改変した場合：生じた不具合に対する事業者の責任と費用負担 ・ メンテナンス契約解除、損害補償請求内容の明示

(2) 損害保険、賠償責任保険

通常、風力発電システム等に係る損傷、損壊等の損害を補うものとして損害保険があり、損害保険としては民間保険会社、共済問わず「火災保険」または「動産総合保険」にて大多数が引き受けられている。「動産総合保険」は「火災保険」に比べ、盗難、取り扱い上の事故（修理、清掃作業中における作業上の過失による機器損傷・損壊を含む）などの損害を補償するオールリスク補償型となっているため、目的に応じて、引き受け保険を選択する必要がある。

また、風力発電設備の所有、使用および管理上の事故によって企業が負担される賠償責任を補うものとして、賠償責任保険があり、風力発電機の所有・使用・管理に起因して、第三者の身体または財物に損害を与え、法律上の賠償責任を被った場合が対象となっているため、風力発電システムの設置場所によっては、これらの保険の付保も検討する必要がある。

しかし、風力発電システム等の損害保険・賠償責任保険の特徴としては一度事故が発生すると損害額(修理額)・賠償額が非常に大きくなるため、今後風力発電システム導入を考える際には、損害保険・賠償責任保険についても、補償内容、保険料等についても事前に検討しておく必要がある。この場合、風力発電システムにかかわる損害保険・賠償責任保険について十分な知識を有する保険会社などを通じて保険の安定的供給を確保する必要がある。また、保険を付保したからといって、すべてが保険でまかなえるわけではなく、あくまでリスクの転嫁方法のひとつであり、風力発電システム導入に際してはそのことも踏まえて検討する必要がある。

風力発電システムの火災保険、賠償責任保険の一般的内容を以下に示す。

(a-1) 火災保険補償内容（普通火災保険の場合）

- ・火災、落雷（火災損害・衝撃損害・波及損害）、破裂、爆発
- ・風災、ひょう災、雪災（損害額が20万円以上の場合に支払い対象となることが多い）
- ・航空機、車両の衝突（損害額が20万円以上の場合に支払い対象となることが多い）
- ・騒じょう、労働争議にともなう事故（不担保特約となる場合が多い）
- ・給排水設備の事故による水漏れ

(a-2) 賠償責任保険補償内容

風車の倒壊または部品の落下が、第三者の身体や財物に損害を与えた場合

- ・被害者に支払うべき法律上の損害賠償金
 - 身体賠償事故の場合：治療費/休業損失/慰謝料など
 - 財物賠償事故の場合：修理費など（時価額が限度）
- ・被害者に対する応急手当、緊急処置などの費用
- ・訴訟になった場合の訴訟費用や弁護士報酬など

また、昨今、保険の自由化によりさまざまオプションを追加することができるようになり、リスクの度合いに応じて事項の補償内容も追加することが可能である（いわゆるオールリスク型火災保険）。

- ・偶然的な外来の事故による電氣的・機械的事故（炭化・溶融の事故、操作ミス等の事故）
- ・風水災に基づく事故（床上浸水等）
- ・上記以外の不測かつ突発的な事故（上記事例以外の免責事項に該当しない事故）

- ・地震（担保特約が必要）
- ・火災、落雷、爆発等による損害で発生した利益の減少（利益保険）
- ・ショート等による損害で発生した利益の減少（機械利益保険）
- ・物体の飛来、衝突等による損害で発生した利益減少（機械利益保険）

主な免責事項を下記に示す。

- ・故意、重過失
- ・法令違反による損害
- ・地震による損害（特約にて対応可能）
- ・戦争、テロ等
- ・核燃料物資による損害
- ・施設の改築・修理等の工事によって生じた賠償損害
- ・屋根・窓・通風孔から入る雨、雪等による財物損壊による賠償責任
- ・汚染物質の排出、流失、漏出による賠償責任

(b) 火災保険の実態と事故発生時の必要書類

現在、風力発電システムの民間保険会社・共済問わず保険金支払い事故の実態と特徴は下記のとおりである。

損傷部位：ブレード、制御機器、発電機等が多くなっている。

事故原因：落雷事故が特に多く、最近では台風、竜巻、低気圧等による損害も増えてきている。またオールリスク型火災保険の場合、電氣的・機械的事故、その他不測かつ突発的な事故件数も増えてきている。

季節要因：落雷事故は冬に集中し、台風事故は夏・秋に集中する。また自然災害の事故の場合、特定の地域に頻発するケースが多い。

損害額：ブレードの破損は 1,000 万円を超える場合が多く、電気系統のみであれば数百万円が平均的な損害額となっている。

また、事故が起きたときに必要となる主な書類を下記に示す。

落雷が事故原因であれば、事故当時の落雷発生状況・事故の発生状況を示すデータ

事故発生の日時・場所

被害項目・復旧見積書（調査費・材料費・労務費の数量×単価内容が把握可能なもの）

応急処置の方法・内容

点検調査報告書・作業報告書・修理要領書・図面等

作業日報・工程表

写真等（被害状況写真、復旧後写真）

(c) 火災保険料について

現在の風力発電システム等の火災保険料については、事故の多発等により 1 件ごとにリスクの実態を把握（例：過去の事故歴、支払い保険金、事故原因、地域）しながら、保険料を提示

している。また、保険契約締結後においても、事故発生状況により、保険料の改定がなされる。

見積もりにあたって、一部保険会社では次の情報を要求している場合があるので、参考として示す。

- ・ 過去の罹災歴
- ・ 近隣に類似施設がある場合；名称・距離・罹災歴
- ・ 設置工事費用の内訳がわかるもの（保険金額設定の根拠）
- ・ 風力発電システムのパンフレット
- ・ 風力発電システム仕様書
- ・ サイトの地図、タワーの配置図、タワー・ナセル等の図面
- ・ 風車基礎の計算書（風力基礎断面図、地盤柱状図を含む）
- ・ 地震、風に対しての構造計算書（支持物の構造図および強度計算書）
- ・ その他：落雷対策に関する説明資料

(3) 運転監視

風力発電システムは、一般に各種保護装置を有しており無人自動運転が可能であることから、基本的には運転状態の常時監視等は、出力制限無し・自動付加調整装置又は付加制限装置無し・切替操作頻度制限無しの場合以外は不要である。風力発電規程（JEAC50005-2001）の第 4-2 条にある監視制御方式の適用条件を下記に示す（表 4.2.6-2）。なお、随時巡回方式を適用する場合は、以下の条件をすべて満足することが必要である。

- 1) 当該発電所において開閉所機能又は変電所機能がないこと。
- 2) 当該発電所から直接一般の需要家に電気を供給しないこと。
- 3) 当該発電所の運転又は停止により需要家の電圧および周波数の維持に支障を生じないこと。

表 4.2.6-2 監視制御方式の適用条件

項目	常時監視	遠隔常時監視	随時監視	随時巡回
出力	制限無し	制限無し	制限無し	制限無し
自動負荷調整装置又は負荷制限装置の有無	無し	発電制御所には有り	有り	有り
切替操作頻度	制限無し	制限無し	送電系統の切替操作頻度が少ないこと。ただし、制御所又は技術員駐在所から切替操作を監視し、かつ操作する装置を施設する場合はこの限りでない。	送電系統の切替操作が非常に少ないこと。

しかし、法的には事業用電気工作物と定義され、設置者による自主的な保安の確保(保安規程を定めるとともに、電気主任技術者を選任し、経済産業大臣又は所轄産業保安監督部長に届け出ねばならない)が義務づけられており、風力発電設備を安定かつ効率よく運転を行うため、技

術員(運転に必要な知識および技能を有する者)による巡視、点検等が必要である(表 4.2.6-3)。また、「電気設備の技術基準」では、最低限、技術員が随時巡回することを義務づけている。ただし、これらの点検は、出力が 1,000kW 以上の場合を除き、電気保安協会等に委託することが可能である。

したがって、日常の運転監視は必ずしも必要ではないが、運転状態を把握することにより、発電状況の把握やトラブルの早期発見に役立つ。なお、電話回線による遠隔監視が可能な場合もあり、この場合、朝、昼、夕等、日々の定期的な遠隔監視を実施することが望まれる。

なお、1995 年 4 月の電気事業法改正(1995 年 12 月 1 日施行)により、電圧が 600V 以下で、出力 20kW 未満のものについては、室内配電設備と同じ一般用電気工作物と定義され、設置者の保安責任はあるものの、上述の法律上の義務はない。

表 4.2.6-3 日常巡視の内容例

巡視の重点箇所	巡視のポイント
屋内使用場所	コードやスイッチの痛んでいるものがないか。 モータの外箱のアース線が外れていないか。 手元スイッチ、コンセントが痛んでいないか。 モータから異臭、異音がないか。 電源盤のアース線が外れていないか。 アレスタに異常がないか。 電力ヒューズ外観に異常がないか。 断路器、遮断機、開閉器の外観に異常ないか。 計器用変圧器の外観に異常ないか。 変圧器の外観に異常ないか。 遠隔監視用 PC に異常ないか。 配電盤、制御盤の外観に異常ないか。
漏電火災警報器 漏電遮断器	漏電火災警報器の電源用プラグが付いているか。 漏電火災警報器のブザーのスイッチが切っていないか。 漏電遮断器が故意に動作しないようにしてあるか。
屋外照明器具	スイッチは破損していないか。 照明用ブラケット・看板灯等の取付が外れていないか。
屋外および屋外配線	電線が建物等に触れていないか。 架空電線が垂れ下がっていないか。 電力量計外観に異常がないか。 電柱に異常がないか。 避雷機の外観に異常ないか。
風車	ナセル、ブレード、タワー等の外観に異常がないか。 振動、異常音、異臭等がないか。 タワー等に発錆がないか。
臨時施設	仮配電線は痛んでいないか。 電線に物をつるしていないか。

(4) 電気設備の保守点検

風力発電設備は、事業用電気工作物であり、保安規程に基づく点検が必要である。

点検頻度は、経済産業省の通達により月に 1 回以上と規定されており、実際の例では月に 1 ~ 2 回である。点検の内容としては、目視による外観点検等異常のチェックである。

また、年に 1 回程度、外観点検と併せて、運転を停止し、主回路端子、制御回路の確認、動作確認を行う必要がある。絶縁抵抗測定、接地抵抗測定等の点検は、対象機器により 2 年に 1 回又は 3 年に 1 回程度(年次点検)、風力発電規程(JEAC-5005-2001)第 7-4 条に従い行う

必要がある。

点検は、電気保安協会等に委託することも可能であり、その場合の費用は設備の容量等により異なるが、年間数十万円程度である。年次点検として絶縁抵抗測定、接地抵抗測定、保護継電器動作試験を年1回のみを委託する場合は十数万円程度である。ただし、出力が1,000kW以上の場合は、委託はできず保安の監督者として電気主任技術者を選任しなければならない。参考として風力発電規程（JEAC-5005-2001）第7-4条に記載の電気設備関係の年次点検例と周期を表4.2.6-4に示す。

表4.2.6-4 電気設備関係の日常巡視の内容（参考）

設 備	周 期	点 検 内 容
変圧器	3年1回 6年1回	油中ガス分析 外観点検 主回路締付け確認 ブッシング類点検、清掃 絶縁抵抗の測定
遮断機	2年1回 6年1回	外観点検 主回路端子、制御回路の確認 操作試験 絶縁抵抗の測定 投入・引外し電圧測定、開極時間測定
断路器	2年1回	外観点検 開閉動作状況の確認
配電盤	2年1回 6年1回	外観点検 一般構造および配線検査 総合動作試験 絶縁抵抗の測定 変成器回路の電圧、電流測定 計器類、継電器単体の性能試験
電力用コンデンサ	3年1回	外観点検 ブッシング、支持碍子の外部点検、清掃 端子締付け確認 直列リアクトル点検 放電コイル点検 絶縁抵抗の測定
避雷器	3年1回	外観点検 主回路、接地端子点検 碍管部の点検、清掃 絶縁抵抗の測定
計器用変成器	2年1回	外観点検 端子点検 碍管部の点検、清掃 絶縁抵抗の測定
電線路	3年1回	絶縁抵抗の測定
その他の電気設備	1年1回	機能確認 絶縁抵抗の測定

(5) 風車設備本体の点検・保守

風力発電機は機械的可動部分が多く、潤滑油の補給や消耗品の交換等定期的な点検が必要であり、合わせて機械的・電気的点検を実施し稼働率を向上させる目的でメンテナンス・サービス業者と保守契約（包括契約等）を結び実施する。定期点検はメーカーにより異なるが、年に4回（目視点検、給脂点検、機械点検、電気点検で内訳は下表参照）実施するのがメーカー推奨

案である。点検費用は 2000 kW / 台あたり年間 400 万円程度である。

点検内容としては、ケーブル・ブレード・タワー等の目視点検、潤滑油補給、端子接続・ボルト弛み・ブレーキシステムの点検等である(表 4.2.6-5 および表 4.2.6-6)。定期的にブレーキユニット、ギヤボックス・油圧ブレーキ用オイル等を交換する必要がある。

図 4.2.6-2 に保守点検状況を参考に示す。

表 4.2.6-5 定期点検周期 (例)

点検種別	春	夏	秋	冬
目視点検	▽	▽	▽	▽
給油点検	▽		▽	
機械点検	▽			
電気点検			▽	

▽・・・実施時期

表 4.2.6-6 定期点検項目・点検内容 (例)

点検項目	点 検 内 容
目視点検 (4回/年)	・各部を外観で確認(変色・異臭・異常音・変形・亀裂等の有無)
	・発錆等の点検
	・雨水浸入の有無
	・各部照明器具の点検
給脂点検 (2回/年)	・各ベアリング部のグリース缶交換
	・各ベアリング部およびナセル旋回部のグリース補給
	・ヨーギヤボックスの油量の確認
	・ピッチギヤボックス、油圧ブレーキユニットの油量の確認
機械点検 (1回/年)	・タワー基礎ボルトの締付け、タワー基礎部外観の異常の有無
	・ブレードボルトの締付け確認
	・ブレード、タワー基礎以外のボルトの締付け確認
	・ヨーギヤボックスのオイル交換
	・ピッチギヤボックスのオイル交換
	・油圧ブレーキユニットのオイル交換
電気点検 (1回/年)	・風車各部のセンサ・スイッチ類の点検および調整
	・主回路接続部の弛みの確認
	・風車各部の設定値(パラメータ)の確認
	・各部の動作試験
	・保護装置試験

* これらは例であり、実際の各点検項目と点検サイクルについては、購入した風車メーカーの点検マニュアルならびに O&M (運転・保守) 契約等によること。



ヨーギアグリス塗布



スリップリング内点検



基礎ボルト増し締め



ブレード点検

図 4.2.6-2 定期点検時の作業状況

4.3 電気事業者との協議

4.3.1 系統連系に関する手続き

電力会社に発電電力を売電するには、系統に連系するための技術的な調整と手続きが必要で、それは系統連系技術要件ガイドラインに則って行う必要がある。さらに電力販売に関する手続きのための売電価格に関する調整と手続きが必要である。

(1) 系統連系技術要件ガイドライン

風力発電システムで発電した電力は、小規模な独立系システムまたは特殊な事例を除き、電力会社による商用系統に接続され（系統連系と呼ぶ）運転を行うのが一般である。しかし、連系したことにより既存電力の品質、信頼性、保安等に影響を与え、他の電力使用者が従来の電力を使用できなくなることを避けるため、風車の設置者側が技術的に適切な措置を施しておく必要があり、「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」（資源エネルギー庁編；以下、系統連系ガイドラインと略す）を技術的要件の基準として、連系する電力会社と協議を進めていく。系統連系ガイドラインの主要な条文概要を表 4.3.1-1 に示す。ガイドラインの解説を民間の技術指針として「分散型電源系統連系技術指針」が発刊されている。なお、「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」は下記ホームページに掲載されている。

http://www.jhia.or.jp/pdf/keito_guideline.pdf

表 4.3.1-1 電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドラインの概要

第 2 章の共通項目と高圧配電線との連系を例として示す

条 項	内 容
第 1 章 4 連系の区分	(2)高圧配電線との連系 発電設備等の一設置者当たりの電力容量が原則として 2,000kW 未満の発電設備等は、第 2 章第 1 節及び第 3 節に定める技術要件を満たす場合には、高圧配電線と連系することができる。
第 1 章 5 協議	このガイドラインは系統連系に要する技術要件についての標準的な指標であり、実際の連系にあたっては発電設備の設置者及び系統側の電力事業者は誠意を持って協議に当るものとする。
第 2 章第 1 節 1 電気方式	(1)発電設備等の電気方式は、(2)に定める場合を除き、連系する系統の電気方式と同一とする。
第 2 章第 3 節 1 力率	高圧配電線との連系のうち、逆潮流がない場合の受電点の力率は、標準的な力率に準拠して 85%以上とし、かつ系統側からみて進み力率とはならないこととする。
第 2 章第 3 節 2 自動負荷制限	発電設備等の脱落時等に連系された配電線路や配電用変圧器等が過負荷となるおそれがあるときは、発電設備等設置者において自動的に負荷を制限する対策を行うものとする。
第 2 章第 3 節 3 逆潮流の制限	逆潮流のある発電設備等の設置によって、当該発電設備等を連系する配電用変電所のバンクにおいて、常に逆潮流が生じないようにすることが必要である。
第 2 章第 3 節 4 電圧変動	(1)常時電圧変動対策: 低圧需要家の電圧を標準電圧 100V に対しては 101±6V、標準電圧 200V に対しては 202±20V 以内に維持する必要がある。 (2)瞬時電圧変動対策: 発電設備等の並解列時の瞬時電圧低下は常時電圧の 10% 以内とし、瞬時電圧低下対策を適用する時間は 2 秒程度までとする。
第 2 章第 3 節 5 不要解列の防止	連系された系統以外の短絡事故等により系統側で瞬時電圧低下等が生ずることがあるが、連系された系統以外の事故時には、発電設備等は解列されないようにするとともに、連系された系統から発電設備等が解列される場合には、逆電力継電器、不足電力継電器等による解列を自動再閉路時間より短い時限、かつ、過渡的な電力変動による当該発電設備等の不要な遮断を回避できる時限で行うものとする。
第 2 章第 3 節 6 連絡体制	系統側電気事業者の営業所等と発電設備等設置者の技術員駐在箇所等との間には、保安通信用電話設備を設置するものとする。

(2) 系統連系の手続き手順

電力会社との系統連系については電気事業法では規制されていないので、系統連系する場合には「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」に基づき、連系する電力会社と協議調整を行う。表 4.3.1-2 に系統連系手続きの概要を示す。電力会社との協議や調整には 1~2 ヶ月程度かかると言われているので、風車を設置するための基本的な設計が終了した段階で事前協議の依頼を行えばよいが、設計計画・検討の早い段階で電力会社と調整作業に入るのが望ましい。実際には電力会社との協議や調整は、風力発電システム設置業者や風車メーカー等が代行する場合が多い。

表 4.3.1-2 系統連系の手続き

項目	内容
事前協議	系統連系照会による営業的条件、技術的条件の検討を行い、連系方法を電力会社と協議する。
系統連系申込	事前協議の仮合意を得たら、電力会社に正式に系統連系を申し込む。電力会社で系統連系の技術検討、協議、事前確認が行われる。
契約の締結	連系協議の合意が得られたら、電力会社と契約書の締結を行う。電力会社は系統連系工事の施工に入る。
竣工検査	施工完了後の自主検査の際に、電力会社が連系協議合意内容に基づいているか検査を行う。

事前協議は、風力発電システムの概要、連系する系統、系統連系希望日、単線結線図、機器・保護継電装置の仕様等を電力会社に提出し、これらについて前準備的な協議を行う。合意が得られた場合に、系統連系申込みを行うことが可能となる。

系統連系の申込みの際には、電気申込書、高圧受電希望書、高周波流出電流計算書、系統連系申込書等を提出し、電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドラインや電力会社の電気供給規定に基づいた本協議に入り、申請内容の照合、電圧・力率・高周波等の検討が行われる。協議の進み具合に応じて、「分散型電源系統連系技術指針」に例示されている表 4.3.1-3 に示す資料の提出や検討が行われる。なお、風力発電システムは、人為的に発電電力制御を行う事が不可能である事や可変速機が主流になりつつある事等、一般的な分散型電源と異なる点があるので、申請先の電力会社毎の風力発電機系統連系申請フォーマットを入手する必要がある。

参考用として発電機の項目に関しては、2003年に社団法人 日本電気工業会 風力発電システム技術専門委員会が、分散型電源系統連系技術指針および各電力会社の申請フォーマットを調査・検討した記載書式を表 4.3.1-4 に示す。(日本電機工業会ホームページ <http://www.jema-net.or.jp/>)

連系協議の合意に至った後、電力受給契約書、工事負担金契約書、自家用発電設備の並列運転に関する契約書等に調印し、受給契約、系統連系契約、運用申合せの締結を行い、設置工事に移る。これに伴い受給用電力量計や余剰電力販売用電力量計を取り付ける。系統連系を行うことにより必要になった計量器や安全保護装置の設置、修理、管理費等の費用は、一般的に風力発電事業者が負担する。

表 4.3.1-3 電力会社との系統連系協議に必要な資料例

	系統連系協議資料例	主な検討項目
共通	・保護装置のガイドラインとの適合性等の説明	同左
	・逆潮流の有無に関する説明 ・最大出力値、連系点での最大逆潮流値、最大受電値	連系の適用区分（逆潮流の有無） 常時電圧変動
	・受電設備構成 ・単線結線図による継電器、計器用変成器等の設置図	解列箇所 保護協調等の確認
発電機	・発電機に関する事項 ○同期発電機の場合（ACリンク方式） ・交流出力に関する定格 定格容量、定格出力、定格電圧、定格力率等 ・電気定数 同期リアクタンス(X_d)、 過渡リアクタンス(X_d')、初期過渡リアクタンス(X_d'') 開路過渡時定数(T_{d0}')、 短絡過渡時定数(T_d')、短絡初期過渡時定数(T_d'') ・自動制御装置（機能） 自動同期投入装置（有・無）、 自動力率調整装置（有・無）	常時電圧変動 保護協調（リレーの整定） 瞬時電圧変動、短絡電流(短絡容量) 瞬時電圧変動、短絡電流(短絡容量)
	○誘導発電機の場合（ACリンク方式） ・交流出力に関する定格 定格容量、定格出力、定格電圧、定格力率等 ・電気定数 拘束リアクタンス(X_L)、励磁リアクタンス(X_M) 一次漏れリアクタンス(X_1)、一次抵抗(r_1) 二次漏れリアクタンス(X_2)、二次抵抗(r_2) ・自動制御装置（機能） ソフトスタート開路（有・無） ソフトスタート時の電流制限値と継続時間 限流リアクトル(有・無)とその仕様 力率改善コンデンサ（有・無）とその仕様 発電機単体力率と改善後力率（出力別）	常時電圧変動 保護協調（リレーの整定） 瞬時電圧変動、短絡電流(短絡容量) 瞬時電圧変動 瞬時電圧変動 常時電圧変動 常時電圧変動
	○逆変換装置を用いて連系する場合（DCリンク方式） ・交流出力に関する定格 定格容量、定格出力、定格電圧、定格力率等 ・逆変換装置 過電流（短絡電流）制限値 逆変換器ゲートブロック電流値 高調波電流（総合、各次） 交流出力側限流リアクトル(有・無)とその仕様 ・自動制御装置（機能） 自動同期投入装置（有・無） 自動力率調整装置（有・無）	常時電圧変動 保護協調（リレーの整定） 瞬時電圧変動 瞬時電圧変動 電力品質 瞬時電圧変動 瞬時電圧変動 常時電圧変動
保護	・系統連系用保護継電器に関する事項 ・シーケンス、メーカー、形式、特性、整定範囲等 ・単独運転検出機能（原理、整定値等）	保護協調 （保護断電器の種類、整定、設置箇所の確認） 保護協調（単独運転防止）
機器	・系統連系用機器に関する事項 ・進相コンデンサ（形式、容量等） ・遮断器（種別、遮断容量、遮断時間等） ・開閉器（種別、開閉容量） ・変圧器（種別、容量、%インピーダンス等） ・中性点接地装置（種別、抵抗値、リアクトル容量） ・機器定格、型式、制御方法等の基本事項 ・保安通信設備（種別、方式：低圧連系は除く） ・計器用変成器（VT、CT：仕様、使い方）	力率、常時電圧変動 短絡容量 開閉容量 瞬時電圧変動、常時電圧変動 瞬時電圧変動 連絡体制 保護協調（VT、CTの兼用）
その他	・その他 ・運転体制、連絡等に関する説明 ・保安規程	連絡体制 定期点検等の確認

出典：分散型電源系統連系技術指針

表 4.3.1-4 電力会社との系統連系協議に必要な資料と記入例（発電機項目）

1. 風力発電システムに関する事項（系統連系上の区分：誘導機の場合）
注：数値は、記入例であり、特定機種を表しておりません。

(1) 風力発電設備構成（分散型電源系統連系技術指針の区分による）

かご型誘導発電機	巻線型誘導発電機（二次抵抗制御方式）

(2) 発電システムに関する事項（1台当たり）

交流出力	定格容量	1,100 kVA	330 kVA			
出力	定格出力	1,000 kW	300 kW			
力	定格電圧	690 V	(三相三線式)			
	定格力率	90.0 %	系統から見て遅れ			
電気定数	拘束リアクタンス (X_L)	100.00 %	(自己容量ベース)			
	励磁リアクタンス (X_M)	300.00 %	(自己容量ベース)			
	一次漏リアクタンス (X_1)	10.00 %	(自己容量ベース)			
	一次抵抗 (r_1)	1.00 %	(自己容量ベース)			
	二次漏リアクタンス (X_2)	10.00 %	(自己容量ベース、一次換算値)			
	二次抵抗 (r_2)	2.00 %	(自己容量ベース、一次換算値)			
その他	ソフトスタート回路	電流制限値	800 A			
		継続時間	2 Sec			
	限流リアクトル	無し	有り			
	力率改善コンデンサ	無し	有り			
			200 kVA			
	小発電機出力	25 %	50 %	75 %	100 %	最大 %
	改善前力率	80.0%	81.0%	82.0%	83.0%	84.0%
	改善後力率	95.0%	96.0%	97.0%	98.0%	99.0%
	大発電機出力	25 %	50 %	75 %	100 %	最大 %
	改善前力率	80.0%	81.0%	82.0%	83.0%	84.0%
改善後力率	95.0%	96.0%	97.0%	98.0%	99.0%	

2. 風力発電システムに関する事項（系統連系上の区分：同期機の場合）
注：数値は、記入例であり、特定機種を表しておりません。

(1) 風力発電設備構成（分散型電源系統連系技術指針の区分による）

三相交流励磁同期発電機 (巻線型誘導発電機 + 超同期比方式)	直流励磁同期発電機

(2) 発電システムに関する事項（1台当たり）

交流出力	定格容量	1,100 kVA	
出力	定格出力	1,000 kW	
力	定格電圧	690 V (三相三線式)	
	定格力率	95.0 % 系統から見て遅れ	
自動制御	自動力率調整装置 (APFR)	無し	有り 初期設定値 = 100%
	有りの場合：設定可能範囲	系統から見て	進み 95% ~ 遅れ 95%
	自動同期投入機能 (装置)	無し	有り
電気定数	直軸同期リアクタンス (X_d)	300.00 %	(自己容量ベース)
	直軸過渡リアクタンス (X_d')	20.00 %	(自己容量ベース)
	直軸初期過渡リアクタンス (X_d'')	10.00 %	(自己容量ベース)
	直軸閉路過渡時定数 (T_{do}')	2.00 Sec	
	直軸短絡過渡時定数 (T_d')	0.09 Sec	
	直軸短絡初期過渡時定数 (T_d'')	0.09 Sec	

3. 風力発電システムに関する事項（系統連系上の区分：逆変換装置を用いた場合）
注：数値は、記入例であり、特定機種を表しておりません。

(1) 風力発電設備構成（分散型電源系統連系技術指針の区分による）

逆変換装置を用いた発電設備 (直流励磁同期発電機 + 逆変換装置)	逆変換装置を用いた発電設備 (永久磁石同期発電機 + 逆変換装置)

(2) 発電システムに関する事項（1台当たり）

交流出力	定格容量	1,100 kVA							
出力	定格出力	1,000 kW							
力	定格電圧	690 V (三相三線式)							
	定格力率	95.0 % 系統から見て遅れ							
自動制御	自動力率調整装置 (APFR)	無し	有り 初期設定値 = 100%						
	有りの場合：設定可能範囲	系統から見て	進み 95% ~ 遅れ 95%						
	自動同期投入機能 (装置)	無し	有り						
逆変換装置	過電流 (短絡電流) 制限値	120 %	1.0 Sec						
	変換装置ゲートブロック電流値	150 %	0.1 Sec						
	交流出力側限流リアクトル	無し	有り						
	高調波電流 (次数)	5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	23次超過
	(mA/kW)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50	0.20	0.10
		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50	0.20	0.10
		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50	0.20	0.10
		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50	0.20	0.10

4.3.2 売電に関する手続き

風力発電の電気の売電方法は 2003 年 4 月に施行された「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法(RPS 法)」により大きく変わってきている。それまで電力会社は風力発電等の分散型電源から電力会社が余剰電力を購入する基準を 1992 年 4 月に制定し、新エネルギーの普及促進のため、技術開発によって商用化が図られるまでの間は、販売している電気需給契約種別ごとの電力量料金単価で購入するというものであった。長期購入メニューも以前は高値で売買されていた。

RPS 法の施行によって各電力会社の風力発電の購入メニューは、自家用あるいは事業用の区別と出力区分等によって、余剰電力購入メニューにより販売電力と同程度で購入する場合や「電気」と「新エネルギー等相当量」をわけて購入する場合等、様々な形態がある。電力会社によっては RPS 価格を購入しないで電気価値分(約 3 円/kWh)だけを購入する場合もある。表 4.2.2-1 に電力会社による一般的な電力購入メニューを示す。

表 4.3.2-1 一般的な風力発電購入メニュー

対 象	自家用風力発電 (電力自家消費率が 50%以上のもの: 「余剰電力購入メニュー」と呼ばれる)		事業用風力発電 (電力自家消費率が 50%未満のもの)	
	20kW 未満	20kW～ 2,000kW 未満	20kW～ 2,000kW 未満	2,000kW 以上
風力発電機の規模 (定格出力)	20kW 未満	20kW～ 2,000kW 未満	20kW～ 2,000kW 未満	2,000kW 以上
系統連系電圧	低圧(600V 未満)	高圧(600V を超え 7,000V 以下)	高圧(600V を超え 7,000V 以下)	特別高圧 (7,000V を超える)
電力購入価格	販売電力価格と同水準 (電力会社の提示価格もしくは RPS 法における電気のみ購入となる場合あり)		募集時に電力会社が購入価格提示もしくは個別協議・入札 ・電気+RPS クレジットの場合:10～11 円 /kWh 程度 ・電気のみの場合:3～3.5 円/kWh 程度	
備 考	高圧での余剰電力購入メニューは電力会社によっては事業用と同等に扱う場合あり。			

各電力会社の風力発電からの購入は、大規模事業の場合入札が多く、購入価格はその都度各社が決定の上発表することになっているので、計画時点で該当する電力会社へ風力発電購入メニューを確認する必要がある。平成 19 年 12 月現在の風力発電に関する電力会社別の募集概要を表 4.3.2-2 に示すが、最新の情報は各電力会社のホームページ等で確認されたい。

「電気」のみを購入する電力会社の管内に風力発電所を建設し売電する場合は、自らが「新エネルギー等相当量」の売り手先と交渉する必要がある、現時点の個別の市場価格は明らかになっていない。さらに、RPS 法による電力会社への「新エネルギー等相当量」の義務量は 2014 年度まで決められているが、それ以降が未定で、唯一の収入源である「新エネルギー等相当量」の市場価格を想定することは難しく、事業として 15～17 年間の風力発電事業計画を正確に算定することは困難である。

表 4.3.2-2 電力会社別募集概要（平成 19 年 12 月現在）

電力会社	連系可能量	平成 19 年度募集量	電力購入価格(税抜き)	備考
北海道	25 万 kW	すべての出力の風車について、連系可能量を満たしたため募集中断中(H19 10 月現在)	—	
東北	52 万 kW	事業用・家用:出力 2,000kW 以上【抽選】 募集枠:7 万 kW(出力変動緩和制御) (H19 10 月現在、H19 年度分の募集は終了)	平日昼間(夏季):5.90 円/kWh 平日昼間(その他):5.20 円/kWh 夜間、休日:2.2 円/kWh	電気のみ購入
		事業用・家用:出力 20kW 以上、2,000kW 未満【抽選】 募集枠:1 万 kW(下げ代不足分の発電停止)	3.60 円/kWh	電気のみ購入
		家用(余剰電力購入):出力 20kW 未満 【随時受付】	10.00 円/kWh	電気+RPS クレジット購入
			3.60 円/kWh	電気のみ購入
東京	—	事業用:出力 20kW 以上【随時受付】	個別協議	
		家用(余剰電力購入):出力 20kW 未満(低圧) /20kW~2,000kW 未満(高圧)【随時受付】	販売電力価格と同水準額	
中部	—	事業用:出力 2,000kW 以上【随時受付】	個別協議	
		事業用・家用:出力 20kW 以上、2,000kW 未満【随時受付】	10.4 円/kWh	電気+RPS クレジット購入
			3.69 円/kWh	電気のみ購入
北陸	15 万 kW	事業用(一般枠) 募集枠:2 万 kW 【抽選】 (H19 10 月現在、H19 年度分の募集は終了)	抽選後、協議	
		事業用(自治体枠):2,000kW 未満 募集枠:5,000kW(自治体枠)【随時受付】	10.5 円/kWh 2.40~4.10 円/kWh (季節/時間帯により異なる)	電気+RPS クレジットの購入 電気のみ購入
		家用(余剰電力購入):出力 20kW 未満(低圧) /20kW~2,000kW 未満(高圧)【随時受付】	販売電力価格と同水準額	
関西	—	事業用:出力 2,000kW 以上【随時受付】	個別協議	
		事業用:出力 20kW 以上、2,000kW 未満【随時受付】	10.82 円/kWh	電気+RPS クレジットの購入
			4.12 円/kWh	電気のみ購入
中国	—	事業用(一般枠):出力 20kW 以上【入札】 募集枠:50,000kW (H19 10 月現在、H19 年度分の募集は終了)	入札価格(上限 10.5 円/kWh)	電気+RPS クレジットの購入
			3.70 円/kWh	電気のみ購入
		事業用(自治体枠):出力 20kW 以上【抽選】 募集枠:5,000kW (H19 10 月現在、H19 年度分の募集は終了)	10.50 円/kWh	電気+RPS クレジットの購入
			3.70 円/kWh	電気のみ購入
四国	20 万 kW	20kW 以上の事業用・家用風力は連系可能量を満たしたため募集中断中(H19 10 月現在)	—	
		家用(余剰電力購入):出力 20kW 未満(低圧)【随時受付】	個別協議	
九州	70 万 kW	事業用・家用(一般枠):出力区分なし 募集枠:170,000kW【抽選により連系優先順位を決定】 (H19 10 月現在、H19 年度分の募集は終了)	2,000kW 超え:協議 (9.5 円/kWh 以下)	電気+RPS クレジットの購入
			2,000kW 以下:協議 (10.5 円/kWh 以下)	電気+RPS クレジットの購入
			3.00 円/kWh	電気のみ購入
		事業用・家用(地域枠:佐賀県玄海地区、鹿児島県川内地区の地元事業者が設置するもの):出力区分なし 募集枠:20,000kW【抽選により連系優先順位を決定】 (H19 10 月現在、H19 年度分の募集は終了)	2,000kW 超え:協議 (9.5 円/kWh 以下)	電気+RPS クレジットの購入
			2,000kW 以下:協議 (10.5 円/kWh 以下)	電気+RPS クレジットの購入
			3.00 円/kWh	電気のみ購入
		事業用・家用(研究・教育枠):出力区分なし 募集枠:2 千 kW【定格出力の小さい順に系統優先順位を決定】(H19 10 月現在、H19 年度分の募集は終了)	2,000kW 超え:協議 (9.5 円/kWh 以下)	電気+RPS クレジットの購入
2,000kW 以下:協議 (10.5 円/kWh 以下)	電気+RPS クレジットの購入			
	3.00 円/kWh	電気のみ購入		
沖縄	2.5 万 kW	20kW 以上の事業用・家用風力は連系可能量を満たしたため募集中断中(H19 10 月現在)	—	
		家用(余剰電力購入):出力 20kW 未満【随時受付】	販売電力価格と同水準額	

4.4 電気事業法による法的手続き

(1) 手続きの概観

発電所を建設する際に係る電気関係の基本的法令は電気事業法である。同法に基づいている電気事業法の施行令および施行規則によって、風力発電所の設置、変更工事を行う際に必要な諸手続きが規定されている。手続きには工事計画、主任技術者、保安規程等があり、手続きの必要、不必要は発電規模により異なる。風力発電所の建設に係る法的手続きの概要を図 4.4-1 に示す。

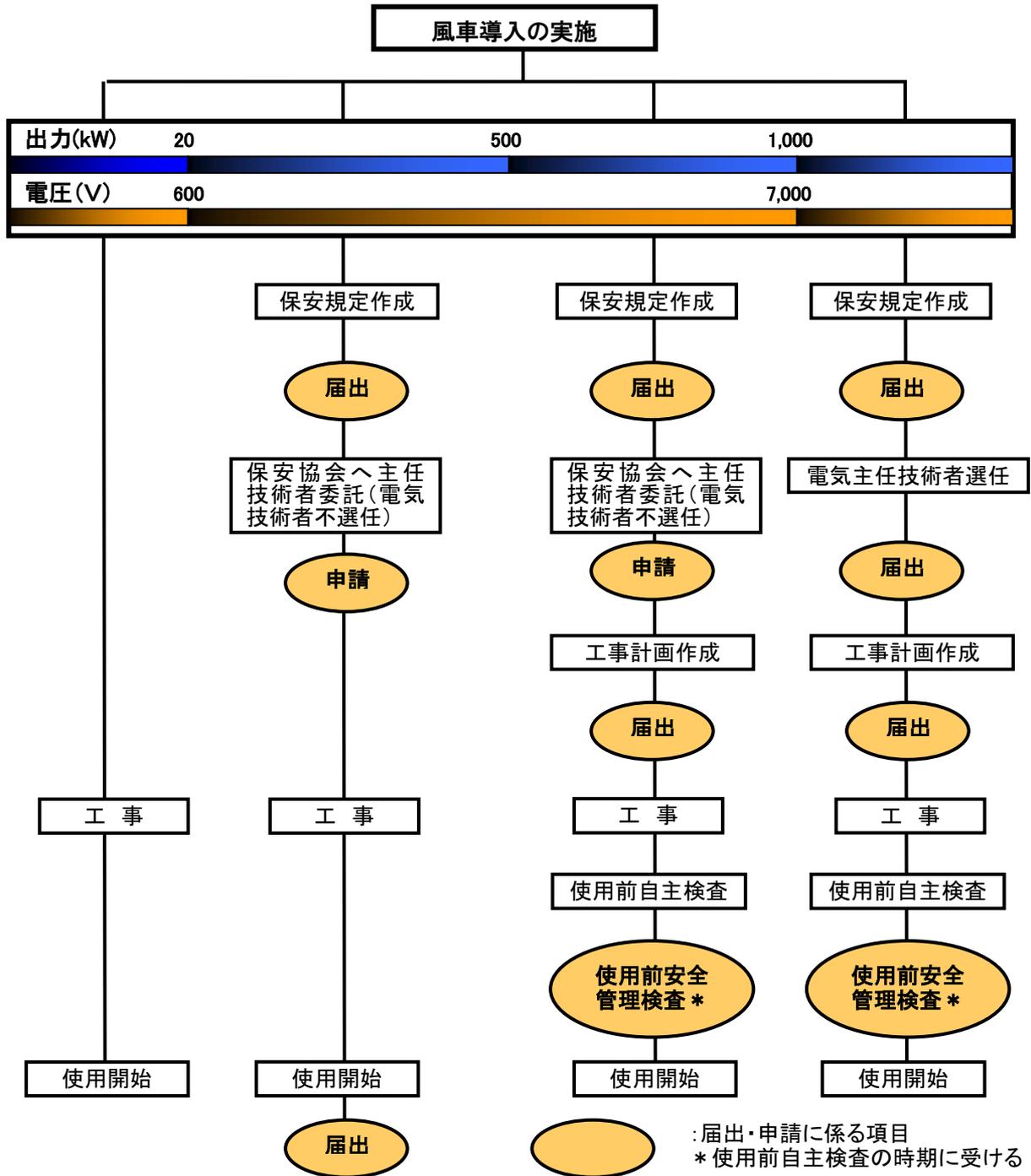


図 4.4-1 風力発電導入に関する手続き

申請又は届出先は経済産業大臣であるが、電気事業法施行令により、その権限が工事の行われている場所又は設置の場所を管轄する経済産業局長に委任されているので、通常は所轄の経済産業局長に申請又は届出すればよい。

(2) 保安規定の作成

電気事業法第 42 条施第 50 条に、事業用電気工作物を設置する者は、工事、維持および運用に関する保安を確保するため、保安規程を定め、事業用電気工作物の使用の開始前に、経済産業大臣に届け出なければならないと規定されている。

保安規程の届け出発電規模 20kW 以上の風力発電所を設置する際は、工事、維持および運用に関する自主保安体制の整備確立を図るため保安規程を作成し、経済産業局へ工事の前に届け出ることが必要となる。他の自家用電気工作物が既に設置されている場所に増設する場合には、届出してある保安規程の変更、追加手続きを行う。

保安規程の内容には、電気事業法施行規則第 50 条に、以下の事項について記載するよう定められている。また、添付書類として、設備の概要、単線結線図、命令・連絡体制等を明記した資料が必要となる。電力会社と系統連系する場合は、系統連系技術要件適合表や電力会社の承諾書等も添えて提出しなければならない。

- ・ 事業用電気工作物の工事、維持または運用に関する義務を管理する者の職務および組織に関すること。
- ・ 事業用電気工作物の工事、維持または運用に従事する者に対する保安教育に関すること。
- ・ 事業用電気工作物の工事、維持または運用に関する保安のための巡視、点検および検査に関すること。
- ・ 事業用電気工作物の運転または操作に関すること。
- ・ 発電所の運転を相当期間停止する場合における保全の方法に関すること。
- ・ 災害その他非常の場合に採るべき措置に関すること。
- ・ 事業用電気工作物の工事、維持および運用に関する保安についての記録に関すること。
- ・ 事業用電気工作物の法定自主検査に係る実施体制および記録の保存に関すること。
- ・ その他の事業用電気工作物の工事、維持および運用に関する保安に関し必要な事項。

(3) 電気主任技術者の選任・委託

電気事業法第 43 条施第 52 条に、1,000kW 以上の風力発電所の維持運用のため、電気主任技術者の選任の届け出が必要となり、20kW 以上 1,000kW 未満の風力発電所の維持運用のため電気技術者の不選任の届け出が必要となると規定されている。

主任技術者の選任または不選任風力発電所の建設工事、維持、運用に係る保安の監督をさせるために、主任技術者免状の交付を受けている者のうちから主任技術者を選任し、経済産業局へ届け出なければならない。主任技術者免状の種類には、第一種電気主任技術者免状、第二種電気主任技術者免状、第三種電気主任技術者免状等があり、経済産業省令で定める学歴または

資格および実務経験を有する者や、電気主任技術者試験に合格した者等に交付される。電気主任技術者の変更は、前任者を解任し、後任者を選任する届け出が必要となる。

発電規模 1,000kW 未満の風力発電所では、電気保安協会等の指定法人に保安に関する業務を委託し、経済産業局の承認を得れば主任技術者を選任しなくても可能（不選任）であることが認められている。さらに、発電規模 20kW 未満の風力発電所では、主任技術者の届出は不要となっている。経済産業局へ主任技術者の届出をする際の書類は、主任技術者選任許可申請書、主任技術者選任または解任届出書、主任技術者不選任承認申請書の内の 1 様式を提出する。

(4) 工事計画

電気事業法第 48 条施第 65 条に、500kW 以上の風力発電所の設置または変更の工事をしようとする者は、工事の計画を届出しなければならないと規定している。

工事計画の事前届出発電規模 500kW 以上の風力発電所の設置、変更工事を行う場合は、経済産業局へ工事計画を届け出なければならない。また、その工事の計画の変更をしようとする時も、同様に届出が必要となる。ただし、届出が受理されてから 30 日を経過した後でなければ、工事を開始してはならないので注意が必要である。

届出書類は、風力発電システムや遮断器の仕様を記載した工事計画届出書には少なくとも以下の資料を添付する必要がある。

- ・送電系統図
- ・発電所の敷地境界を明示した図面
- ・単線結線図
- ・短絡容量計算書
- ・風車、支持物の強度計画書
- ・電気設備の技術基準に対する説明書
- ・風力発電設備に関する技術基準を定める省令に対する説明書
- ・地形図
- ・発電所内の主要機械配置図
- ・発電方式に関する説明書
- ・風車、支持物の構造図
- ・制御方式に関する説明書
- ・系統連系に対する説明書

(5) 使用前安全管理検査

電気事業法の法第 50 条の 2 施第 73 条の 2～10 に、発電規模 500kW 以上の風力発電所を設置する者は、その使用の開始前に当該事業用電気工作物について自主検査を行ない、その結果を記録しておかなければならない。使用前自主検査を行う時期に、使用前自主検査に係る体制について、経済産業大臣等が行う審査を受けなければならないと規定している。

4.5 助成制度

風力発電導入に当たっては、さまざまな助成制度がある。表 4.5-1(1)(2)にその内容の一覧を示す。なお、各助成制度の詳細については付属資料に示したので参照されたい。

表 4.5-1(1) 風力発電導入に関する主な助成制度一覧（2007 年度現在）

項目	助成制度	補助金交付先	助成内容	実施機関 窓口
計画策定	地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業	地方公共団体 地方公共団体の出資に係る法人	地域新エネルギービジョン策定調査 重点テーマに係る詳細ビジョンの策定調査 事業化フィージビリティスタディ調査 補助率：定額	N E D O
事前調査	風力発電フィールドテスト事業（高所風況精査）	民間企業 各種団体等 （地方公共団体）	1/2 相当額	N E D O
設備導入等	地域新エネルギー等導入促進事業（啓発事業義務化）	地方公共団体等 非営利民間団体	導入促進事業：≤1/2(1/3) 普及啓発：2,000 万円限度。 条件で補助率が異なる。	N E D O
	新エネルギー等事業者支援対策事業	民間企業等	補助事業補助率：≤1/3 （10 億円×期間） 条件で補助率が異なる。	経済産業省
	地方公共団体率先対策補助事業	地方公共団体	補助率 1/2 施設整備：≤2 千万円	環境省
	風力発電システム安定化対策助成金	発電事業者	補助率：≤1/3	N E D O
	グリーン電力基金	東京電力供給区域内の地方公共団体等	定格出力かインバータイ ずれか小さい方、1kW あ たり 20 万円(上限 1 千万 円)	G I A C
	地域協議会民生用機器導入促進事業	民間企業	補助率：1/3	環境省
	再生可能エネルギー導入加速化事業	民間企業 地方公共団体	補助率：1/2	環境省
	学校エコ改修と環境教育事業	地方公共団体	補助率：1/2(600 万円以上 1 億円程度まで)	環境省
	環境を考慮した学校施設(エコスクール)の整備推進に関するパイロット・モデル事業	地方公共団体	新築：1/2、改築：1/3	文部科学省 経済産業省 農林水産省 環境省
	啓発事業	新エネルギー・省エネルギー非営利活動促進事業（地域活動支援事業）	非営利民間団体等	1/2 以内(ただし、収入分を差し引く。上限 2,000 万円)。1 年間。
保証制度	新エネルギー利用等債務保証制度	新エネ法の認定を受けた民間業者		N E D O

注) 助成内容中の記号“≤”は補助率または補助額が記号の右に示す数字以下であることを示す。

なお、助成内容の詳細は、各実施機関窓口にお問い合わせされたい。

表 4.5-1(2) 風力発電導入に関する主な助成制度一覧（続き；2007 年度現在）

項目	助成制度	補助金交付先	助成内容	実施機関 窓口
融 資	環境・エネルギー対策資金 (石油代替エネルギー関連)	中小企業	直接貸付：7億2千万円、 代理貸付：1億2千万円。 貸付期間：15年以内（据 置期間2年以内）、貸付利 率：基準利率(特別利率)	中小企業 金融公庫
	風力発電(出力1200kW以 上)整備事業	事業者	政策金利	日本政策 投資銀行
	環境保全資金制度	中小企業者	地方公共団体ごとに条件 が異なる。	都道府県 市町村
優遇税制	エネルギー需給構造改革投 資促進税制 (略称：エネ革税制)	取得設備	7%相当額の税額控除又は 初年度30%特別償却の適用	国税
	地域エネルギー利用設備に係る 固定資産税の課税標準の特 別措置(ロ-加エネルギー税制)	取得設備	固定資産税課税の年から3 年間、課税標準額が5/6。	地方税

参考となる資料

【一般図書および教科書】

- ・足立 芳寛(1997) : 「新エネルギー技術入門」, オーム社
- ・荒川 正一(2000) : 「局地風のいろいろ」, 成山堂書店
- ・飯田 睦治郎(1980) : 「新しい気象学入門」, 講談社
- ・井田 均(1994) : 「カリフォルニアに風力発電が多い理由 自然エネルギー大国への道」
- ・伊藤 学(1997) : 「風のはなし ()」, 技報堂
- ・伊藤 学(1992) : 「風のはなし()」, 技報堂
- ・牛山 泉(1999) : 「さわやか エネルギー風車入門 改訂版」, 三省堂
- ・牛山 泉(1997) : 「さわやかエネルギー風車入門」, 三省堂
- ・牛山 泉(2004) : 「やさしい風・風車・風力発電の話」, 合同出版
- ・牛山 泉・日本自然エネルギー(2005) : 「風力発電マニュアル 2005」, エネルギーフォーラム
- ・牛山 泉(2005) : 「風力エネルギーの基礎」, オーム社
- ・牛山 泉(2005) : 「風力エネルギー読本」, オーム社
- ・牛山 泉(2008) : 「風と風車の話」, 成山堂
- ・牛山 素行(2000) : 「身近な気象・気候調査の基礎」, 古今書院
- ・小沢 行雄・吉野 正敏(1965) : 「小気候調査法」, 古今書院
- ・小倉 義光(1999) : 「一般気象学」, 東京大学出版会
- ・吉野 正敏(1986) : 「新版 小気候」, 地人書館
- ・吉野 正敏(1978) : 「気候学(自然地理学講座2)」, 大明堂
- ・塩谷 正雄(1979) : 「強風の性質」, 開発社
- ・資源エネルギー庁(1999) : 「新エネルギー便覧 平成10年度版」
- ・清水 幸丸(1999) : 「風力発電技術(改訂版)」, パワー社
- ・清水 幸丸(1999) : 「自然エネルギー利用学(改訂版)」, パワー社
- ・関 和司、池田 誠(2002) : 「風力発電Q & A」, 学献社
- ・竹内 清秀(1997) : 「風の気象学」, 東京大学出版会
- ・根本 順吉 他(1982) : 「図説 気象学」, 朝倉書店
- ・野村 卓史(2002) : 「風車のある風景」
- ・本間 拓也(1979) : 「風力エネルギー読本」, オーム社
- ・前田 以誠(1999) : 「風力発電ビジネス最前線」, 双葉社
- ・真木 太一(1987) : 「風害と防風施設」, 文永堂出版
- ・松宮 輝(1998) : 「ここまで来た風力発電 改訂版」, 工業調査会
- ・松本 文雄(2002) : 「風・風車のQ & A 120」, パワー社
- ・光田 寧(1988) : 「気象のはなし」, 技報堂出版
- ・光田 寧(1988) : 「気象のはなし」, 技報堂出版
- ・宮沢 清治(1982) : 「現代の気象テクノロジー3」, 朝倉書店
- ・村原 正隆、関 和司(2007) : 「“風力よ” エタノール化からトウモロコシを救え」, パワー社

【辞典、ハンドブック、マニュアル類】

- ・浅井 富雄・内田 英治・河村 武(1999)：「気象の事典」、平凡社
- ・牛山 泉・三野 正洋(1980)：「小型風車ハンドブック」、パワー社
- ・NHK放送文化研究所(1995)：「気象ハンドブック」
- ・エネルギー・資源学会(1997)：「エネルギー・資源ハンドブック」、オーム社
- ・茅 陽一監修(2003)：「新エネルギー大事典」、工業調査会
- ・環境庁企画調整局地球環境部(1997)：「風力発電導入マニュアル」
- ・気象庁(1993)：「日本気候図 1990年版」
- ・気象庁(1993)：「地上気象観測指針」
- ・新エネルギー財団(1998)：「風力発電システム導入促進検討の手引き」(1998)
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(1997)：「風況精査手法のマニュアル(概要版)」
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(2000)：「風力発電システムの設計マニュアル」
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(2006)：「高所風況精査マニュアル」
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(2006)：「風力発電のための環境影響評価マニュアル(第2版)」
- ・千代田ディムスアンドムーア(株)(1995)：「平成6年度風況精査手法のマニュアル作成調査」、新エネルギー・産業技術総合開発機構
- ・社団法人 土木学会(2007)：「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説」
- ・日本風工学会(2007)：「風工学ハンドブック」、朝倉書店
- ・日本気象学会(1998)：「気象学辞典」、東京書籍
- ・社団法人 日本伝熱学会(1996)：「エネルギー新技術大系」、エヌ・ティー・エス
- ・吉野 正敏、野口泰生(1985)：「気候学・気象学辞典」、二宮書店
- ・和達 清夫(1993)：「最新 気象の事典」

【調査報告書】

- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(1994)：「風力発電フィールドテスト事業に関する可能性調査」、新エネルギー・産業技術総合開発機構
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(1999)：「風力開発における環境影響評価手法調査」、新エネルギー・産業技術総合開発機構
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(1994)：「大型風力発電システム開発調査」、新エネルギー・産業技術総合開発機構
- ・新エネルギー財団(1997)：「新エネルギー開発利用実態調査報告書」
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(1999)：「風力発電システムにおける落雷と対策」
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(1999)：「風力開発フィールドテスト事業における収集データ評価解析(訂正版)」
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(2000)：「新エネルギー技術開発関係データ集作成調査(風力発電)」
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(2002)：「風力発電フィールドテスト事業(運転研究)の運転データ収集・解析」
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(2003)：「風力発電システムの騒音に関する検討」

- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(2005-2007)：「風力発電利用率向上調査委員会および故障・事故等調査委員会」
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構(2005-2007)：「風力発電設備への落雷対策に関する調査」

【講演会、シンポジウム資料、雑誌等】

- ・社団法人日本電機工業会 新エネルギー技術委員会 風力発電システム分科会(1995)：「第10回 新エネルギー講演会 資料」
- ・社団法人日本電機工業会 新エネルギー技術委員会 風力発電システム分科会(1996)：「第12回 新エネルギー講演会 資料」
- ・社団法人日本電機工業会 新エネルギー技術委員会 風力発電システム分科会(1999)：「第23回 新エネルギー講演会 資料」
- ・日本風力エネルギー協会(1980～2007)：「第1回～第29回風力エネルギー利用シンポジウム 講演要旨集」
- ・足利工業大学総合研究センター(2001)：「風力エネルギー利用総合セミナーテキスト」
- ・足利工業大学総合研究センター(2002)：「第2回 風力エネルギー利用総合セミナーテキスト」
- ・足利工業大学総合研究センター(2003)：「第3回 風力エネルギー利用総合セミナーテキスト」
- ・足利工業大学総合研究センター(2004)：「第4回 風力エネルギー利用総合セミナーテキスト」
- ・足利工業大学総合研究センター(2005)：「第5回 風力エネルギー利用総合セミナーテキスト」
- ・足利工業大学総合研究センター(2006)：「第6回 風力エネルギー利用総合セミナーテキスト」
- ・足利工業大学総合研究センター(2007)：「第7回 風力エネルギー利用総合セミナーテキスト」
- ・東海大学総合科学技術研究所(2002)：「新エネルギー・再生可能エネルギー普及利用シンポジウム」

【海外の資料】

- ・Bradbury, Tom(1996): Meteorology and flight. SATA Aero vision
- ・Hills R.L.(1994): Power from Wind. Cambridge University Press
- ・Gipe P. (1993): Wind Power for Home & Business, Chelsea Green Publishing Company
- ・Gipe P. (1995): Wind Energy Comes of Age, John Wiley & Sons, INC.
- ・Janadran S. Rohatgi, Vaughn Nelson(1994): Wind Characteristics, Alternative Energy Institute
West Texas A&M University
- ・Piepers G.G.(1988): Advances in Windfarming. Elsevier
- ・Righter R.W. (1996): Wind Energy in America A History, University of OKLAHOMA Press
- ・Spera, A.D.(ed.)(1994): Wind Turbine Technology. ASME Oress
- ・Swift-Hook DT(ed.)(1989): Wind Energy and the Environment. Peter Peregrinus Ltd.
- ・van Wijk, Ad(1992): Wind Energy and Electricity Production.
- ・Proceedings(American Wind Energy Association; European Wind Energy Conference)
- ・BTM Consult ApS., (International Wind Energy Development)
- ・Windenergie(Bundesverband WindEnergie e.V.)
- ・Jahresauswertung (ISET)
- ・Wind Power Monthly

付 属 資 料

・風力発電事業開発に係わる許認可窓口

	許認可項目（関係法規概要）	決裁窓口・担当窓口	国側窓口
立地調査	自然公園法・自然環境保全体法 （指定保全地域内行為の許可）	都道府県知事	環境省
	砂防法、地滑り防止法 （指定地区内行為の制限・禁止）	都道府県知事 土木事務所長	国土交通省
	文化財保護法（現状変更届出・許可）	都道府県知事（市町村） （教育委員会）	文部科学省文化庁
	農地法（農地転用の規制・許可）	都道府県知事 （4ha以下）	農林水産省 （4ha超）
	農業振興地域の整備に関する法律 （農業振興地域整備計画変更）	都道府県知事 （市町村経由）	農林水産省
	国土利用計画法（国土利用の権利の変更）	都道府県知事 （市町村経由）	国土交通省
	都市計画法	都道府県知事	
	その他		
	景観条例 （景観保全に関する規制・許可）	都道府県知事 （市町村経由）	
	森林法（森林計画区・保安林内行為の規制）	市町村長（伐採届） 都道府県知事（林地開発）	農林水産省林野庁
	保安林、国有林、県有林、 公社造林地、市町村有林	権利者及び管理者 （行政機関）	
海岸法 （海岸保全区域の規制・許可）	都道府県知事 （土木事務所）	国土交通省	
実施設計	電気事業法 （工事計画届・保安規定届・主任技術者選任届・使用前安全管理審査申請等）	原子力安全・保安院産業保安監査部	経済産業省
	系統連系技術要件ガイドライン （系統連系協議・受給契約）	電力会社	
建設工事	建築基準法 （建築物・工作物の建築確認申請）	市町村もしくは都道府県の建築主事	国土交通省
	道路法（道路占有行為の許可・承認）	市町村長（市町村道）・ 土木事務所（一般国道）・ 国土交通省工事事務所 （指定国道）	国土交通省
	道路交通法（設備及び重機運搬の規制・許可）	警察署長	内閣府
	電波法（無線設備の機能の保護）	市町村、海上保安庁出先、 防衛庁出先、NTT等	総務省、国土交通省、防衛庁
	航空法（航空機の航行の安全・障害防止）	国土交通省航空局	国土交通省
	消防法（危険物製造所等設置許可）	市町村長もしくは都道府県知事	総務省消防庁
	騒音規制法（騒音の規制）	都道府県知事	環境省
振動規制法（振動の規制）	都道府県知事	環境省	

. 風力発電関係機関等連絡先

経済産業省関係部局

①	経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課 〒100-8931 東京都千代田区霞が関 1-3-1 Tel.03-3501-1511(ext.4551)
②	北海道経済産業局 資源エネルギー環境部 エネルギー対策課 〒060-0808 札幌市北区北8条西2丁目 札幌第1合同庁舎4F・5F Tel.011-709-2311(ext,2635-2638) E-mail:Hokkaido-energy@meti.go.jp
③	東北経済産業局 資源エネルギー環境部 エネルギー課 〒980-8403 仙台市青葉区本町 3-3-1 Tel.022-263-1207 Fax.022-213-0757
④	関東経済産業局 資源エネルギー環境部 エネルギー対策課 〒330-9715 埼玉県さいたま市中央区新都心1番1 合同庁舎1号館 Tel.048-600-0363-0364/0356 Fax.048-601-1297
⑤	中部経済産業局 資源エネルギー環境部 エネルギー対策課 〒460-8510 名古屋市中区三の丸 2-5-2 Tel.052-951-2775 Fax.052-951-9801
⑥	近畿経済産業局 資源エネルギー環境部 エネルギー対策課 〒540-8535 大阪市中央区大手前 1-5-44 大阪合同庁舎1号館 Tel.06-69666043 Fax.06-6966-6089
⑦	中国経済産業局 資源エネルギー環境部 資源エネルギー環境課 〒730-8531 広島市中区上八丁堀 6-30 広島合同庁舎2号館 Tel.082-224-5713
⑧	四国経済産業局 資源エネルギー環境部 資源エネルギー環境課 〒760-8512 高松市サンポート3番3号 高松サンポート合同庁舎5-7階 Tel.087-811-8532 Fax.087-811-8559
⑨	九州経済産業局 資源エネルギー環境部 資源エネルギー環境課 〒812-8546 福岡市博多区博多駅前 2-11-1 福岡合同庁舎本館(6、7階) Tel.092-482-5513-5515 Fax.092-482-5398
⑩	内閣府 沖縄総合事務局 経済産業部 環境資源課 石油・エネルギー対策係 〒900-8530 那覇市前島 2-21-7 Tel.098-866-0068 Fax.098-860-3710

NEDO 本部・支部

	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー対策推進部 〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町 1310 ミューザ川崎セントラルタワー18階 Tel.044-520-5180 Fax.044-520-5186
	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 北海道支部 事業管理部 〒060-0002 北海道札幌市中央区北3条西3-1-47 NORTH33ビル8階 Tel.011-281-3357 Fax.011-221-4349
	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 関西支部 事業管理部 〒530-0001 大阪市北区梅田3丁目3番10号 梅田ダイビル16階 Tel.06-4306-5021 Fax.06-6344-4575
	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 九州支部 事業管理部 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前二丁目19番24号 大博センタービル10階 Tel.092-411-7831 Fax.092-471-6975

電力会社・電気保安協会

名 称		住 所 / 電 話
電 力 会 社	北海道電力(株)	〒060-8677 札幌市中央区大通東 1-2 Tel.011-251-4342
	東北電力(株)	〒980-8550 仙台市青葉区本町 1-7-1 Tel.022-225-2111
	東京電力(株)	〒100-8560 東京都千代田区内幸町 1-1-3 Tel.03-4216-1111
	中部電力(株)	〒461-8680 名古屋市東区東新町 1 番地 Tel.052-951-8211
	北陸電力(株)	〒930-8686 富山市牛島町 15-1 Tel.076-441-2511
	関西電力(株)	〒530-8270 大阪市北区中之島 3-6-16 Tel.06-6441-8821
	中国電力(株)	〒730-8701 広島市中区小町 4-33 Tel.082-241-0211
	四国電力(株)	〒760-8573 香川県高松市丸の内 2-5 Tel.087-821-5061
	九州電力(株)	〒810-0004 福岡市中央区渡辺通 2-1-82 Tel.092-761-3031
	沖縄電力(株)	〒901-2602 浦添市牧港 5-2-1 Tel.098-877-2341
電 気 保 安 協 会	(財)北海道電気保安協会	〒060-0031 札幌市中央区北一条東 3-1-1 Tel.011-261-6491
	(財)東北電気保安協会	〒980-0013 仙台市青葉区花京院 1 丁目 1-20 花京院スクエア 3 F Tel.022-726-3681
	(財)関東電気保安協会	〒171-8503 東京都豊島区池袋 3-1-2 光文社ビル内 Tel.03-3988-2322
	(財)中部電気保安協会	〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3 丁目 19-12 大京久屋ビル Tel.052-955-0781
	(財)北陸電気保安協会	〒930-0004 富山市桜橋通り 3-1 電気ビル内 Tel.0764-41-6350
	(財)関西電気保安協会	〒530-0057 大阪市北区曽根崎 1-2-6 新宇治電ビル内 Tel.06-6363-0731
	(財)中国電気保安協会	〒730-0041 広島市中区小町 4-33 Tel.082-242-7511
	(財)四国電気保安協会	〒760-0066 高松市福岡町 3-31-15 Tel.087-821-5615
	(財)九州電気保安協会	〒810-0022 福岡市中央区薬院 1-13-8 Tel.092-711-0056
(財)沖縄電気保安協会	〒900-0036 那覇市西 3-8-21 Tel.098-861-1060	

関連団体

①	(財)新エネルギー財団 (NEF)	〒102-8555 東京都豊島区東池袋3丁目13番2号 住友不動産東池袋ビル2階 URL: http://www.nef.or.jp 計画本部企画部(風力委員会事務局) TEL:03-6810-0362 FAX:03-3982-5101
②	日本風力エネルギー協会	〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園2-1 (財)日本科学技術振興財団 振興部 風力エネルギー協会事務局 URL: http://ppd.jsf.or.jp Tel.03-3212-8487 Fax. 03-3212-0014
③	風力発電推進市町村全国 協議会事務局	〒078-3792 北海道苫前町字旭37-1 苫前町 企画振興部 まちおこし係 TEL:01646-4-2211 FAX:01646-4-2142
④	電気連合会	〒100-8118 東京都千代田区大手町109-4 経団連会館5F 広報部 URL: http://www.fepec.or.jp TEL:03-3279-2190 FAX:03-3279-3752
⑤	日本電気工業会(JEMA)	〒102-0082 東京都千代田区一番町17-4 URL: http://www.jema-net.or.jp 新エネルギー部 TEL:03-3556-5888 FAX:03-3556-5892
⑥	風力発電事業者懇話会	〒107-0052 東京都港区赤坂1-11-30 赤坂1丁目センタービル5階 (代表幹事会社: (株)1-ラスレジ-ホールディングス) TEL: 03-5561-6580 FAX: 03-5561-6592
⑦	有限責任中間法人 日本風力発電協会	〒101-0023 東京都千代田区神田松永町18-1 ビオレ秋葉原ビル10F URL: http://www.jwpa.jp Tel.03-5297-5577 Fax. 03-5297-5578

関係法・法的手続き

1. 立地調査に関する関係法

風力発電を行う場合には、その設置場所によっては、以下に述べるような関連の法律があり、その検討行っておく必要がある。

○ 自然公園法

表 1-1 に示す様に、国立公園、国定公園及び都道府県立自然公園の 3 種類の自然公園に対して、段階に応じた適正な保護と利用の増進を目的に施行され、公園地域を風景価値による保護の必要性に応じて特別地域、特別保護地域、海中公園地区、普通地域に分類しており、工作物の新築・増設や木竹の伐採等、様々な規制を定めている。自然公園に風車を建設する場合は、対象地域に応じた規制に従い許認可を受けなければならない。

表 1-1 自然公園における規制

対象地	対 象 項 目	許 認 可
国立公園 ・ 国定公園	特別地域 1. 工作物の新築・改築・増築 2. 木竹の伐採 3. 鉱物の採掘、土砂の採取 4. 河川・湖沼等の水位・水量の増減 5. 湖沼・湿原における汚水・排水の排出 6. 広告物等の掲出・設置等 7. 水面の埋め立て、干拓 8. 土地の開墾その他土地の形状の変更 9. 高山植物等の採取 10. 屋根、壁面、へい、橋等の色彩の変更	国立公園は環境大臣、又は知事の許可 国定公園は知事の許可
	特別保護地区 1. 特別地域の各号に掲げる行為 2. 木竹の植栽 3. 家畜の放牧 4. 屋外におけるものの集積・貯蓄 5. 火入り・たき火 6. 植物・落ち葉・落枝の採取 7. 動物の捕獲 8. 道路・広場以外の地域への車馬の乗入	国立公園は環境大臣の許可 国定公園は知事の許可
	普通地区 1. 工作物の新築・改築・増築 2. 特別地区内の河川・湖沼等の水位・水量の増減 3. 広告物等の掲出・設置等 4. 水面の埋め立て、干拓 5. 鉱物の掘採・土石の採取 6. 土地の形状の変更	知事への届出 届出後 30 日を経過した後でなければ、行為に着手してはならない。
県立自然公園	特別地域 1. 工作物の新築・改築・増築 2. 木竹の伐採、土石の採取 3. 河川・湖沼等の水位・水量の増減 4. 広告物等の掲出・設置等 5. 水面の埋め立て、干拓 6. 土地の開拓その他土地の形状の変更 7. 高山植物等の採取 8. 屋根、壁面、へい、橋等の色彩の変更	知事の許可
	普通地域 1. 工作物の新築・改築・増築 2. 特別地区内の河川・湖沼等の水位・水量の増減 3. 広告物等の掲出・設置等 4. 水面の埋め立て、干拓 5. 鉱物の掘採、土石の採取 6. 土地の形状の変更	知事への届出 届出後 30 日を経過した後でなければ、行為に着手してはならない。

○ 森林法

地域森林計画の対象となっている民有林、公有林（保安林海岸保全区域内の森林は除く）内において、風力発電所を建設する際、国、地方公共団体が行う場合を除き、開発面積が1haを超える場合には、当該都道府県知事に対して許認可申請を行う必要がある。許可の条例として、以下のことがあげられる。但し、機能の高い森林における開発は避けるようにする。

- ・土砂の流出または崩壊その他の災害を発生させる恐れがないこと。
- ・水害を発生させる恐れがないこと。
- ・水源涵養機能に依存する地域の水確保に著しい支障を及ぼす恐れのないこと。
- ・当該森林の周辺の地域における環境を著しく悪化させる恐れのないこと。

○ 自然環境保全法

原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、環境緑地保全地域開発規制地域内において風力発電所建設のため開発を行う場合には、都道府県知事に対して許認可の申請を行う必要がある。但し、立入り制限地区に関しては何人も進入することはできない。

○ 砂防法

砂防指定区域内において、掘削、盛土、切土等土地の形状を変更する行為、土石、鉱物の採取、堆積もしくは投棄をする行為、木竹の伐採、又は樹根の採取、木竹の滑り降ろし又は地引きによる搬出、施設又は工作物の新築改築、移転又は除去等を行う場合は許認可が必要になることが定められている。よって、風力発電所建設地が砂防指定地である場合、当該都道府県知事、または所管土木事務所所長に対して、許認可申請を行う必要がある。

○ 地滑り等防止法

地滑り防止区域内において、のり長3m以上ののり切又は直高2m以上の切土、地表から深さ2m以上の掘削その他の地滑り防止を阻害または地滑りを助長、誘発する行為を行う場合、許認可が必要になることが定められている。よって、風力発電所建設地が地滑り防止区域である場合、当該都道府県知事に対して許認可申請を行わなければならない。

○ 文化財保護法

風力発電所建設時に遺跡と認められるものを発見した場合、現状を変更することなく、遅滞なく書面をもって文化庁長官に届出なければならない。また、遺跡が重要で調査する必要がある場合、文化庁長官は6ヶ月以内の期間で現状変更の禁止を命ずることができる。

○ 農地法

農地又は採草放牧地に風力発電所を建設する場合は、農地を農地以外のものに転用するので、転用する農地が2ha以下ならば都道府県知事へ、2haを超えるならば農林水産大臣に許認可申請を行わなければならない。但し、第1種農地の転用は、原則として認められない。第2種農地の転用は、第3種農地に立地することが困難又は不適当な場合に、転用目的の実現が確実な時に限られる。また、申請には地権者、森林組合、農業協同組合等関係者の同意書が必要となり、許可を受けるには通常2ヶ月程度必要となる。

農地又は採草放牧地所有権を売買により移転する場合には、農業委員会又は都道府県知事の許可が必要となる。

○ 農業振興地域の整備に関する法律

風力発電所建設地が農用区域内に指定されている場合、国又は地方公共団体が行う開発行為を除き、当該市町村を經由して都道府県知事に許認可申請を行わなければならない。建設地が農用区域外であっても、農業振興地域整備計画に支障を及ぼす恐れがある場合は、農地の転用に対する農業振興地域整備計画の変更申請が必要となる。農地転用の届出は、農業振興地域整備計画の変更申請所に事業内容を付し、市町村へ提出する。市町村で協議された後、許可されれば都道府県へ申請される。通常許可を受けるまでに5~6ヶ月が見込まれる。農地区域内にある農地及び採草放牧地の転用は、原則としてみとめられない。

○ 国土利用法

風力発電所建設地が規制区域内の土地で所有権、地上権、賃借権の移転又は設置（予約を含む）の契約をする場合、許可の内容を変更して契約する場合は許認可が必要となる。又、建設地が市街化区域内で2,000 m²以上、都市計画区域内で5,000m²以上、その他の区域で10,000 m²以上の土地に関する所有権、地上権、賃借権の取得を目的とする権利の移転又は設定をする場合には届出をすることが必要となる。許認可申請は、当該市町村を通して都道府県知事に届け出る。

○ 都市計画法

風力発電所建設地が都市計画区域に指定されており、かつ下記の条件を満たしていない場合には、当該都道府県知事に対して許認可申請を行う必要がある。

- ・市街化区域で1,000 m²未満の開発
- ・線引きのない都市計画区域内で3,000 m²未満の開発
- ・国、県、指定都市及びこれらが組織に加わっている一部事務組合又はこれらが設置団体である地方開発事業団が行う開発

○ その他

以上の他に関連する法規として、「国有財産法」、「景観条例」、「都市緑地保全法」、「生産緑地法」、「都市圏近郊緑地保全法」、「近畿圏保全区域の整備に関する法律」、「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」、「鳥獣保護及び狩猟に関する法律」、「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律」、「海岸法」、「港湾法」、「河川法」及び「自治体ごとの自然環境保全等による規制状況」がある。

2. 建設工事に関する関係法

風力発電の建設工事に当たっては、以下の設置関係法、公共物工事に関する法律、環境に関する法律を考慮して実施する必要がある。以下にその内容を記述する。

(1) 設置関係法

○ 建築基準法・建築基準法施行令

建築基準法では風車支持物という明記はないが、高さが 15m 以上の木柱、鉄柱、鉄筋コンクリート製の柱、その他これに類する工作物の建設にあたっては、建築確認の申請書を提出し、建築主事の確認を受けることが定められている。確認申請は、建築主から市町村へ工事着工 7 日前までに届出すればよいが、事前に協議することが必要である。又、自重、積載荷重、積雪、地震等に対して安全な構造であることや、高さ 20m を超える建造物には避雷設備を設けることも定められている。

2007 年 6 月改正建築基準法が施行され、高さが 60m を超える工作物(風車の場合、ブレード最頂部で判断するといわれている)について、「荷重及び外力によって煙突の各部分に連続的に生ずる力及び変形を把握」して構造計算を行い、大臣の認定を取得すべきこととされ、これにより、指定性能評価機関の業務方法書により時刻歴応答解析を行うこととされている。

○ 道路法

風力発電所を建設する際に道路を占有する場合は、管理者の許可を得ることが定められている。また、建設時において幅、高さ、長さ又は回転半径が「車両制限令」で定める最高限度を超える工事車両を通行させるために交通規制が必要な場合は、車両の構造又は車両に積載する貨物が特殊であるためやむを得ない旨を認めてもらい、許可を得ることが必要である。これらの申請は、市町村道に対しては市町村長に、指定区間を除く一般国道に対しては所管土木事務所長に、一般国道に対しては国土交通省工事事務所に行く。

○ 道路交通法

風車の運搬及び建設時に、車両の積載重量、大きさもしくは積載方法の制限を超えて運転する場合には、許認可が必要となる。許認可を得るには、貨物が分割できず、車両の構造又は道路、交通の状況により支障がないことを認められた上で、総理府令で定められた許可証の様式に従い、車両の出発地警察署長に申請する。

設置工事、作業の際に道路を使用する場合には、交通の妨害にならないこと、条件付きで作業することにより妨害とならないこと、公益上、社会習慣上やむをえないことと認められた上で、所轄警察署長に申請し許認可を得ることが必要となる。

(2) 公共物工事・環境関係

○ 電波法

風力発電所建設地が電波障害防止区域（重要無線通信を確保する必要があるときは、その必要範囲内において総務大臣が定める。）に指定されており、風車の最高部が 31m を超える場合には総務大臣へ届出を行う必要がある。

○ 航空法

風車のブレード先端が地表または水面から 60m以上の高さの場合は、原則として航空障害灯および昼間障害標識(赤または黄赤と白の塗色で7等分)を設置しなければならない。

また、航空障害灯及び昼間障害標識の設置後、所定の届出をする必要がある。

【航空障害灯】

- ・ 高さ 60m 以上 90m 未満の場合は、ナセル上に中光度白色航空障害灯または低光度航空障害灯を設置し、低光度航空障害灯の場合はタワー部に地上から最上部の航空障害灯までの高さにおいて設置間隔が 52.5m 以下のほぼ等間隔の位置に低光度航空障害灯を設置する。
- ・ 高さ 90m 以上 150m 未満の場合は、ナセル上に中光度赤色航空障害灯を設置し、タワー部に地上から最上部の航空障害灯までの高さにおいて設置間隔が 52.5m 以下のほぼ等間隔の位置に低光度航空障害灯を設置する。または、ナセル上に中光度白色航空障害灯を設置し、ナセル頂部の地上高が 105m を超える場合は地上からナセル頂部までの間に、ほぼ等間隔の位置に中光度白色航空障害灯を設置する。
- ・ 中光度白色航空障害灯を設置する場合は、事前に管轄航空局長へ設置照会を行う必要がある。

【昼間障害標識】

ナセル上に中光度白色航空障害灯（閃光）を設置し、常時点灯すれば、昼間障害標識の設置は不要となる。また、中光度白色航空障害灯が設置出来ない場合は、各

ブレード先端及びナセル部に最小有効幅 60cmとして 4m²程度の赤または黄赤の塗色等を施すことにより、昼間障害標識の設置が必要ではないと判断されるが、詳細は以下に示す窓口に確認のこと。

【設置の届出、事前相談】

設置の届出及び事前相談は、静岡県 - 長野県 - 新潟県以東は国土交通省東京航空局保安部航空灯火・電気技術課、愛知県 - 岐阜県 - 富山県以西は国土交通省大阪航空局保安部航空灯火・電気技術課となる。

計画地周辺の環境や複数機設置の場合の免除、設置方法等について計画の段階で事前に相談するのが望ましい。

地上高 60m 以上 100m 未満の場合で 2km 以内、地上高 100m 以上 150m 未満の場合で 1km 以内に当該物件より高い山がある場合などには設置を免除されることがある。詳細は、管轄航空局に確認のこと。

○ 消防法

風力発電所を建設する際の建材は、使用する場所により難燃性や不燃性が定められている。又、蓄電池の設置方法（蓄電池室）も規定されており、蓄電池容量の規模により許認可が必要となる。消防本部及び消防署等を置く市町村（消防本部等所在市町村）の区域に設置する場合は当該市町村長に、区域外に設置する場合は当該都道府県知事に許認可の申請を行う。

(3) 環境

○ 騒音規制法

都道府県知事が定めた騒音規制地域（住居が集合している地域、病院又は学校周辺及び住民の生活環境を保全するために騒音規制が必要と認める地域）において、時間及び区域の区分毎に必要な程度の騒音規制基準が定められている。騒音規制地域内に風車を設置する場合、及び特定建設作業（著しい騒音を発生する作業であり、政令によって定められたもの）を施工する場合、特定施設設置工事の開始日の 30 日前までに、又特設建設作業の開始日の 7 日前までに都道府県知事に届出を行う必要がある。

○ 振動規制法

都道府県知事が定めた振動規制地域（住居が集合している地域、病院又は学校周辺及び住民の生活環境を保全するために振動規制が必要と認める地域）において、時間及び区域の区分毎に必要な程度の振動規制基準が定められている。振動規制地域内に風車を設置する場合、及び特定建設作業（著しい振動を発生する作業であり、政令によって定められたもの）を施工する場合、特定施設設置工事の開始日の 30 日前までに、又特設建設作業の開始日の 7 日前までに都道府県知事に届出を行う必要がある。

．風力発電導入に関する助成制度

風力発電に関する助成制度について、以下にその内容を示す。なお、詳細は各実施機関窓口を確認されたい。

1．計画策定

1.1 地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業

実施機関：（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

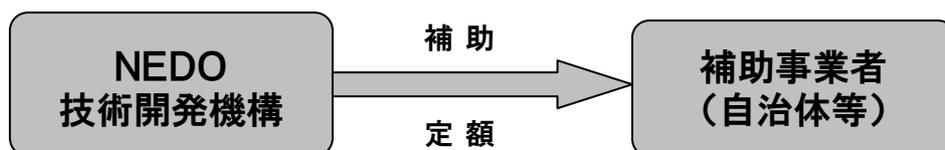
(1) 事業概要

地域レベルで新エネルギー・省エネルギー設備導入するに当たって、取り組みを円滑化するため、地方公共団体等が当該地域における新エネルギー・省エネルギーの設備導入を図るために必要となる「ビジョン」策定調査、及び事業化フェージビリティスタディ調査に要する経費を補助する。

また、次世代エネルギーパークのプラン策定に要する経費についても補助する。

(2) 事業構成と対象者

- | | | |
|------------------------|---|----------------|
| 1) 地域エネルギービジョン策定調査 | } | 地方公共団体 |
| 2) 重点テーマに係る詳細ビジョンの策定調査 | | 地方公共団体の出資に係る法人 |
| 3) 事業化フェージビリティスタディ調査 | → | 当該事業を実施する者 |



(3) 補助対象事業（「新エネルギーに係るもの」について記載）

事業対象	事業内容
地域エネルギービジョン策定調査	初期段階調査としてビジョン策定に必要となる新エネルギーに係る基礎データの収集（新エネルギー賦存量、利用可能性の分布等）を行い、これをもとに地域全般にわたる新エネルギー導入・普及啓発に係る基本計画及び施策の基本的な方向、重点プロジェクトの実行プログラムを作成する。
② 重点テーマに係る詳細ビジョンの策定調査	地方公共団体等が策定した地域新エネルギービジョン等に基づき、地域特性を踏まえた重点テーマに係る導入計画を円滑に進めるためのシステム全体の具体化の検討を行う。
③ 事業化フェージビリティスタディ調査	地方公共団体等が策定した地域新エネルギービジョン等に基づき、実施されるプロジェクトで、特にモデル性の高い重要なものの事業化調査（PFI方式を活用したプロジェクトの検討を含む）を行う。

(4) 補助率

定額（単年度事業のみ。なお、申請件数が多く、予算額を超える場合には上限額の設定および採択優先順位による採択件数の絞り込みを実施する可能性がある。）

(5) 補助対象費

謝金：諸謝金（ただし、策定委員会出席に限る）

旅費：委員等旅費、職員旅費（セミナー等の出席可）

諸経費：通信運搬費、会議費、会場借料、調査費（委託費を含む）

印刷製本費（報告書等作成）

(6) 問合せ先

北海道、東北、関東経済産業局内

NEDO 技術開発機構 エネルギー対策推進部 新エネルギー・省エネルギービジョン
担当

〒212-8554 川崎市幸区大宮町 1310 ミューザ川崎セントラルタワー18階

TEL：044-520-5182 FAX：044-520-5186

中部、近畿、四国経済産業局内

NEDO 技術開発機構 関西支部関西事業管理センター 地域新エネルギー・省エネルギー
ビジョン担当

〒540-0028 大阪市中央区常盤町 1 3 8 中央大通FNビル 11階

TEL：06-6945-4555 FAX：06-6945-4556

中国、九州、沖縄経済産業局内

NEDO 技術開発機構 西日本事業管理センター 地域新エネルギー・省エネルギービジ
ョン策定等事業担当

〒812-0054 福岡市東区馬出 1 - 1 0 - 2 ジブラルタ生命福岡県庁前ビル

TEL：092-642-8001 FAX：092-642-8012

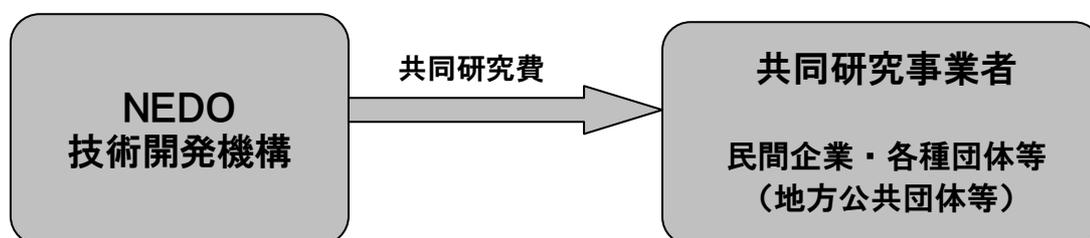
2. 事前調査

2.1 風力発電フィールドテスト事業（高所風況精査）

実施機関：（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

(1) 目的

風力発電の大型導入の素地を形成するため、高所での風況データの収集を行い、解析結果を反映させることで、事業者が適切な事業計画の策定や、風況予測誤差などのリスクの定量的評価が可能となり、導入目標の達成に資する。



(2) 内容

共同研究方式により、各共同研究事業者が準備する2地点以上について、50m クラス（観測高度 50m,40m,30m）又は 40m クラス（観測高度 40m,30m,20m）の観測システムを用いて詳細な風況観測（風況精査）を1年間実施し、風車立地に必要な詳細な風況データを収集・解析し、導入普及に有利な資料の取りまとめを行う。

(3) 対象事業者

電力系統における導入制約のない地域等で、具体的な風況精査の共同研究計画・共同研究体制を有しており、資金及び設備について十分な管理能力を有している者。

(4) 共同研究費（NEDO 負担）

風況精査の実施に必要な費用の 1/2 相当額

(5) 問合せ先

NEDO 技術開発機構 新エネルギー技術開発部

〒212-8554 川崎市幸区大宮町 1310 ミューザ川崎セントラルタワー

TEL : 044-520-5273

3. 設備導入等

3.1 地域新エネルギー等導入促進事業

実施機関：（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

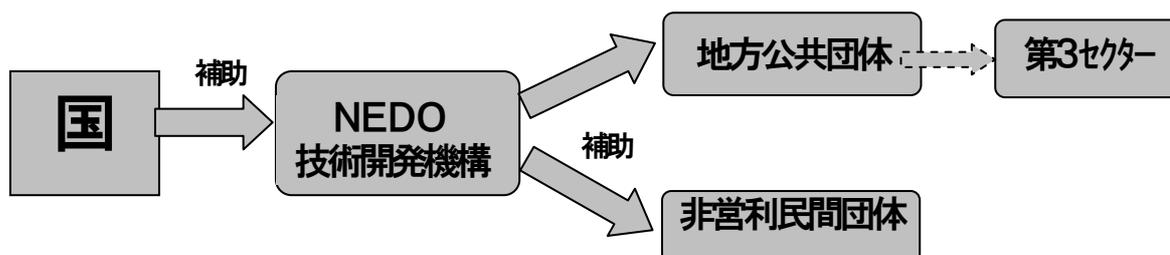
(1) 事業概要

地域における新エネルギーの加速的促進を図ることを目的とし、地方公共団体が行う新エネルギー設備導入事業及び普及啓発事業並びに営利を目的としない民間団体等が営利を目的とせずに行う新エネルギー設備導入事業の実施に必要な経費に対して補助を行う。

(2) 補助対象者

地方公共団体 非営利民間団体

地方公共団体は第3セクターに事業を実施させることもできる。



(3) 補助対象事業

新エネルギー導入のための計画に基づき実施する事業であって、設備導入と普及啓発事業を併せて実施する事業を補助対象事業とする。

< 地方公共団体の場合 >

1) 地方公共団体が実施する 新エネルギー設備導入事業

- (a) 地方公共団体が自ら行う事業
- (b) 地方公共団体の出資に係る法人が行う事業
(原則、当該地方公共団体の出資比率が25%以上であること)
- (c) PFI事業による新エネルギー等導入事業（BTO方式に限る）

2) 上記の新エネルギー設備導入事業に関して地方公共団体が実施する新エネルギー普及啓発事業

新エネルギー設備導入事業と併せて実施する場合は対象となり、新エネルギー普及啓発事業のみは対象とならない。

< 非営利民間団体の場合 >

- 1) 特定非営利活動法人（NPO 法人）等営利を目的としない民間団体等（以下、非営利団体という）が、営利を目的とせずに自ら行う新エネルギー設備導入事業
- 2) 上記の新エネルギー設備導入事業に関して、非営利団体が実施する新エネルギー普及啓発事業
新エネルギー設備導入事業と併せて実施する場合は対象となり、新エネルギー普及啓発事業のみは対象とならない。

(4) 事業補助率

1) 新エネルギー設備導入事業

a . 地方公共団体等の場合

) 設備導入事業

次の3つの事業スキームを補助対象とする。

< 地方公共団体が行う新エネルギー等導入事業 >

1 / 2 以内補助

< 地方公共団体の出資に係る法人（第3セクター）が行う新エネルギー等導入事業 >

商法（有限会社法を含む）の規定に基づいて設立された株式会社、合名会社、合資会社若しくは有限会社又は民法の規定に基づいて設立された社団法人若しくは財団法人であって、地方公共団体の出資比率が25%以上であるもの。出資比率が50%超である場合の補助率は1 / 2 以内、25%以上50%以下の場合は1 / 3 以内。

< P F I 事業による新エネルギー等導入事業 >

1 / 3 以内

「民間資金等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律」に基づき選定された特定事業であること。

PFI 事業者が設備を設置した後に、地方公共団体が設備を分割取得する場合に限る。財産処分期間内に地方公共団体が設備所有者とならない（BOT方式、BOO方式）場合は、申請は不可。

) 普及啓発事業

地方公共団体（申請者・事業実施者）定額

b . 非営利民間団体の場合

) 設備導入事業

法人格を有する民間団体（申請者・事業実施者）1/2 以内補助

民間事業者との共同申請は不可。

) 普及啓発事業

法人格を有する民間団体（申請者・事業実施者）1/2 以内補助

2) 設備条件

補助対象経費の1/2〔又は1/3〕以内

ただし、以下のa、bの両方を満たす場合に限る。

a、bのいずれかを満たす場合は1/2〔又は1/3〕×0.9以内。いずれも満たさない場合は1/2〔又は1/3〕×0.8以内。

a) IEC 61400-1の耐風強度クラス 以外の風車について、以下の基準を全て満たす場合

- ・風車本体について、ハブ高さにおける風速70m/sの風圧に十分耐える構造、強度のものとする。
- ・ヨー制御（パッシブ制御を含む）について、停電の際にも機能を十分確保できるものとする。
- ・風向・風速計について、風速70m/sの風圧に十分耐える構造、強度のものとする。

b) レセプタ及びダウンコンダクタについて、総電荷量600C、比エネルギー20MJ/ の雷電流を、ブレードを破損することなく、通電できるものとする。
なお、ダウンコンダクタの温度上昇計算に係る安全率は2倍とする。

(5) 補助対象経費

設計費（基本設計費は対象外）

機械装置等購入費（土地の取得・賃貸料は対象外）

工事費（建屋工事費と既設物撤去費は対象外）

諸経費：電力工事請負金、旅費等（旅費で対象外となるものもある）

(6) 事業期間

原則単年度。ただし、複数年度事業は最長4年間（自動延長とはならない）

(7) 規模・効率等の条件

システム出力500kW以上、設置予定地点における1年以上の風況調査を要す。

ただし、離島については、300kW以上（平成20年度予定）。

(8) 問合せ先

NEDO 技術開発機構 エネルギー対策推進部 地域新エネ導入促進事業担当
〒212-8554 川崎市幸区大宮町 1310 ミューザ川崎セントラルタワー
TEL：044-520-5184 FAX：044-520-5187

3.2 新エネルギー等事業者支援対策事業

実施機関：経済産業省 資源エネルギー庁 新エネルギー対策課

(1) 事業概要

新エネルギー等の加速的な導入促進のために、先進的な新エネルギー導入事業を行う者に対しその導入経費に対し支援を行い、事業レベルでの新エネルギー等の導入拡大を促す。新エネルギーの種類によって申請窓口が異なる。風力発電については経済産業省が担当（以下、風力発電についてのみ記述）。

(2) 対象者

出力 1,500kW 以上の風力発電設備の導入を行う民間事業者



(3) 対象事業

先進的な新エネルギー等設備であって、要件を満たす設備を導入する事業者の実施に対し、設計費（基礎設計費を除く）、導入設備費（土地の取得及びリース代を除く）、工事費（機械基礎以外の基礎工事及び建屋の基礎工事を除く）、諸経費の一部を補助する。

(4) 補助率等

補助率：補助対象経費の 1/3 以内（上限は補助期間×10 億円：最大 40 億円）

(5) 問合せ先

資源エネルギー庁 新エネルギー対策課 事業者支援グループ
〒100-8931 東京都千代田区霞が関 1 丁目 3 番 1 号
TEL: 03-3501-4031（ダイヤルイン） FAX: 03-3501-1365

3.3 地方公共団体率先対策補助

実施機関：環境省地球環境局 地球温暖化対策課

(1) 目的意義

事業者、国民の一層の温暖化対策を促すためには、地方公共団体等が自ら、より先進的な率先的取り組みを行うとともに、効率的に事業者や国民の取り組みを促すことが必要である。本補助事業は地方公共団体等が実施する温暖化対策事業に対して支援を行い、模範的な先行事例を民間事業者や国民に示すことにより、温暖化対策の自薦を促すことを目的としている。

(2) 事業内容

自らの事務事業に関する実行計画に基づき、自らの施設への代工ネ・省エネ施設設備の整備を行う地方公共団体に対して補助を行う。

風力発電設備：発電出力が 500kW 以上

(3) 補助内容

補助対象者

地方公共団体

補助対象設備・事業

実行計画に基づいた、地方公共団体施設への代工ネ施設設備の導入
負担割合

環境省：1/2 地方公共団体：1/2

(4) 問い合わせ

環境省 地球環境局地球温暖化対策課

TEL: 03-3581-3351(代)

3.4 風力発電系統安定化対策助成金

実施機関：(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)

(1) 事業内容

周波数変動による風力発電の導入制約が発生している電力会社の管内において、新たに設置する風力発電機に起因する出力変動を電力貯蔵設備の出力制御によって緩和するため、風力発電所に蓄電池等電力貯蔵設備をする事業者に対し、事業費の一部に対する助成を行うとともに、そこから得られる風力発電出力、風況データ、気象データ等の各種実測データを設置後2年間取得し、分析・検討を行って蓄電システムの研究開発に活かす。

(2) 対象事業

新たに設置する風力発電機に起因する出力変動を緩和するために必要となる蓄電池等電力貯蔵設備を導入する事業を助成の対象とする。

(3) 対象事業者

以下の[1]、[2]を満たす事業者が対象となる。

- [1] 周波数変動対策による風力発電の導入制約が発生している管内において、新たに2,000kW以上の風力発電機を設置する事業者（地方公共団体を含む）であって、蓄電池等電力貯蔵設備の導入事業を行う者。
- [2] 蓄電池等電力貯蔵設備を設置後2年間、風力発電出力の実測データ等 NEDO 技術開発機構が求めるデータを報告できる者。

原則として、申請を行う時点で系統連系や売電に係る電力会社等との協議等関係者との協議が終了している必要がある。

(4) 補助率：1/3 以内

(5) 問合せ先

NEDO 技術開発機構 新エネルギー技術開発部
TEL：044-520-5273 FAX:044-520-5276

3.5 グリーン電力基金

実施機関：広域関東圏産業活性化センター（G I A C）

(1) 事業概要

自然エネルギー普及拡大のための応援基金。CO₂の排出抑制等の環境保全へ貢献を希望

者と東京電力からの寄付金を、自然エネルギー施設設置への助成金として配分する。

(2) 助成対象

発電設備を新たに設置するプロジェクト（新たに購入される発電設備。原則として中古品は含まない。）であって、次の全ての条件を満たすもの。

- 1) 東京電力株式会社の電力供給区域内〔栃木県，群馬県，茨城県，埼玉県，千葉県，東京都，神奈川県，山梨県，静岡県（富士川以東）〕に設置される発電設備であること。
- 2) 太陽光・風力・水力・バイオマスによる発電設備であること（ハイブリッド型を含む）。なお，バイオマスによる発電とは，バイオマス燃焼発電，バイオガス発電とする。
- 3) 設置主体が地方公共団体等の公益的団体（学校法人，NPO法人等を含む。事業用風力発電設備（自家消費率 50%未満）は含まない）。ただし，事業用風力発電設備はこの限りではない。
- 4) 発電される電力が，公共性を有する施設（交通設備、教育文化施設、医療施設等。また、G I A C が公共性を有するとみなす場合も含む）で主として利用されること。ただし，事業用風力発電設備はこの限りではない。
- 5) 設置工事が，平成 19 年 4 月 1 日以降に開始され，平成 21 年 3 月 31 日までに完了し，発電を開始する発電設備であること。
- 6) 発電される電力量を，発電方式（太陽光・風力・水力・バイオマス）別に計測かつ報告できること。
- 7) 事業計画（助成が決定した場合の資金計画等）に実現性があること。
- 8) 発電設備の適正な維持・管理ができること。
- 9) グリーン電力基金による環境教育目的用助成プログラムに応募していないこと。
- 10) プロジェクトがグリーン電力基金の趣旨に合致していること。

(3) 補助内容

1 プロジェクトあたりの助成金の額は，「発電設備の定格出力」と「インバータ容量」のいずれか小さい方（小数点以下第 3 位を四捨五入）を 1 kW あたり原則として 20 万円を乗じて算定した額とし，1,000 万円を助成の上限とする。

(4) 問い合わせ

財団法人 広域関東圏産業活性化センター グリーン電力基金事業推進室

〒105-0013 東京都港区浜松町 2-7-17 イーグル浜松町ビル 8F

TEL 03-5777-6750 FAX 03-3578-7035

3.6 地域協議会民生用機器導入促進事業

実施機関：環境省 地球環境局 地球温暖化対策課

(1) 事業概要

地域において住民や事業者等の日常生活における具体的な取組を推進する「地球温暖化対策地域協議会」を活用し、二酸化炭素の排出量削減に役立つ高断熱住宅へのリフォームや高効率空調システム、省エネ照明等の省エネ機器等やバイオマス燃料燃焼機器、小型風力発電システム、小型燃料電池システム、小水力発電を地域において導入する事業の費用を補助する。

(2) 対象者

民間団体

(3) 対象事業

地球温暖化対策推進法に基づく「地球温暖化対策地域協議会」の行う以下の事業を支援する。

高効率断熱資材や複層ガラス等省エネ資材や省エネ照明等を地域にまとめて導入する事業

バイオマス燃料燃焼機器を地域にまとめて導入する事業

小型風力発電システムを地域にまとめて導入する事業

小型燃料電池システムを地域にまとめて導入する事業

小水力発電を地域に導入する事業

(4) 補助率

負担割合

国 1/3、設置者等 2/3

(5) 問い合わせ

環境省 地球環境局地球温暖化対策課

TEL: 03-3581-3351(代)

3.7 再生可能エネルギー導入加速化事業

実施機関：環境省地球環境局 地球温暖化対策課

(1) 事業概要

京都議定書目標達成計画に沿って効果的に二酸化炭素の削減を実現するために、再生可能エネルギー導入を促進するための事業を補助する。

(2) 助成対象

1)再生可能エネルギー高度導入モデル事業：地方公共団体が策定したエリアの民生部門から排出されるCO₂を10%程度削減するために、集中的に複数の再生可能エネルギーを導入する具体的計画が国から認定され、その計画を実行する民間団体に対して支援する。

2)再生可能エネルギー導入住宅地域支援事業：新築住宅への再生可能エネルギー利用設備の導入促進等、先進的な自治体の取り組みに対して支援する。

(3) 補助率：1/2

(4) 問い合わせ

環境省 地球環境局地球温暖化対策課

TEL: 03-3581-3351(代)

3.8 学校エコ改修と環境教育事業

実施機関：環境省総合環境政策局

(1) 事業概要

学校の老朽化に伴い、耐震、劣化対策が必要になってきている中、地球温暖化対策を絡めた環境配慮型の学校施設改修を通し、地域への環境建築等の技術普及や学校を核とする地域ぐるみの環境教育を展開することを目的として、地方公共団体が設置している学校（小学校、中学校及び高校）に対し、地域や学校の特徴に応じた二酸化炭素排出削減効果を有する省エネ改修、代替エネルギー等の効果的な組合せによる施設整備に要する費用の一部を補助する。

(2) 補助対象

地方公共団体による学校改修、代替エネルギーの活用設備の導入等。

(3) 補助率：1/2（600万円以上1億円程度まで）

(4) 問い合わせ

環境省 総合環境政策局 環境教育推進室 学校エコ改修と環境教育事業担当
TEL: 03-5521-8231(直)

3.9 環境を考慮した学校施設（エコスクール）の整備推進に関するパイロット・モデル事業

実施機関：文部科学省 / 農林水産省 / 経済産業省 / 環境省

(1) 事業概要

学校における環境負荷低減や自然との共生を考慮した施設の整備、及び環境教育を目的として、公立学校を対象に、都道府県や市町村が事業主体となり、太陽光発電、太陽熱利用等の新エネルギーを導入したり、木材利用、建物緑化、中水利用等の整備を推進する事業の実施に際して、文部科学省から施設整備費、農林水産省から地域材等を利用した内装木質化、経済産業省から太陽光発電等の新エネルギー導入、環境省から地球温暖化対策について、支援措置を受けることができる。

(2) 補助対象及び補助率

都道府県及び市町村が策定した事業計画に沿って施設の整備を行い、その後の維持管理を行う。また、環境教育の現場にも役立てる。以上の中で必要な費用の支援が受けられる。その内訳については以下のようなになる。

- 1) 文部科学省：エコスクールの整備費。新增築（1/2）、改築・改造（1/3）
- 2) 経済産業省：新エネルギー導入において、関係助成制度の活用。地域新エネルギー等導入促進事業、地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業、新エネルギー技術フィールドテスト事業など。
- 3) 環境省：地球温暖化対策関係助成制度の活用。地球温暖化を防ぐ学校エコ改修事業、学校への燃料電池導入事業など。
- 4) 農林水産省：林業・木材産業等進行対策関連予算の活用。

(3) 問い合わせ

文部科学省大臣官房文教施設企画部施設助成課

〒100-8959 東京都千代田区丸の内2丁目5番地1号
TEL 03(5253)4111

農林水産省林野庁林政部木材利用課

〒100-8952 東京都千代田区霞が関1丁目2番地1号
TEL 03(3502)8111

経済産業省資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部新エネルギー対策課

〒100-8931 東京都千代田区霞が関1丁目3番地1号
TEL 03(3501)1511

環境省総合環境政策局環境教育推進室

〃 地球環境局地球温暖化対策課

〒100-8975 東京都千代田区霞が関1丁目2番地2号
TEL 03(3581)3351

4. 普及啓発

4.1 新エネルギー・省エネルギー非営利活動促進事業

実施機関：（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

(1) 事業概要

地域草の根レベルでの効果的な新エネルギー導入の加速化を図るため、営利を目的としない民間団体等が営利を目的とせずに行う新エネルギー導入及び省エネルギーの推進に資する普及啓発事業に要する経費の支援を行う。

(2) 補助対象者

特定非営利活動法人（NPO法人）、公益法人その他の法人格を有する民間団体、および10人以上の構成員で活動している任意団体で定款に準ずる書類を整備している民間団体。

(3) 補助条件及び対象

補助率：1/2以内（上限2千万円/件）

ただし、参加費等の収入がある場合は、その分を対象事業経費から差し引くこと。

事業期間：1年間

補助対象費：謝金、旅費、諸経費

(4) 問い合わせ

NEDO 技術開発機構 エネルギー対策推進部 非営利活動促進事業担当

〒212-8554 川崎市幸区大宮町 1310 ミューザ川崎セントラルタワー

TEL：044-520-5184 FAX：044-520-5187

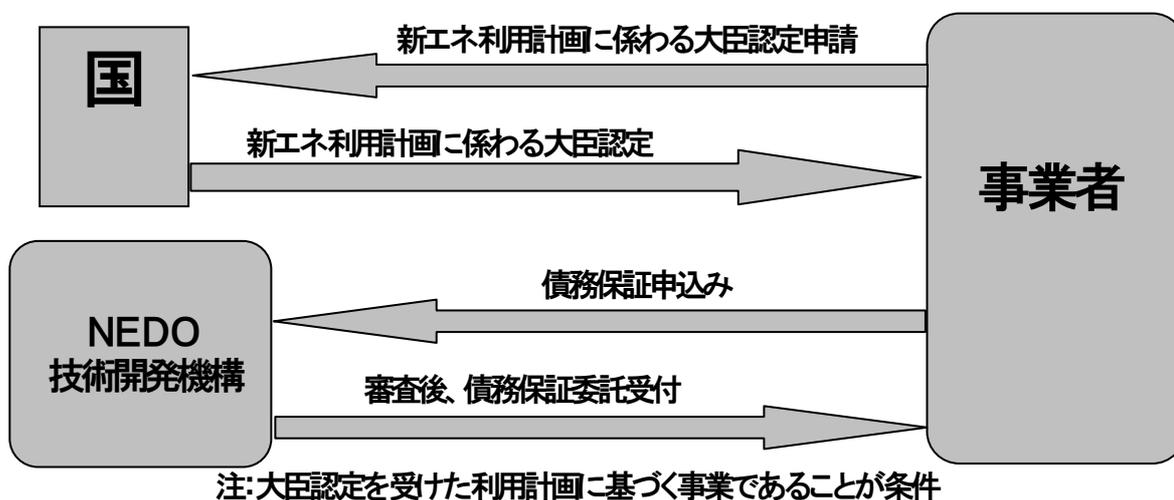
5. 保証制度

5.1 新エネルギー利用等債務保証制度

実施機関：（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

(1) 制度内容

新エネルギー等の加速的な導入促進のため、先進的な新エネルギー導入事業を行おうとする者が、新エネ法第 8 条による主務大臣の認定を受けた利用計画の実行に要する資金を金融機関から借り入れる場合に、その借り入れの円滑化を図るための支援措置として当該借入の一定額について債務保証を行う。



(2) 問合せ先

1) 利用計画に係る認定申請（債務保証制度を希望する場合に限る）：各経済産業局の所管部署（エネルギー対策課等）

2) 債務保証：

NEDO 技術開発機構 エネルギー対策企画・調整グループ

TEL：044-520-5180 / FAX：044-520-5186

6. 融資

6.1 環境・エネルギー対策資金（石油代替エネルギー関連）

実施機関：中小企業金融公庫

(1) 対象者

石油代替エネルギーを使用するために必要な設備（風力発電設備等）を設置する中小企業事業者で以下の業種、規模を満たすもの。

対象業種	対象規模
■ 製造業 *1、建設業、運輸業など	資本金 3 億円以下 または 従業員 300 人以下
■ 卸売業	資本金 1 億円以下 または 従業員 100 人以下
■ 小売業	資本金 5 千万円以下 または 従業員 50 人以下
■ サービス業 *2	資本金 5 千万円以下 または 従業員 100 人以下

* 1 製造業のうち、ゴム製品製造業（自動車又は航空機用タイヤ及びチューブ製造業、工業用ベルト製造業を除く）は、資本金 3 億円以下または従業員 900 人以下。

* 2 サービス業のうち、旅館業は、資本金 5 千万円以下または従業員 200 人以下、ソフトウェア業及び情報処理サービス業は、資本金 3 億円以下または従業員 300 人以下。農業、林業、漁業、金融・保険業（保険媒介代理業及び保険サービス業を除く）、不動産業のうち住宅及び住宅用の土地の賃貸業、医療・福祉（保健衛生を除く）、非営利団体、一部の風俗営業、公序良俗に反するもの、投機的なものなどは対象外。

(2) 対象

石油代替エネルギーを使用又は供給する施設を取得（改造、更新を含む。）するために必要な設備資金

(3) 融資条件

融資限度：直接貸付 - 7 億 2 千万円、代理貸付 - 1 億 2 千万円

融資利率：風力発電設備等 2 億 7 千万円まで特別利率、2 億 7 千万円以上基準利率。

融資期間：15 年以内（うち据置 2 年間以内）

(4) 担保条件

融資相当額の担保が必要：直接貸付において一定の要件を満たす場合には、事業の見通しを考慮し、担保の免除が受けられる制度もあり。

保証人（経営責任者）が必要：直接貸付において、経営責任者が信頼でき、当公庫が適切と認める財務制限条項を含む特約を締結する等、一定の要件を満たす場合については、経営責任者のかたの個人保証を免除する制度もあり。

5年経過ごと金利見直し制度を選択可能。

(5) 融資の申し込み場所

直接貸付：中小公庫の営業部店の窓口

代理貸付：中小公庫の代理店の窓口

(6) 問合せ先

中小企業金融公庫東京相談センター TEL 03-3270-1260

資源エネルギー庁 新エネルギー対策課 TEL 03-3501-4031

6.2 風力発電（出力 1200kW 以上）整備事業

実施機関：日本政策投資銀行

(1) 概要

地球温暖化対策の促進に向け新エネルギー・自然エネルギーかいはつにより、地球環境の保全、資源エネルギーの有効活用、生活環境の保全、環境負荷低減型エネルギー供給構造の構築を図る。

(2) 対象

出力 1,200kW 以上の風力発電施設を設置する事業者で、株式会社などの組織形態のもの。

(3) 融資条件

融資比率：40%

金利：政策金利 I

(4) 問合せ先

日本政策投資銀行環境・エネルギー部 TEL 03-3244-1622

資源エネルギー庁新エネルギー対策課 TEL 03-3501-4031

6.3 環境保全資金

都道府県、市町村により、環境保全施設、公害防止施設等の設置、設備改善等に対する融資制度がある。新エネルギー関連施設についても対象となるケースがある。以下に栃木県の例を述べる。

< 栃木県の例 >

公害防止施設等の設置や環境保全に資する事業に取り組む中小企業者、長期・低利の資金融資により応援する。

(1) 融資対象事業

新エネルギー導入に必要な設備の整備であって、風力発電施設等の装置等

(2) 対象者

次の各号いずれにも該当する中小企業者又は中小企業団体に、知事が融資を必要と認めたもの。(中小企業団体にあたっては、(1)を除く。)

- 1) 栃木県内で、原則として1年以上引き続いて現在の事業を営んでいる者
- 2) 環境保全資金の償還及び利子の支払について十分な支払能力を有する者
- 3) 県税を滞納していない者
- 4) 事業計画書に係る認定書の交付前に、融資の対象となる事業に着手していない者(知事がやむを得ない事由があると認めた者を除く。)

(3) 融資条件

融資限度額 * 融資額は10万円単位	所要経費の90%以内 (1) 公害防止施設の設置又は改善その他公害防止に資する事業 環境保全事業 100万円以上1億円以下 (2) 公害防止のための工場又は事業場の移転の事業 200万円以上1億円5千万円以下
融資機関及び返済方法	元金均等月賦方式 (1) 融資額が1,000万円以上の場合 10年以内(うち元金の据置期間は2年以内) (2) 融資額が1,000万円未満の場合 7年以内(うち元金の据置期間は1年以内)
融資利率	1.90%(平成19年10月1日~ 但し、信用保証制度における責任共有制度の対象とならない場合の融資の利率は、1.70%) 融資利率は金融情勢により変更になることがあるので、事前に相談要。
信用保証	原則として、栃木県信用保証協会の保証付き。 保証料率等については、信用保証協会の定めるところによる。
その他	小規模企業者等設備導入資金 〔問合せ先：(財)栃木県中小企業振興センター(028-670-2604)〕、市町村の設備資金との併用も可能。

(4) 問合せ先

栃木県 環境保全課 大気環境担当 TEL 028-623-3188

Eメール: kankyo@pref.tochigi.jp

7. 優遇税制

7.1 エネルギー需給構造改革投資促進税制（略称：エネ革税制）（国税）

適用期間 平成4年4月1日～平成20年3月31日

(1) 概要

青色申告書を提出する法人又は個人が、エネルギー改革税制対象設備（エネルギー需給構造改革推進設備等）を取得し、かつ1年以内に事業を開始した場合に特別償却又は法人税額（又は所得税額）の特別控除ができる制度。

(2) 対象

法人又は個人のうち青色申告書を提出する者。ただし、税額控除は中小企業者等（大企業の子会社等を除く資本金1億円以下の法人又は資本・出資を有しない法人のうち従業員数が1,000人以下の法人。個人事業者においては従業員数が1,000人以下のもの）のみ。

(3) 控除内容（以下の2つから選択）

取得価額の7%相当額の税額控除

普通償却に加えて当該設備の取得価額の30%相当額を限度とする特別償却

(4) 問い合わせ

財団法人 省エネルギーセンター

TEL:03-5543-3011 FAX:03-5543-3022

7.2 地域エネルギー利用設備に係る固定資産税の課税標準の特別措置 (ローカルエネルギー税制) (地方税)

適用期間 平成 17 年 4 月 1 日 ~ 平成 20 年 3 月 31 日

(1) 概要

1 つの市町村内においてエネルギーの製造又は発生及び利用が行われる機械その他の設備で取得価額が 660 万円以上の風力発電設備について新たに固定資産税が課せられることとなった年度から 3 年度分の固定資産税に限り、課税標準を、課税標準となるべき価格の 5/6 に軽減する。

(2) 問い合わせ

経済産業省資源エネルギー庁新エネルギー対策課又は設備を設置した市町村の固定資産税課

. 風力発電用語集

用 語	内 容
風速[wind speed]	風として空気が移動する速さのことである。気象庁などで通常使われる単位は m/s、国際的にはノット(kt)が用いられる。測定には風速計が使用される。日本国内において単に「風速」という場合、地上気象観測では、地上約 10 メートルの高さで 10 分間の平均風速をあらわす。 空間内での特定の一点における風速は、その点の周りの少量の空気の運動速度であり、一つの局所風速ベクトルの長さである。
平均風速 [mean wind speed]	風速の瞬時値を、所定期間内で統計的に平均したもの。所定時間は数秒から数年の場合がある。月平均風速、年平均風速等が使われる。
年平均風速	年平均の用語の定義に従って平均した風速で、年平均とは、十分な期間にわたって集めた十分な量のデータセットを平均した値であって、測定対象の期待値を推定できるもの。平均を計算する期間は、季節差等の非定常効果をなすため、年数は整数とする。
定格風速 [rated wind speed]	風車の定格出力を与えハブ高さにおける規定の風速。
基準風速 [reference extreme wind speed]	10 分間の平均風速で、高さはハブ高さ、再現時間は 50 年のもの。風車のクラスを定義するための基礎となる風速の基本パラメータ。その他の設計関連の気象パラメータは基準風速及びその他の風車クラスパラメータから導かれる。
瞬間風速	0.25 秒ごと（気象庁の基準）に観測される瞬間的な風速。
最大風速	ある期間内（時間・日・月・年等）における最大の風速で、通常 10 分間の平均値をとっている。
最大瞬間風速	特定の時間、期間の中での瞬間風速の最大値。通常測定時間、0.1～数 10 秒間の平均値の最大値をとる。
極値風速	t 秒間で平均した最大平均風速で、T 年間（再現期間：T 年間）で経験しそうな風速で、風車の設計荷重ケースに用いる。
耐風速	構造物が耐えられるよう設計された最大風速。
風速分布	確率分布関数であって、ある長時間内の風速の分布を示すもので、ワイブル分布関数、レーレ分布関数がある。
最多風速出現頻度	ある期間内（月・年等）における風速の出現度数の最も多いもの。
突風[gust]	風速の一時的な変化で、その立ち上がり時間、変動幅及び継続時間で規定される。
突風率(カーストファクター)[gust factor]	ある時間内における最大の瞬間風速 U_{max} を平均風速 U_m で割った値。（ $G = U_{max}/U_m$ ）
自由気流風速 [free stream wind speed]	通常はハブ高さにおける、乱されない自然の気流の速さ。

用語	内容
風速の高度分布	風速の鉛直方向分布。数学的表現として、対数則と指数則がよく用いられる。
乱流強度（乱れ強さ）	風速の標準偏差の平均風速に対する比で、指定の時間内に採取した同一の風速データセットから決定する
粗度長	風速の高度分布が対数則に従うとした場合、平均風速が零となる外挿高さ
基準風速[V _{ref}]	WTGSクラスを定義するための基礎となる風速の基本パラメータ。その他の設計関連の気象パラメータは基準風速及びその他の基本WTGSクラスパラメータから導かれる。（基準風速V _{ref} のクラスで設計されたWTGSは、風車のハブ高さにおける再現期間 50 年の極値 10 分間平均風速がV _{ref} 以下の気象環境に耐えるように設計されている。）
乱流強度 [turbulence intensity]	風車の標準偏差の平均風速に対する比。これは、指定の時間内に採取した風速測定データサンプルと同じセットから決定される。
風向	風が吹いてくる方向。例えば、“北風とは北から吹く風”、“山風とは山から谷に向かって吹く風”の意味である。風向は一般的に南、南南西、南西などといった 16 方位で表すが、国際式の風向は、真北を基準に東が 90 度、南が 180 度といったように時計周りに表す 360 方位を使っている。無風状態で方位が定まらない場合は 0 度で表す。風向は時間により刻々変化している。よって、簡単に「風向」という場合は、10 分間平均を表している。風向測定は、ハブ高さから 10% 以内に設置した風向計によって行うものとする。風速計と風向計測の気流のゆがみを回避しなければならない。風向計測の絶対精度は 5 度より高いこと。
風向頻度	ある地点のある期間（月・年等）における各方位別の風向の出現度数
風配図	ある地点のある期間における各方位別の風向の出現度数を、放射状のグラフに表したもの
ウィンドシアール [wind shear]	風向に対して垂直な面内における風速の変化。一般的に指数則として知られる。
風車	風によって単一または複数のロータ(回転する部分)が回転する車。
大型風車	定格発電出力が 500kW 以上の風車。2004 年現在は 1,000kW 以上の風車が実用化されており、大型機の基準は 1MW = 1,000kW に移行しつつある。
小型風車	ロータ受風面積が 200m ² 未満、交流 1,000V未満または直流 1,500V未満(水平軸風車ではロータ直径が 16m未満；約 50kW未満)の風車

用語	内容
水平軸(形)風車	ロータ回転軸が風向に対して平行(すなわち、概ね水平面内)にある風車
垂直軸(形)風車	ロータ回転軸が風向に対して垂直である風車
洋上風車	海岸線から離れた沖合いに設置した風車。広義には、海上・湖沼・河川等の水面を利用して、直接、風力発電装置、制御・監視装置を設置し、発電するシステムと定義される。海底に基礎を立てる方式が現状では一般的であるが、水深の深い場所にも設置可能な、洋上に浮体を浮かべて風車を設置するフローティング方式や、風車を浮体ごと移動可能なセイリング風車も検討されている。
風力発電システム [wind turbine generator system] (WTGS)	風が持つ運動エネルギーを電気エネルギーに変換するシステム
風力発電装置	風力発電所の発電装置。風力発電システムの内、発電所の構外に設置される遠隔監視制御装置、表示板等を除く
風力発電所	一グループまたは複数グループの風力発電装置
ウィンドファーム	複数の風力発電装置からなる風力発電所。ウィンドパークとも呼ばれる
系統連系	風力発電等の発電設備と電気事業者の商用電力系統と連系して負荷機器に電力を供給すること。
DCリンク方式	交流電力系統と連系する風力発電装置で、直流出力を逆変換装置によって交流に変換して連系する方式。
ACリンク方式	交流電力系統と連系する風力発電装置で、発電機から発生する交流電力をそのまま電力系統に連系する方式。
アップウィンド方式	ロータの回転面がタワーの風上側に位置する水平軸形風車の形式
ダウンウィンド方式	ロータの回転面がタワーの風下側に位置する水平軸形風車の形式
風車ロータ	風車において、風からエネルギーを吸収するために回転する部分。ブレード、ハブ、シャフト等から構成される
ブレード	風車の回転羽根。(抗力形風車の羽根はパドルと呼ばれる。)
ハブ	ブレード、又はブレード組立部品をロータ・シャフトに取り付けている部分
ハブ高さ[hub height]	風車ロータ中心の地上高さ
ナセル[nacelle]	水平軸風車において、タワーの上部に配置され、動力伝達装置、発電機、制御装置等を格納するもの

用語	内容
タワー	風車ロータ、動力伝達装置、発電機等を地上から適切な高さに支持するための架台
基礎	タワーの荷重を地盤に伝えるための工作物
増速装置	入力軸の回転速度を、増速して出力軸に動力伝達する装置
誘導発電機	固定子と回転子との電磁誘導作用によって電力を発生する非同期機。電力系統等から励磁電流を得て並列運転し発電する
同期発電機	定常運転状態において、同期速度で回転する交流発電機。励磁装置等をもち、単独運転が可能で独自に発電できる
ブレーキ装置[brake]	風車ロータの回転速度を緩めたり、回転を静止させることができる装置
電気設備	風車を電力系統に連系するために必要なすべての電気関連設備
電力系統	発電所、変電所及び負荷とこれらを結ぶ電線路からなり、発電電力を負荷に送る電力設備網
送配電設備	風車からの電力を集めて電力系統の変圧器へ、又は電力負荷へ送るための電気設備
運転制御装置	風車や周囲の状態の情報を受け、風車の運転を制限内に保つよう調整する装置
ヨー制御	風車回転面を変動する風向に追尾させる制御。風車の保護や出力制御のために方位を制御することもある
ヨー制御装置	風向とロータ軸との偏差角を任意の角度内に制御する装置
固定ピッチ	ピッチ角を固定したプロペラ形風車のロータ形式
可変ピッチ	ピッチ角が可変であるプロペラ形風車のロータ形式
ピッチ制御装置	風車の回転数や出力を制御するため、ブレードのピッチ角を変化させる装置
ストール(失速)制御	ブレードに発生する失速現象を利用する出力制御方式
出力制御	風車出力を制御すること
ソフトスタート	誘導発電機を直接連系する方式の風力発電装置において、サイリスタ(電流の流れを制御する半導体素子)等を用いて系統接続時の突入電流を制御すること、または、逆変換装置を風力発電装置において、発電開始時の急激な出力の増大を防ぐように制御を行うこと
ロータ直径	風車ロータの直径
受風面積[swept area]	ロータブレード先端の回転による軌跡が、風向に垂直な平面に投影した面積
ロータ回転数	風車ロータの軸まわりの回転数(r/min)
出力[power]	風力発電装置が発生する電気出力

用語	内容
出力性能 [power performance]	風車の出力を生み出す能力を表す尺度
出力曲線	横軸に風速、縦軸に風車出力をとり、曲線又はプロットされたデータ群
出力係数 [power coefficient]	ロータ受風面積を単位時間に通過する自由空気流の運動エネルギーに対する風力発電装置の正味出力の比
ピッチ角[pitch angle]	ブレードのある半径方向位置(通常はブレード半径の 100%位置)における、翼弦とロータ回転面のなす角度
前方風速	風車ロータに流入する十分に前方の風
ウェーク	風車に流入した空気流の風車ロータの後方流れ
カットイン風速[cut-in wind speed]	ハブの高さ又は赤道面における風速で、この風速において風車が発電を開始する最低風速
カットアウト風速 [cut-out wind speed]	ハブ高さにおける風車で、風車が発電するよう設計された最大風速
定格回転数	定格出力を発生する風車ロータ回転数
定格出力[rated power]	安全に使用できる限界の値を定格といい、機器又は装置の所定の運転状態における出力の値。正常運転条件下で WTGS が供給するよう設計された最大連続出力。通常は製造業者が保障する出力の量。
最大出力	正常な運転状態にある風車が発生する正味出力の最大値
出力補正係数 (Power Factor)	風車の出力性能曲線に対して、複雑地形等による風速・風向の乱れ等の損失を差し引いた割合係数
利用可能率 (availability)	ある期間中において、全暦時間から保守又は故障による停止期間を差し引いた値の、同期間中の全暦時間に対する比
設備利用率	ある期間中における風車総発電量の、同期間中に定格出力で運転したと仮定して風車が発生可能な発電量に対する比
年間発電量 [annual energy production]	風力発電装置の 1 年間の発電量。推定値は、実測したパワー曲線とハブ高さにおける風速出現頻度分布をもとに、100%の利用可能率を仮定して計算する。実測値と区別するために推定年間発電量とも言う。
正味年間発電量	年間発電量に利用可能率や出力係数、ウェークロス等を考慮して計算した発電量
ピンの方法[method of bins]	風速の区間(ピン)ごとに試験データを分類するデータ処理方法。ピンごとにサンプル数と総和を記録し、平均値を計算する
複雑な地形	地形が変化に富み、または障害物が存在して風がゆがめられやすい地理形状
サイト・キャリブレーション	試験サイトにおいて、風車設置点に一時的に設置された風向風速計に流入ハブ高さの風速及び風向と、性能計測に使用する風況観測マストで計測される風速及び風向のデータを取得し、風車に流入する地形による流れの歪みを補正すること

用語	内容
試験サイト	性能計測を行う風車とその周辺を含む土地
過速度(過回転)	定格速度又は、規定速度よりも高い回転速度のこと
発電機過負荷	発電機出力が定格又は規定出力を超えること
振動過大	機器(ナセル・タワー・増速機・発電機等)が、規定の振動よりも大きな振動になること
フェザリング	風の入力に対し回転方向の力が生じないようにブレードのピッチ角を風向きに平行にすること
アイドリング[idling]	風車発電機が低速回転して、発電をしていない状態。
パーキング[parking]	風車が平常停止後の戻る状態。静止状態又はアイドリング状態にあることを言う。
停止[shut down]	発電と静止又はアイドリングとの間の風車の過渡的状态。
風車の騒音	ブレードからの風切り音やナセルからの機械音等、聞いて好ましくない音
音響基準風速	粗度長 0.05m、高さ 10m における 8m/s の風速
電波障害	ブレードやタワーが電波を反射、又は遮蔽して通信、TV 電波等に障害を与えること
景観影響 / 障害	風車を建設することによる景観への影響
環境影響評価	自然環境に与える正及び負の効果を分析し、負の効果に対して問題点の抽出と対応策の導出を行って評価を行う手法
バードストライク	回転中のブレード等による鳥類への影響

1996年12月 初版 発行
1998年6月 第2版 発行
1998年10月 第3版 発行
2000年3月 第4版 発行
2001年12月 第5版 発行
2004年2月 第6版 発行
2005年1月 改訂第7版 発行
2005年5月 改訂第8版 発行
2008年2月 改訂第9版 発行

本報告書の内容を公表する際はあらかじめ独立行政法人新エネルギー・
産業技術総合開発機構エネルギー対策推進部の許可を受けて下さい。

電話 044-520-5180

委託先：イー・アンド・イー ソリューションズ株式会社
環境事業部 温暖化・エネルギー対策グループ

電話 03-6328-0130



独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー対策推進部

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番 ミューザ川崎セントラルタワー18階
Tel 044-520-5180 Fax 044-520-5186 <http://www.nedo.go.jp/>