

## 風力発電と浮体洋上ウインドファーム

2012.05.14 岡本 洋

2011.3.11 福島原発事故に続く、脱原発議論の中で、その代替エネルギーとして標記のテーマがクローズアップされている。以下に最新のウインドファーム実証実験情報と風力発電関連資料を編集した。

そのⅠ、福島沖の「浮体洋上ウインドファーム実証研究事業」

そのⅡ、浮体洋上発電は期待の星か

「実験始まる洋上浮体風力 日本の海洋エネルギー期待の星か」

そのⅢ、風力発電 講座 (三菱重工資料) 抜粋。その他

---

### そのⅠ、福島沖の「浮体洋上ウインドファーム実証研究事業」

「世界への突破口になるか、福島沖の「浮体式洋上風力」

日経電子版 2012.05.14 (日経 BP クリーンテック研究所 金子憲治)

目次 1). はしがき、 2). 世界最大出力を浮体で、 3). 欧州でもノウハウを蓄積、  
4). 震災後に計画を前倒し、 5). 日経 BP 関連記事 見出し

#### ■ はしがき

福島県の沖合約20kmの太平洋上に、2013年以降、巨大な風力発電設備が次々とお目見えする。東日本大震災で事故のあった東京電力福島第1原子力発電所からも30kmほどの距離になる。まず、2013年に2000kW、2014年に7000kW、2015年には数千kWクラスの風車を順次、設置する。総事業費は188億円。東日本大震災復興関連の2011年度第3次補正予算で開始が決まった「浮体洋上ウインドファーム実証研究事業」だ。

浮体洋上ウインドファームとは、海の上に多数の巨大な風力発電設備を浮かべて発電し、海底ケーブルで陸上に電力を送る大規模風力発電所である。洋上風力発電の設備は英国とデンマークで設置が進みつつあるが、これらはいずれも海底に基礎を据える「着床式」。これに対して、福島沖の事業では「浮体式」を採用する。

理由は水深の違いである。コスト的に着床式で設置可能なのは、水深40mくらいまでといわれる。欧州では水深20m前後の遠浅の海域が広く、着床式が有利なのだ。一方、40mより深くなると、船や浮きのような構造物の上に風車を載せる浮体式の方がコスト的に有利になっていく。福島沖20kmの水深は、100m前後にも達する。このため、計画立案の当初から着床式という選択肢はなく、浮体式を選ぶしかなかった。

## ■世界最大の出力を浮体で

ただし、浮体式の風力発電は、数年前からイタリアやノルウェー、ポルトガルで 1000 kW～2300kW機の実証実験が始まったばかりである。世界的にもまだ研究段階の技術といえる。しかも今回の福島沖の実証事業は、7000kWという世界最大の風力発電設備を次世代技術である浮体式で設置するという世界初の試みになる。

羽根(ブレード)の先端が回転して描く円の直径は 165mに達し、定格出力が出れば、1基で数千世帯の電力を賄える。成功すれば、洋上風力の先端技術の実証で日本が欧州を抜き、一気に世界をリードすることになる。加えて、経済性を確保できれば、この海域で大規模なウインドファームを事業化する構想もある。

2012年7月に始まる再生可能エネルギーの「固定価格買取制度」では、数千枚もの太陽光パネルをずらりと並べて発電するメガソーラー(大規模太陽光発電所)が脚光を浴びている。しかし巨大洋上風車なら、たった1基で数MW(メガワット=1000kW)クラスの出力規模になる。仮に、これを1000基並べたウインドファームを建設すれば、数GW(キガワット=百万kW)になり、30～40%とされる設備利用率を加味しても、原発に匹敵する出力規模になる。

国内の再生可能エネルギーの中では、潜在的な開発可能量でも洋上風力は群を抜いている。環境省が2011年4月に公表した「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」によると、洋上風力は16億kWに達し、陸上風力(2億8000万kW)、非住宅太陽光(1億5000万kW)、地熱(1400万kW)を大きく引き離す。

---

もちろんこの数値はあくまで技術的に開発可能な量で、経済性を十分に加味したものではない。しかし、発電技術の低コスト化が軌道に乗れば、洋上風力が再生可能エネルギーの本命になる潜在性を示す。経済産業省・新エネルギー対策課の村上敬亮課長は、「再生可能エネルギーを基幹電源の1つにするには、まず電力システムを強化して北海道と東北で陸上風力を十分に開発すること。その次に、洋上風力を大規模に開発する必要がある。固定価格買取制度でまず太陽光が増えるが、量的に確実に計算できるのは風力」と話す。

村上課長は日本企業のノウハウにも期待する。「洋上風力、特に浮体式洋上風力は、世界的にまだ技術が確立していない。洋上に浮かぶ浮体式には、造船の技術が応用できる。日本メーカーには風車の技術に加え、造船や、海洋の厳しい環境にも対応できる素材技術などを豊富に保有している。浮体風力でいち早く世界トップの技術を確立できれば、今後成長が予想される世界の洋上風力市場でも活躍できる。裾野の広い風力設備は国内産業にも波及効果が大きい」と話す。

福島沖の実証事業を統括するのは、海外の発電事業で豊富な実績のある丸紅。

そして、メーカーには、大型風力と造船の両技術を持つ三菱重工業のほか、日立製作所、新日本製鉄、アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド、古河電気工業、清水建設など、日本の重工業や素材産業を代表する企業が名を連ねる。まさにオールジャパン体制だ。

### ■欧州でもノウハウを蓄積

実は、丸紅と三菱重工は、既に欧州の洋上風力発電事業に積極的に参画している。



図1 シージャックス社は、欧州における着床式洋上風力設備の建設で豊富な技術を持つ

丸紅は2011年11月、日本企業として初めて英国沖の洋上風力発電事業に出資した。2012年3月には英国の洋上風力発電設備の据え付け会社であるシージャックス社を買収した(図1)。丸紅の山本毅嗣・海外電力プロジェクト第一部新規事業チーム長は、「洋上風力設備の設置で、ボトルネックになっているのは洋上で設備を据え付ける特殊船が少ないこと。シージャックス社は特殊船を複数所有し、海上での据え付け技術が高い」と話す。

丸紅は「今後、欧州で蓄積したノウハウを、洋上風力の導入が見込まれる北米や日本、アジアで生かし、洋上風力事業を世界的に展開する」(山本チーム長)計画だ。福島沖の実証事業はその第一歩となる。



図2 三菱重工の着床式洋上風力発電設備のイメージ

三菱重工業は、英電力会社の協力を得て、洋上向け7000kWの大型風力発電設備を開発中で、英国沖の洋上風力発電事業への設備納入を目指している(図2)。

風力発電ではブレード(羽根)を長くして出力を増やすほど、1kW当たりの発電コストが安くなる。陸上風力ではブレード運搬の都合から、2000kWが限界だが、船で運べる洋上ではさらなる大型化が可能になる。このため、ドイツのシーメンス社やデンマークのヴェスタス社、フランスのアルストム社など風力発電設備大手はこぞって、6000~7000kWの洋上向け大型風力発電設備の開発を急いでいる。

ところが、各社が共通して悩んでいるポイントがある。それは、長いブレードが発する巨大な回転力をどのように発電機に伝えるかである。まず、ブレードの軸につないで回転数を変換し発電機に伝える歯車(増速機)に強烈な力が加わるため、耐久性に課題が出てくる。それを避けるには、いわゆる同期発電機を使えばよい。低回転数のまま発電でき、歯車が不要になるからだ。しかしここにも問題がある。同期発電機に組み込む永久磁石にはレアアースを多用するため、コストがかさんでしまうのだ。

そこで三菱重工が製品化を目指しているのが、ブレードの回転力を油圧で発電機に伝える**油圧式洋上風車である。油圧式なら歯車は不要**で、通常の誘導発電機が使えるのでコストも下がり、将来的には1万kWの大型風車も可能になる。この技術は、英ベンチャーのアルテミス社が開発し、特許を持っていた。三菱重工は2010年12月に同ベンチャーを約20億円で買収し、独自技術として手に入れた。2012年8月にはこの油圧伝達技術を導入した2400kW機を横浜の自社工場内に稼働させ、2013年には7000kW機を英国の海岸に着床式で設置、実証運転する計画だ。そして、いよいよ2014年にはその成果も踏まえ、福島沖に浮体式の7000kW機を設置する。

## ■震災後に計画を前倒し

もともと経済産業省は、まず2012年から千葉県銚子沖で着床式の2400kW機を実証し、5年後くらいに浮体式の実証事業を想定していた。環境省は2013年から長崎県五島市沖に2000kW機を浮体式で設置する実証事業を進めているが、商品として競争力のある6000kW～7000kW機を設置する計画はなかった。震災の復興予算によって、浮体式7000kW機での洋上風力の実証が数年早まることになった。三菱重工と丸紅が、欧州企業を買収し、積極的に洋上風力のノウハウを蓄積していたことが、この前倒しを可能にした。

浮体式洋上風力を巡っては、メーカー間の開発競争と並行して、国際標準化でもすでに各国がつばぜり合いを演じている。風力発電設備は、陸上と着床式洋上に関しては、欧州がリードしつつIEC(国際電気標準会議)で国際標準が決まっている。そんななか、2010年3月に韓国が「浮体式」の国際標準化をIECに提案、これを受けてサブグループが設置され、2011年9月から韓国がリードする形で議論が進んでいる。

こうした国際標準を巡る動きや、福島沖の実証事業で浮体式洋上風力の実用化が予想より早まってきたことから、国土交通省が主体となって、日本でも2011年度に専門家による委員会が設置され、浮体式洋上風力設備の安全確保のための技術を検討し始めた。そして2012年4月、技術基準を作成した。船舶安全法に基づき構造や設備の要件を定めたものだ。福島沖の実証事業にも適用し、IECでの国際標準化にも積極的に関与する方針だ。

このように再生可能エネルギーの“本命”として、洋上風力発電設備の開発競争、標準化争いが活発になっている。着床式洋上までの風力発電技術は、欧州企業がリードしてきた。実際、英国沖ウインドファームで回る3000kWの着床式風車は、シーメンスとヴェスタスがシェアを分けている。福島沖で実証する浮体式設備をきっかけに、日本が一気に世界をリードできるか。日本の重工業の底力が試される。

(日経 BP クリーンテック研究所 金子憲治)

日経BPの関連記事

海上の風車で電力 浮体式洋上風力発電 (2012/1/6 7:00) [有料会員限定]

- スペインの風力、出力が全消費電力の60%に (2012/4/18 6:30)
  - 三菱商事、メキシコで大規模風力に参画 (2012/2/27 6:30)
  - 風力発電関連への参入検討2割増 (2012/4/30 0:10) [有料会員限定]
  - 日本電産、伊モーター大手買収 風力向け参入 (2012/4/12 2:02) [有料会員限定]
  - フランスの再生可能エネルギーはいま 1万人の雇用が期待される「洋上風力発電」
  - 2011年のスペイン、発電量の約1/3が再生可能エネルギー由来に
  - 「再エネ」買い取りの経済効果
  - 三菱電機、第6世代IGBTを搭載した発電システム向けパワー・モジュール
- 日経BPクリーンテック研究所

..... ( そのⅠ おわり ) .....

## そのⅡ 浮体洋上発電は期待の星か

「実験始まる洋上浮体風力 日本の海洋エネルギー期待の星か」

金子憲治、花澤裕二、半沢智（日経エコロジー）  
瀧本大輔、山根小雪、小瀧真理子（日経ビジネス）

日本は世界第6位の排他的経済水域（EEZ）を持つ海洋国家。豊富な海洋エネルギーのうち、最もポテンシャルが高いと目されているのが洋上浮体風力発電だ。

### 1. 期待の洋上発電

その地理的特性から海洋エネルギーを積極的に開発し、有効利用することは、日本が低炭素社会に移行する上で欠かせない条件といえる。海洋エネルギーのうち、最も開発が進んでいるのが洋上風力発電だ。

#### DATA

##### ようじょうふたいふうりょく

海上の浮体（プラットフォーム）の上に風車を載せる方式。着床式より深い海に対応できる。製造・設置コストはかさむが、設備利用率が陸上よりも10ポイント程度高く、発電コストは陸上と同等とみられている。

- 実用時期：2020年
- 最適地域：南西諸島、伊豆小笠原諸島

洋上風力は着床式と浮体式に分かれる。着床式は深さ 50m 程度までの比較的浅い海底に風車を固定するタイプ、浮体式は 50~200m 程度の海に風車を浮かべるタイプだ。

英国をはじめとする欧州では既に着床式が実用化され、大規模洋上ウインドファームが誕生している。だが、日本での開発はまだこれから。東京電力が千葉県銚子沖で 2000kW 級の着床式の実験を、今年から始めることがようやく決まったばかりだ。

中長期的に見ると、日本で最も可能性があるのは浮体式。東京大学の鈴木英之教授は、「日本近海は海底が急に深くなるため、浮体式の開発が重要になる」と言う。日本風力発電協会の試算では、洋上風力の導入可能量 6800 万 kW のうち、浮体式が 3900 万 kW を占める。これは原子炉 30~40 基分に相当する。発電コストは太陽光より安いとみられている。

既にノルウェーでは 2000kW 級の浮体式の実証実験を 2009 年夏に始めており、日本はここでも「周回遅れ」。だが、ここに来て開発に動きが出てきた。模型による室内実験の段階は終わり、いよいよ実海域での実証段階に入ってきたのだ。

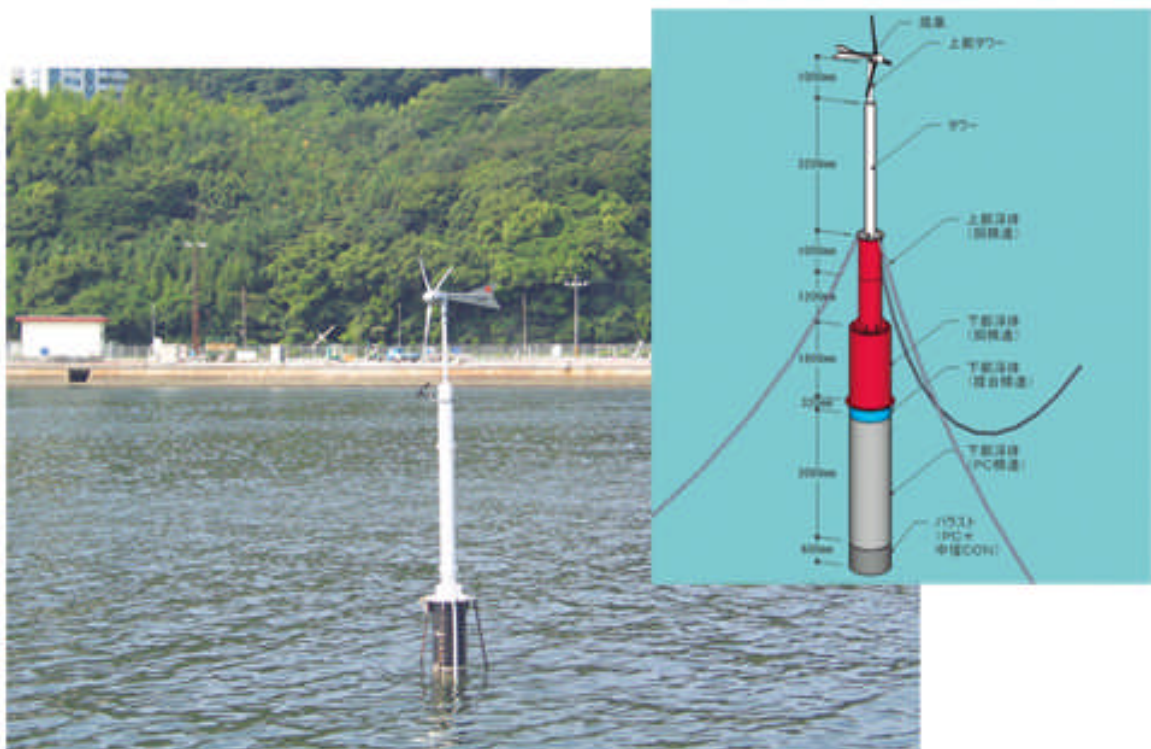


陸上よりも洋上の方が風況がよく設備利用率が高いが、日本の海は地形的に着床式の適地が少ない。洋上の風力資源を活用するには浮体式風力発電の開発がカギになる

画像提供／九州大学 SCF 研究会

## 2. 漁業との複合基地にも

京都大学の宇都宮智昭准教授は昨年、**佐世保重工業**などと共同でスパー型と呼ばれる浮体式風力発電の実験を実施した。スパー型とは電柱のような細長い浮体を釣りの浮きのように縦に海面に浮かべ、その上に風車を載せる方式。ノルウェーで稼働中の実証機もスパー型である。



京都大学では 2000kW 級スパー型の浮体式風力発電の研究が進む。

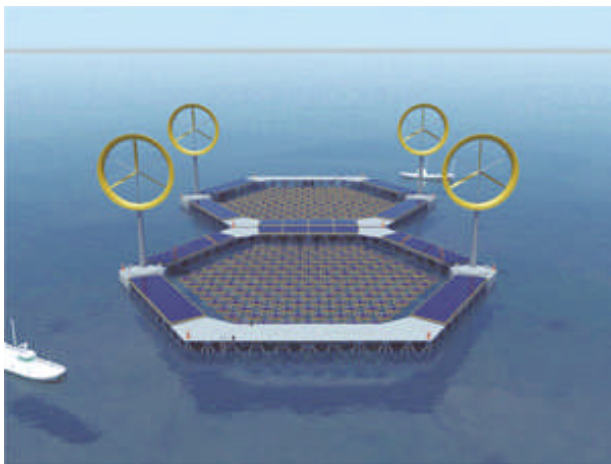
1/10 スケール（写真、イラスト）の実験を終え、

1/2 スケールの実験を計画する

画像提供／京都大学 宇都宮智昭准教授

京大の実験では 2000kW 級の風車を想定し、その 10 分の 1 サイズの浮体を製作。佐世保港内に 1kW の風車を載せて浮かべ、施工法や安定性、発電性能を確認した。次のステップとして、2 分の 1 の浮体に 100kW 級風車を載せて沖合いに設置する実証実験を 2011 年に実施したいという。



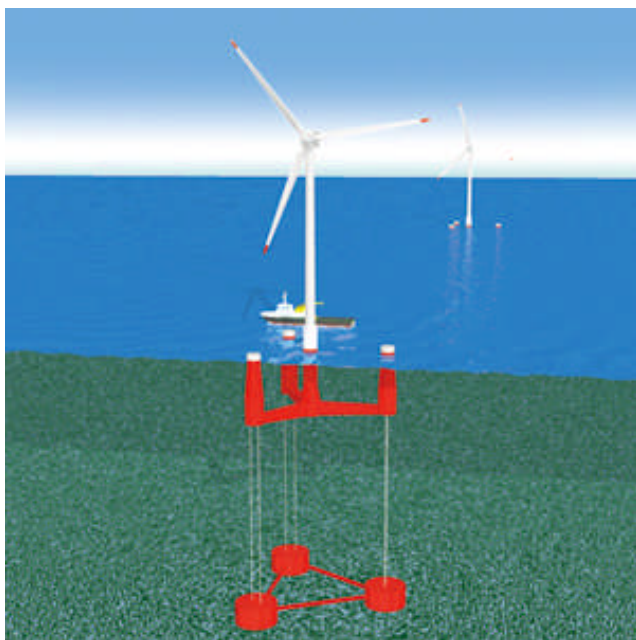


九州大学の研究チームが計画する直径 60m の浮体と 2 機の 100kW 風車による実証実験の想像図。風車は効率性に優れた「風レンズ風車」を採用する

画像提供／九州大学 SCF 研究会

九州大学の経塚雄策教授のグループは、六角形の浮体を複数連結させ、日本独自の「風レンズ風車」を搭載する案を研究中。25 分の 1 模型による実験データを基に、直径 60m の鋼鉄製の六角形浮体に 100kW の風車を 2 基載せる実証機を計画中だ。

六角形浮体の内水面を魚の養殖いけすに使ったり、浮体の外縁に波力発電装置を備えたりするなど、複合的な海洋エネルギー基地としての活用を目指す。風レンズ風車は九大発のベンチャー企業が独自に研究を進めており、通常の風車の 2 倍以上の発電能力を持つという。



緊張係留型浮体（TLP）風力発電を研究する三井造船。既に 2400kW 級の概念設計で暴風時の係留機能などを確認済みという

画像提供／三井造船

三井造船が研究するのは、海底油田の採掘などで実績がある緊張係留型浮体（TLP）。半潜水型浮体をスチールパイプなどの tendon（垂直緊張係留ライン）で海底基礎につなぐもので、特に安定性に優れる。三井造船は概念設計を進めており、既に 2400kW 級を終了。次は 5000kW 級に取り掛かる段階だ。

こうした状況を受け、環境省は浮体式洋上風力の実証実験を2010～15年度に実施する計画で、参加企業・大学を6月にも公募する。欧州などのように十分な公的支援があれば、日本でも実用化に向けて開発が一気に加速しそうだ。

上記の記事「実験始まる洋上浮体風力 日本の海洋エネルギー期待の星か」は、『日経エコロジー』2010年7月号に掲載された記事です。なお、記事中に記載した内容については、『日経エコロジー』2010年7月号掲載時の内容となっております。

..... ( そのⅡ おわり ) .....

## そのⅢ、風力発電 講座

風力発電に関する資料—三菱重工 風力講座 より抜粋  
[http://www.mhi.co.jp/products/expand/wind\\_kouza.html](http://www.mhi.co.jp/products/expand/wind_kouza.html) より

風力講座目次 下線部のみ引用

### 1. 風力発電装置の概要

- 1.1 風力発電装置の原理    1.2 風の発生と風車の出力    1.3 世界の風資源
- 1.4 風車の構造            1.5 電気の基礎知識            1.6 風力発電機の種類と特徴
- 1.7 系統連系            1.8 発電機の原理

### 2. 風力発電と環境問題

- 2.1 環境問題とは    2.2 人口問題                    2.3 異常気象
- 2.4 地球温暖化    2.5 化学汚染、河川・海洋汚染    2.6 地球温暖化の解決に向けて
- 2.7 風車の与える環境へのメリットと今後の課題
- 2.8 風車発展と環境問題解決のシナリオ

### 3. 今日までの発展と今後の展望

- 3.1 世界の風車市場と設置状況
- 3.2 世界の風車の導入状況と今後の予測(BTMによる)
- 3.3 各国の風車導入の為に電気購入価格(EURO-cent/kWh)
- 3.4 世界の風車メーカーシェア            3.5 日本の風車の設置状況と導入支援
- 3.6 国内風力発電拡大の為に問題点    3.7 世界と日本の風力発電の技術動向
- 3.8 洋上風車への進出

### 1.2.1 風車と風特性



風車に吹き込む風の特徴について説明します。

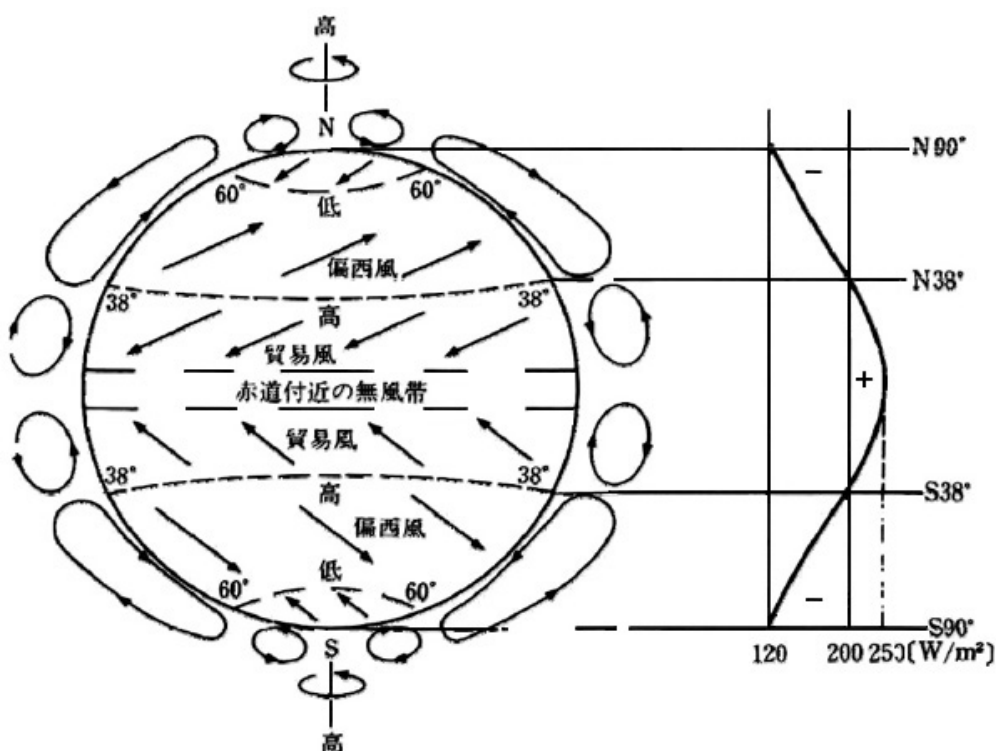
- 風のエネルギーは **風速の3乗** に比例
- → 運動エネルギー( $\propto$ 速度<sup>2</sup>) × 流入空気量( $\propto$ 速度)
- 風車の効率の **理論上限(Betzの限界)は59%**  
実際は約40~45%
- → 風車出力は直径で決まる。  $\text{kW} \approx 0.3 \times (D = \text{直径 m})^2$

出力	600kW	1MW	2MW	3~4MW
直径	45m	57~61m	75~80m	100~120m



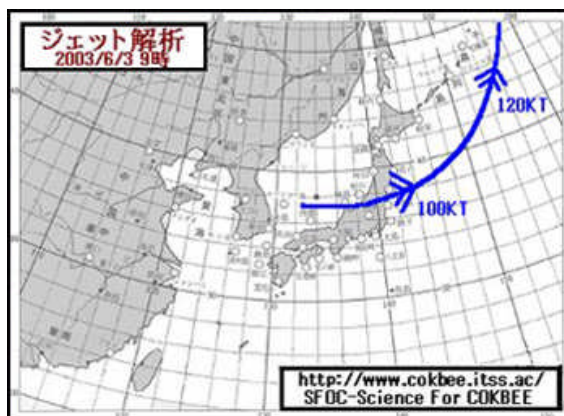
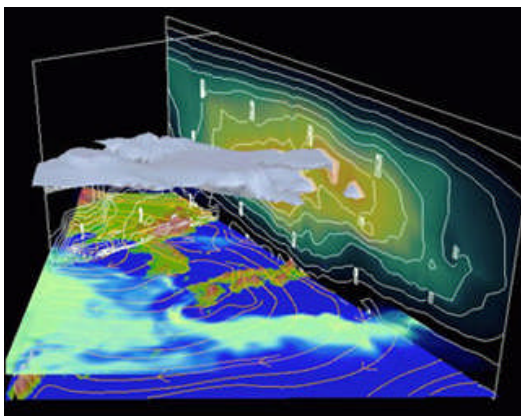
## 1.2.2 風はどの様に出来るのか

- (1) 空気の圧力差が太陽、海、陸地、標高、自転、公転、地球内部温度等により発生する。
  - ① 赤道付近は非常に熱せられ、北極・南極は温められにくいので温度差が出る。
  - ② この圧力差、温度差から地球規模で対流が発生する。これがジェット気流である。
  - ③ 風の中で一番有名なのが、赤道付近が太陽によって温められ、自転とあいまって出来る貿易風。(これは東風)
  - ④ それと循環するものが偏西風で緯度 38 度近傍で西風。



<a>地球を取り巻く基本的な風の流れ

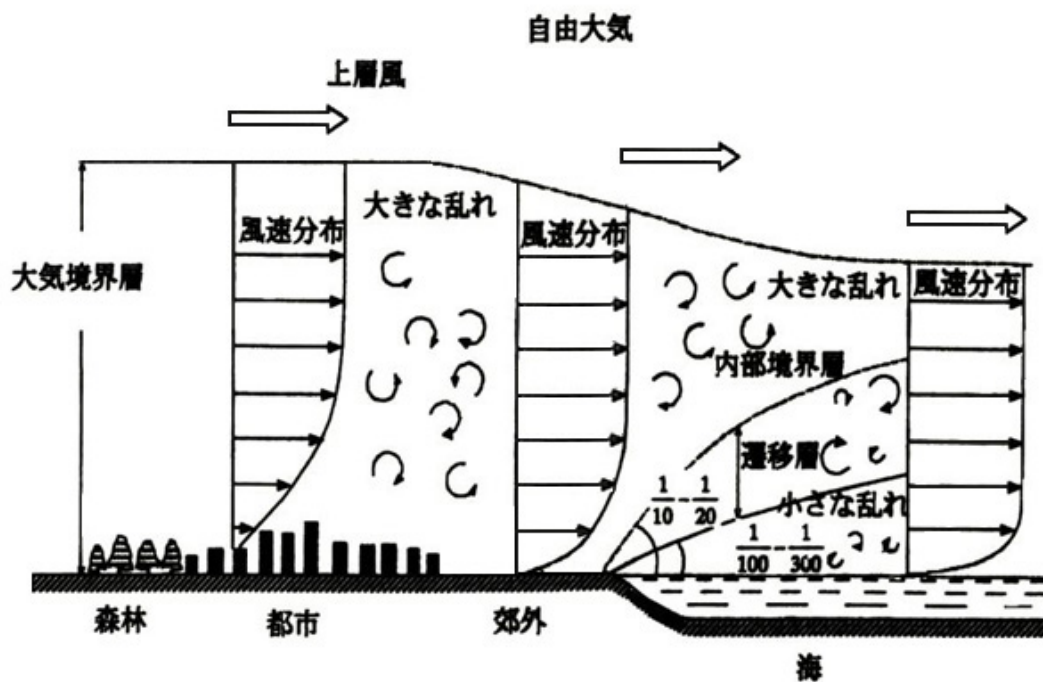
<b>地球に注がれる太陽エネルギーの収支



ジェット気流解析例(cokbee.itss.acより)

- (2) 熱帯性低圧が大きな気象の変化を作る。
  - ①わが国を含む東アジアには台風(タイフーン)
  - インド洋ではモンスーン
  - 大西洋ではハリケーン
  - として大型低気圧が形成され, 大きな風邪を発生させる。
  
- (3) 陸地と海の温度差によっても風は起こる。
  - ①大地と水の比重と比熱の差で温度差が発生する。
  - ②昼と夜の吸放熱の大きさが違うことから海風や陸風が吹く。
  - ③朝夕には風(なぎ)と呼ばれる殆ど風の吹かない時間も発生する。

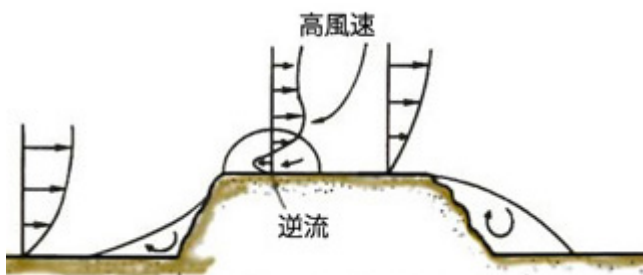
### 1.2.3 地球表面の風の上下方向分布



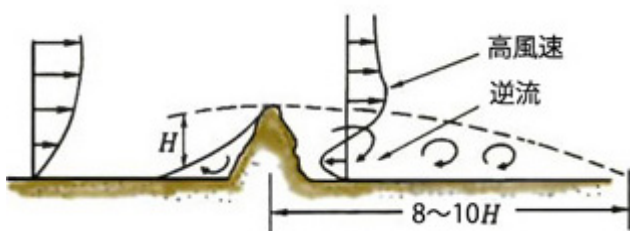
### 1.2.4 山の風



(a) ずんぐりとした形状を持つ丘陵を越える流れ



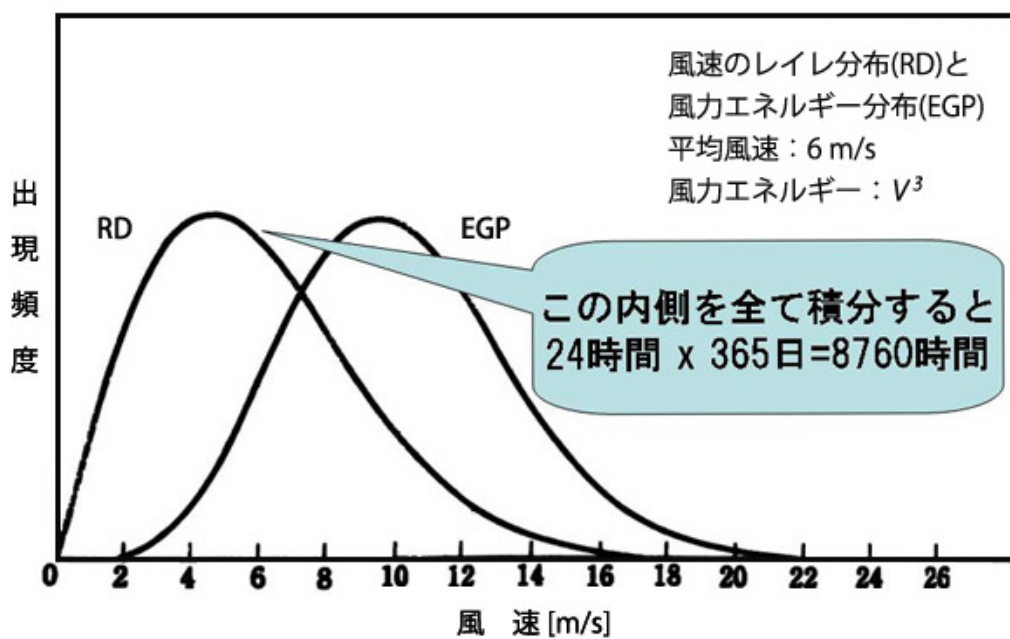
(b) 台形状の丘陵を越える流れ



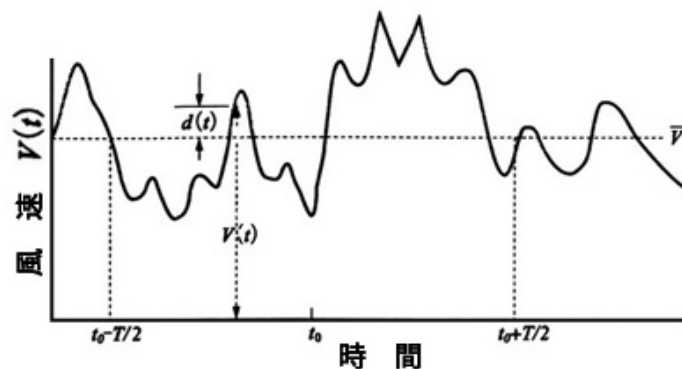
(c) 鋭く突き出た地形を越える流れ

### 1.2.5 年間風速分布と風車で利用できるエネルギー

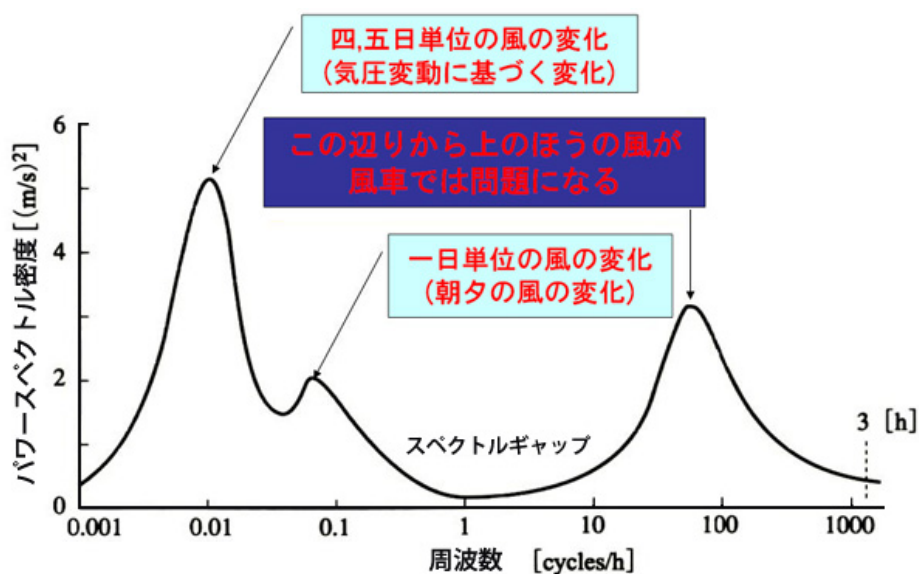
平均 6m/sec の風が吹いている時の風速分布(RD)とエネルギーの分布(EGP)を示します。



### 1.2.6 風の時間変化



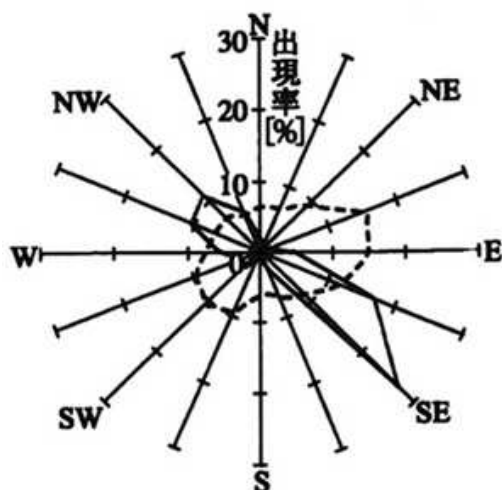
### 1.2.7 風の時間変化スペクトル



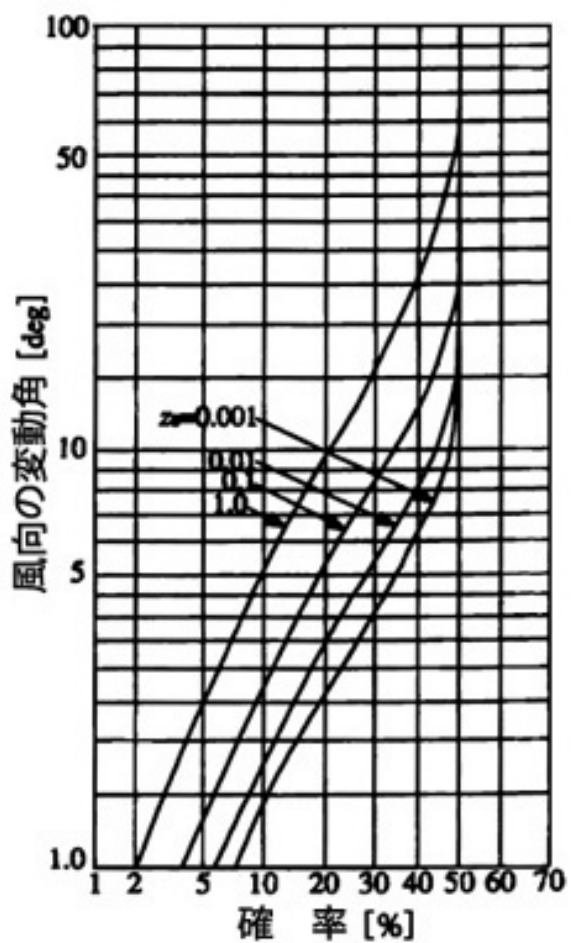
### 1.2.8 風の年間風向変化(ウインドローズ)

風の方向出現率(Wind Rose)

(1) 風向き変動幅と積算確率





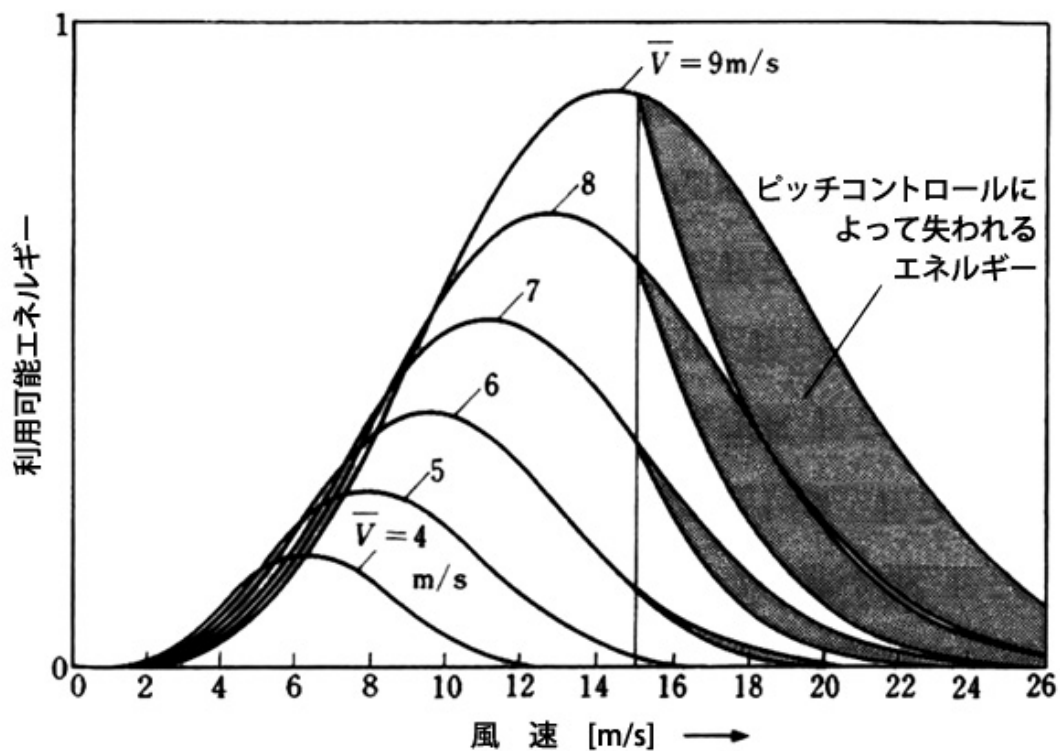


風向変動幅の積算確率

(地上 10m の場合)

地表の状況	$Z_0$ (cm)
雪面	0.1~
短い牧草	1~
長い草地麦畑	4~
高さ 10m の雑木林	50~
郊外	100~
都市部	100~
海面(波の状態による)	0.001~

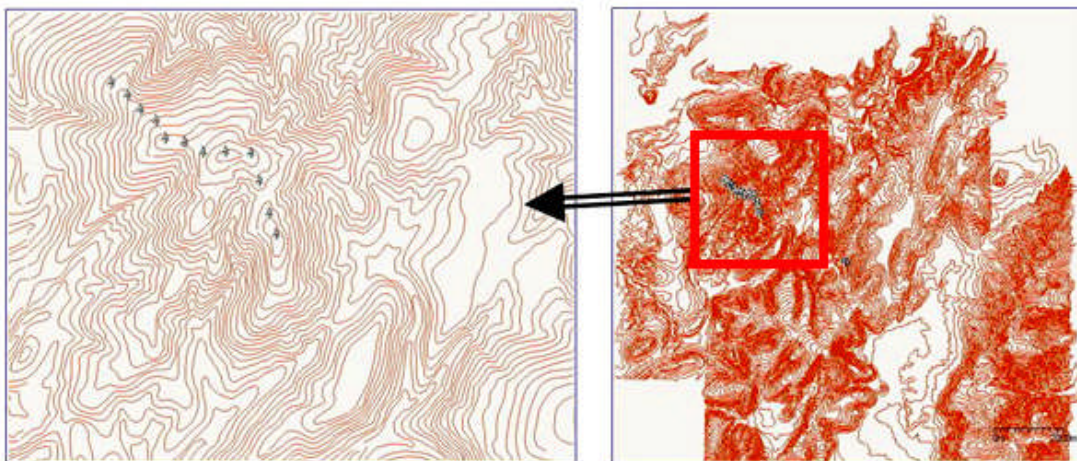
### 1.2.9 風車で回収できる風のエネルギー



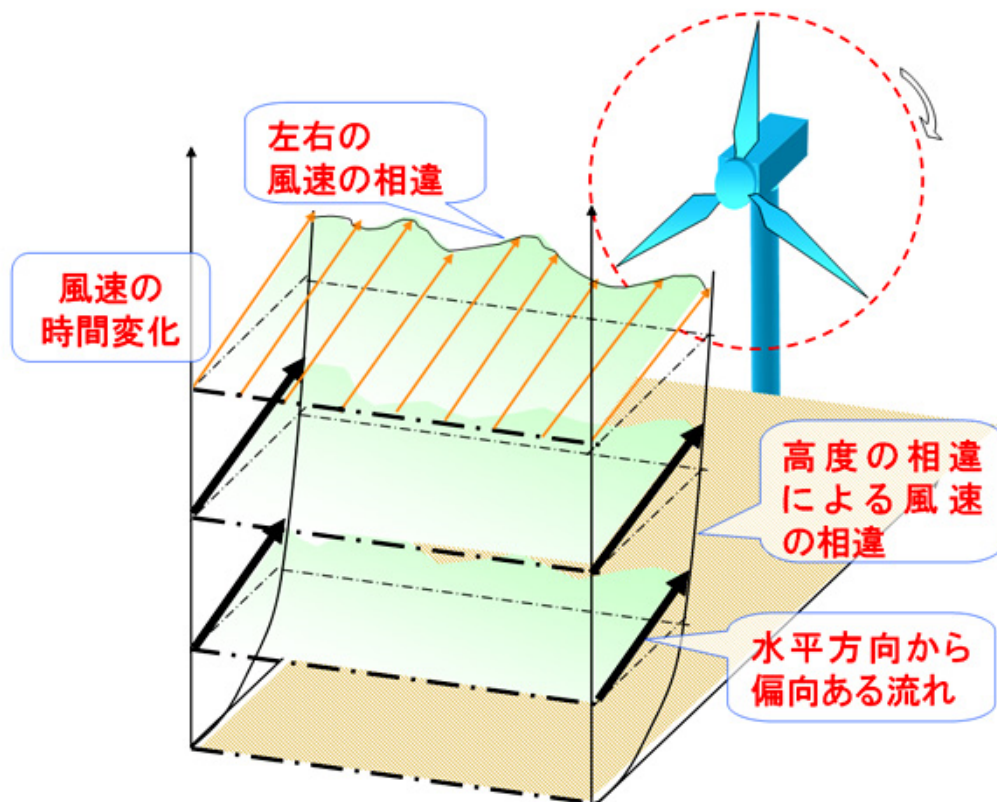
### 1.2.10 風車設置位置の風

建設位置の風量が大切  
風況調査を行い設置予定地区内に風車を配置する。

少なくとも1年間は風況調査を行い、20年間の  
発電量を予測する。



### 1.2.11 風車に進入する風

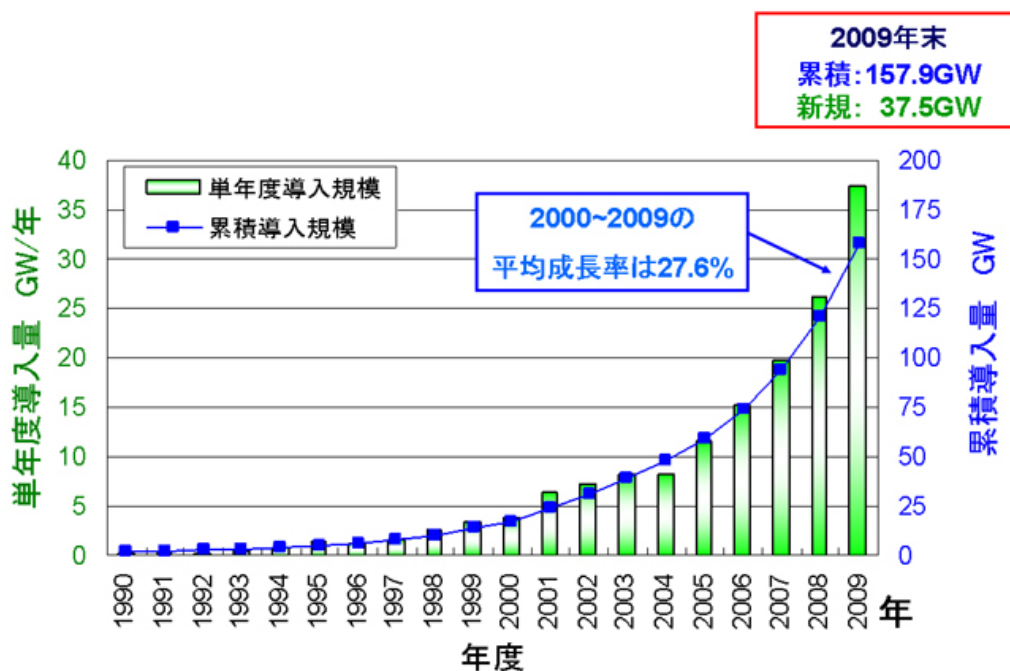


本文中のグラフ、図については、以下の資料を参考にさせていただきました。

- 「風力発電技術」(先端技術でよみがえる風力発電)  
清水 幸丸 著:パワー社
- 「風車工学入門」(基礎理論から風力発電技術まで)  
牛山 泉 著:森北出版株式会社
- WIND ENERGY HANDBOOK

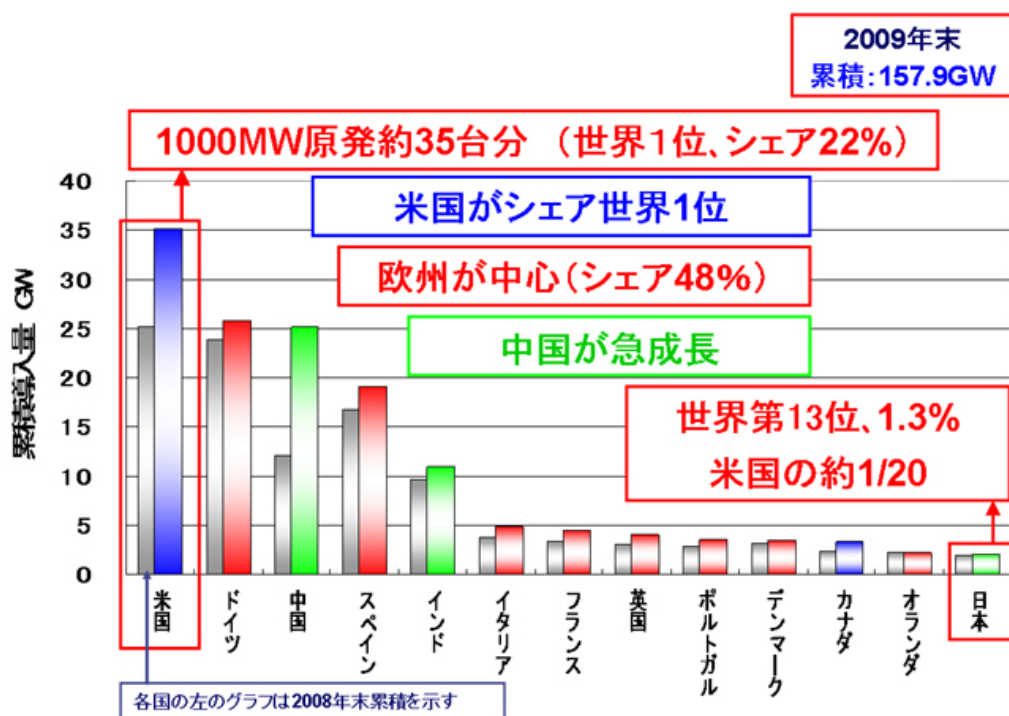
.....

### 3.1 世界の風車市場と設置状況

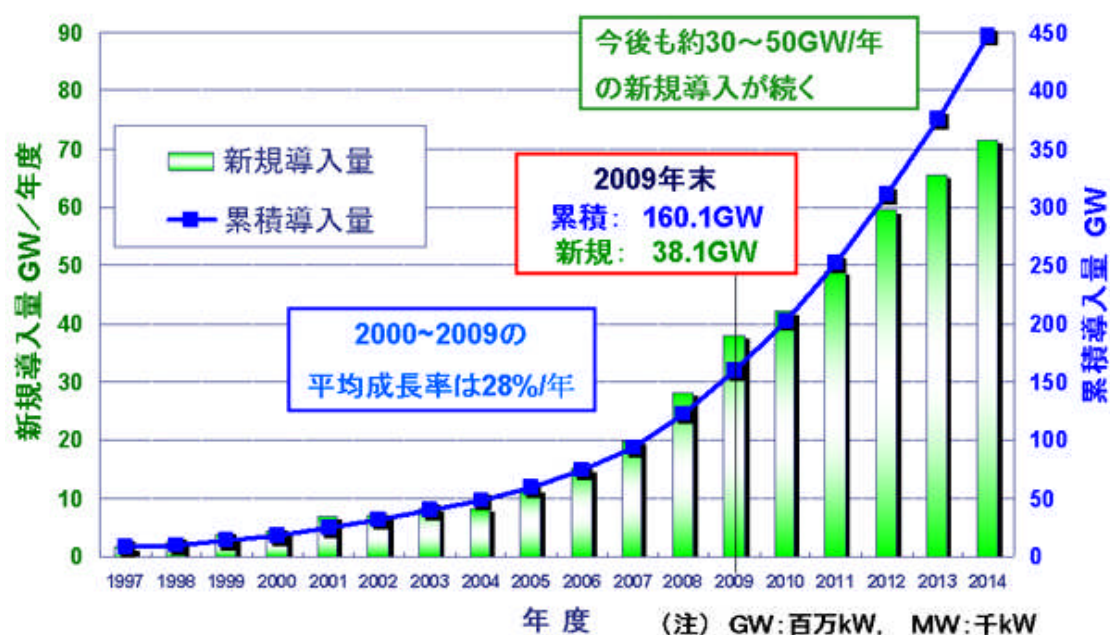


出典: 1990~1995年: IEA Wind Energy Annual Report  
2006~2009年: GWEC Global Wind Energy Council

#### 3.1.1 2009年までの主要国別累積実績量



## 3.2 世界の風車の導入状況と今後の予測(BTM による)



出典: BTM Consults World Market Update 2009

### 3.2.1 Wind Force 12 の目標

EWEA: 欧州風力委員会と GREEN PEACE が環境問題解決のために作成した報告。  
(2020年世界の全電力量の12%を風力で)

全世界発電容量	2020年	2,950GW
風車全発電容量目標	2020年	343GW
国内目標容量 (洋上風車を含む)	2020年	30,000MW (30GW)

この目標値は2010年の国内目標3,000MWの10倍である。

### 3.2.2 世界の主要国別風力発電導入目標

	国名	2000年末 実績MW	導入目標値
1	ドイツ	6,113	2010年までに再生可能エネルギーの割合を倍増する (対エネルギー消費量10%)
2	アメリカ	2,555	2010年までに全米で合計10,000MWを導入する
3	スペイン	2,402	2010年までに再生可能エネルギーの割合を12%とする
4	デンマーク	2,297	<del>2020年までに洋上発電4,000MWを含む</del> 5,500MWを導入する
5	インド	1,220	
6	オランダ	448	2010年までに2,000MWを導入する。
7	イギリス	409	2010年までに供給電力の10%を再生可能エネルギーで賄う
8	イタリア	389	2010年までに3,000MWを導入する
9	中国	340	
10	スウェーデン	231	導入目標値は特定されていない
11	ギリシャ	189	2005年までに350MWを導入する
12	日本	144	2010年までに3000MWを導入する
13	カナダ	140	導入目標値は特定されていない
14	アイルランド	118	2010年までに総電力消費量の12%を再生可能エネルギーで賄う
15	ポルトガル	100	
	その他	605	
	世界合計	17,706	

EU各国の目標は2001年10月に本目標を上方修正している

出展: WINDPOWER MONTHLY APRIL, 2001 等

### 3.2.3 欧州連合(EC)の導入目標(修正後)

(2001/10/27 欧州議会と欧州理事会で決定)

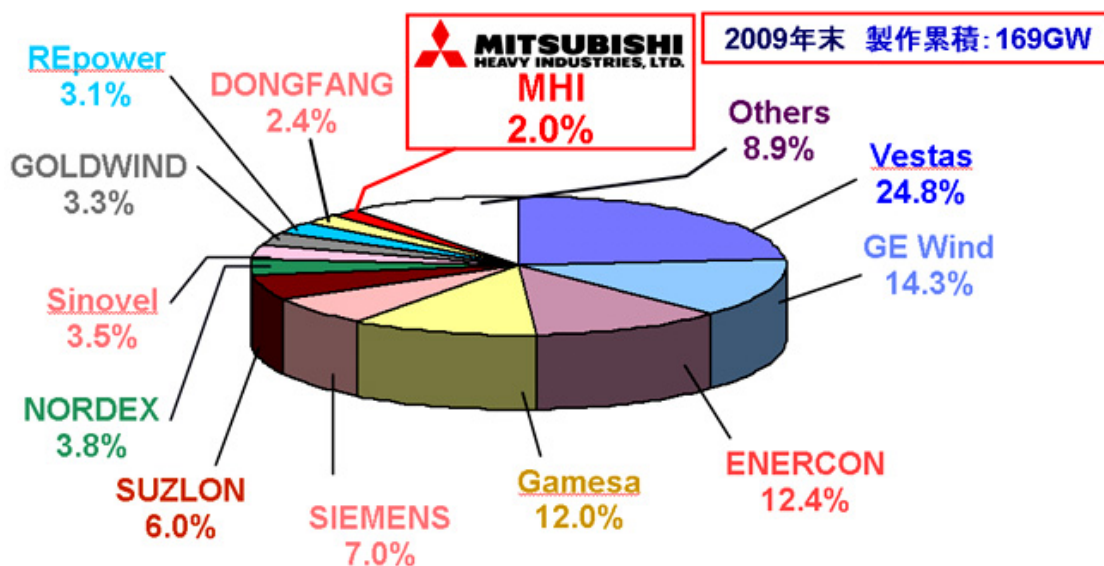
- 2001/9/27 欧州議会と理事会は「再生可能エネルギー資源による電力の域内市場普及促進指令」を決定、2001/10/27 発効。
- 対象は、風力、太陽光、地熱、波力、潮力、水力、バイオマス、埋立地ガス、下水汚泥消化ガス、バイオガス。
- 加盟各国は2002/10/27までに国家目標を決め、その後5年毎に10年間の国家電力消費量に比例した目標を定め公表する。  
2010年度の国別目標値は次表参照。
- 加盟国は2003/10/27までに目標の達成度分析を実施、以降1回/2年公表する義務がある。
- 国家目標がEC目標と合致しない時は適切な方法で強制的な目標設定について提言できる。

## EU 各国の導入目標値(修正後)

	再生可能エネ電力 (TWh) 1997年	再生可能エネ電力 (%) 1997年	再生可能エネ電力 (%) 2010年
ベルギー	0.86	1.1	6.0
デンマーク	3.21	8.7	29.0
ドイツ	24.91	4.5	12.5
ギリシャ	3.94	8.6	20.1
スペイン	37.15	19.9	29.4
フランス	66.0	15.0	21.0
アイルランド	0.84	3.6	13.2
イタリア	46.46	16.0	25.0
ルクセンブルグ	0.14	2.1	5.7
オランダ	3.45	3.5	9.0
オーストリア	39.05	70.0	78.1
ポルトガル	14.30	38.5	39.0
フィンランド	19.03	24.7	31.5
スウェーデン	72.03	49.1	60.0
英国	7.04	1.7	10.0
<b>欧州連合(EU)</b>	<b>338.41</b>	<b>13.9%</b>	<b>22%</b>

出典:GWEC Global Wind Energy Council

### 3.4 世界の風車メーカーシェア



Vestas 社・・・ デンマーク、110年の歴史を有する風車メーカー

GE Wind・・・ 米国、GE Wind Energy はGEの子会社 GE Energyの一部門。

ENERCON・・・ドイツ、19世紀半よりの風車メーカー。スエデン、ブラジル、インド、トルコ、ポルトガルに工場

Gamesa ...スペイン

SIEMENS ...ドイツ

SUZLON ... インド

NORDEX ... ドイツ・ハンブルグ——1985年デンマークに設立。

Sinovel ... 中国

GOLDWIND ...中国、1998年設立。新疆ウルムチ。

Repower ... インドドイツ、2001年設立。インド SUZLON に買収された

DONGFANG ... 中国

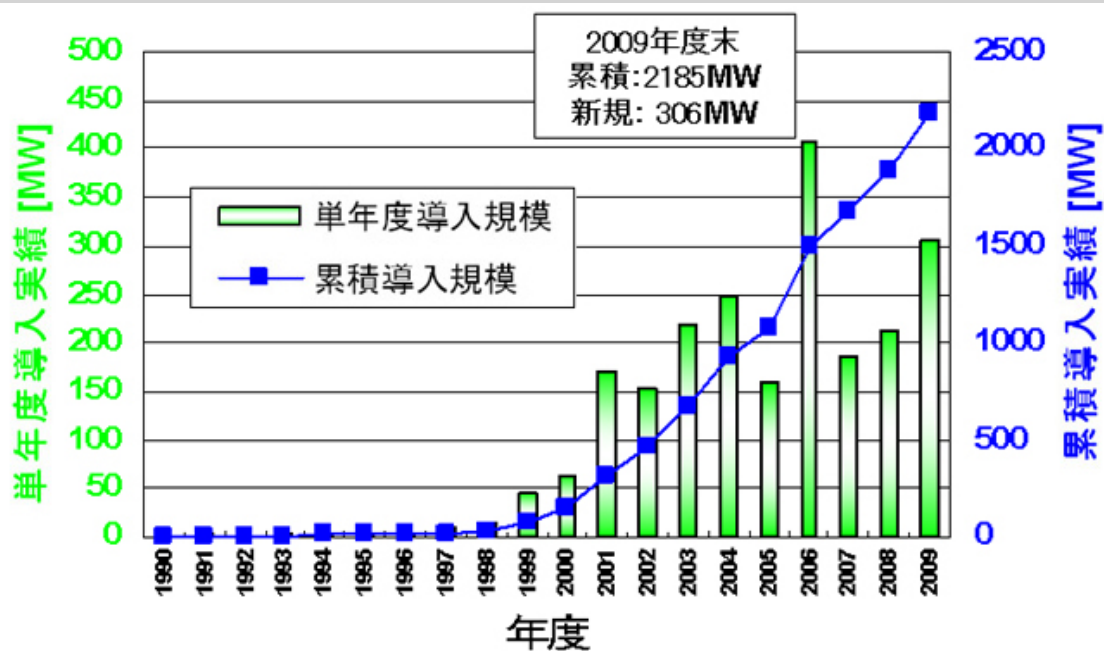
Mitsubishi ... 日本、三菱重工

↓ 中国 Sinovel 社の hp より



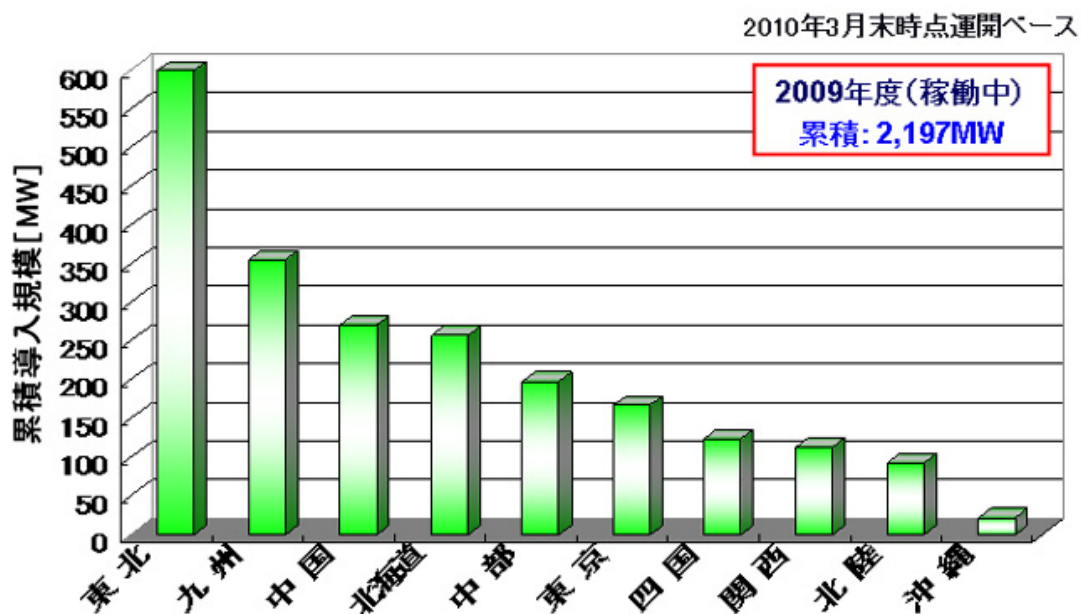


### 3.5 日本の風車の設置状況と導入支援



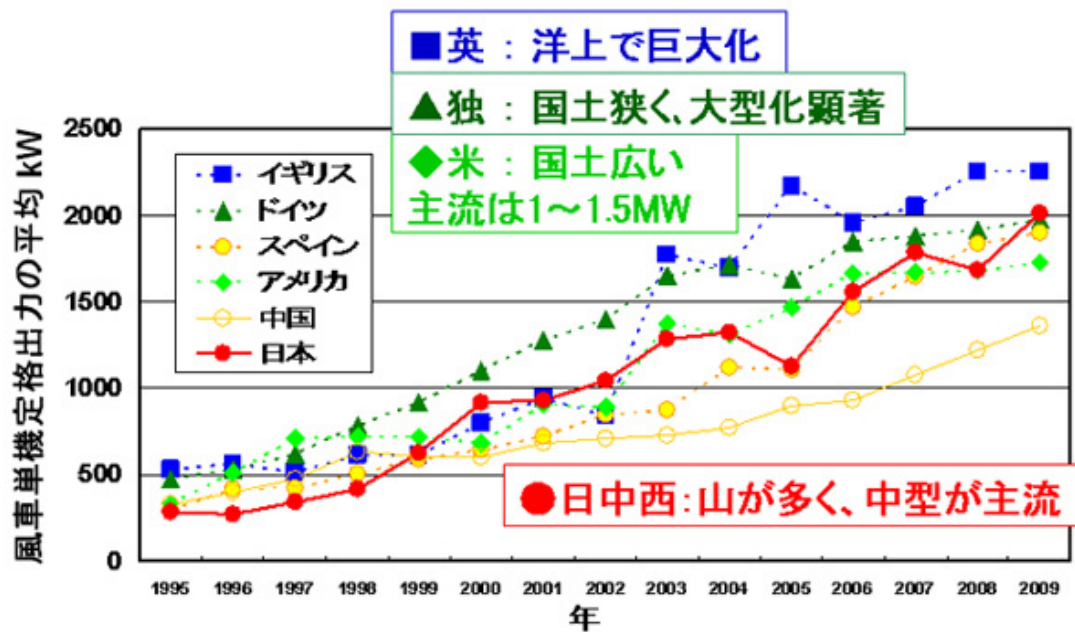
出典:NEDO 風力発電導入量及び JWPA より作成

#### 3.5.1 電力会社管内別風力導入量



出典:NEDO 風力発電導入量及び JWPA 統計値より作成

### 3.7.3 国別(建設済)機器大型化の状況



出典: BTM Consults World Market Update 2009

日本のデータは NEDO 風力発電導入量及び JWPA より作成

### 3.8.1 なぜ洋上風車か？

#### 利点

風況が良い  
風の乱れが小さい／地  
表面粗度が小さい  
陸から離れた場所だと  
景観への影響が小さい  
敷地制限が無いので、  
より大きな風力発電所  
を建設できる  
輸送制限は殆どなし



#### 欠点

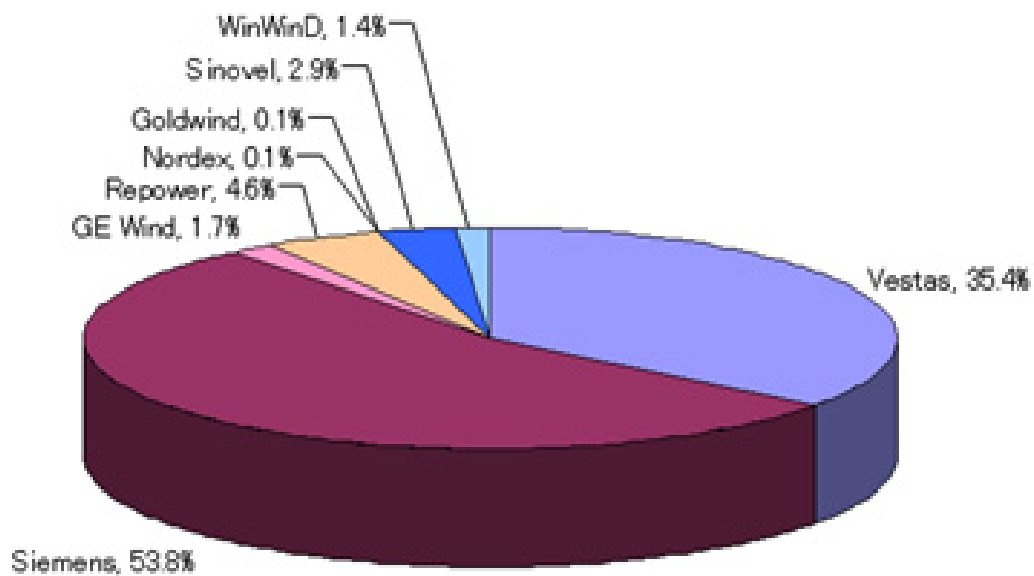
風車据付やメンテナンスがより複雑になり、コストアップになる  
(基礎、系統連係、天候制限など)

### 3.8.2 洋上風車の設置例

欧州を中心に洋上風車の導入が進んでいます。  
(遠浅地形を有効活用)



### 3.8.4 洋上風車のメーカーシェア(2009 年末までの累積 MW 比)



以上