

*Wind Force 12*

# 風力発電 12%シナリオ

2020 年までに世界の電力の 12% を風力発電でまかなうための青写真

## 要約

共著：グリーンピース・インターナショナル  
欧州風力エネルギー協会  
2002 年 5 月

仮訳作成：グリーンピース・ジャパン  
2002 年 8 月

本報告書には、G8 再生可能タスクフォースの共同議長の一である Sir マーク・ムーディ-スチュアートから序文が寄せられている（序文原文は要約の末尾に添付）

全文（英文）は次のアドレスから PDF フォーマットでダウンロード可能：  
[http://www.choose-positive-energy.org/html/content/news\\_prscntr.html](http://www.choose-positive-energy.org/html/content/news_prscntr.html)

## 要 約

### 方 法

この研究の目的は、2020 年までに風力発電を世界電力需要の 12%まで拡大させる可能性を調査することである。その過程では、技術・経済・資源面でのさまざまな意味での検討を必要とした。

この研究では、主に次のような要素を用いた。

世界の風力資源とそれらの地理分布のアセスメント

必要とされる発電量と配電網への受け入れの可能性

風力エネルギー市場の現状と潜在的成長率

風力エネルギー技術とコスト面の分析

「学習曲線理論 ( learning curve theory )」を用いた他の最新技術との比較

これは 1999 年に発表した前研究 Wind Force 10 (「風力発電 10%シナリオ」) の内容を更新したものである。前研究と同じく、これは予測ではなく、実行可能性の調査であり、その実現は世界各国の政府による意思決定にかかっている。

### 風力発電の世界的位置づけ

最初の「風力発電 10%シナリオ」レポートを発表して以来今日まで、風力は世界で最も急速に成長するエネルギー源としての地位を維持してきた。発電容量は年間 30%を超える割合で成長している。2001 年だけでも、容量にして 6,800 MW 近くが新たに送配電網に追加されている。

2002 年初めまでに、世界の風力発電設備は 25,000 MW に達していた。これはおよそ 1,400 万世帯、3,500 万人以上の人々の需要を十分満たせる電力である。この容量の 70%は欧州が占めるものの、他の地域もかなりの規模の市場として発展し始めている。現在、世界 45 ヶ国以上がこの世界合計に寄与し、この業界の雇用者数は約 7 万人と推定される。

風力エネルギーを拡大させる強い推進力となってきたのは、地球規模の気候変動を防ぐという緊急課題である。現在、壊滅的な環境災害を防ぐには、温室効果ガス排出量を激減させなければならないことを大多数の国が認めている。風力エネルギーは、主たる温室効果ガスである二酸化炭素の排出を完全に回避できるエネルギー源であると同時に、化石燃料発電や原子力発電に伴って発生する他の汚染物質の排出もない。風力発電では産業規模の容量での供給も実現できる。1997 年に京都議定書が採択されて以来、温室効果ガス削減に関する一連の目標値が、地域や各国のレベルの課題として与えられた。そして、それらの目標値は、風力など再生可能エネルギーの割合を引き上げる目標値という形に置換えられてきた。

これらの目標を達成するために、欧州でも他の地域でも、多様な市場支援メカニズムが導入されてきた。それはたとえば、単位発電量あたりの割増料金を支払う制度から、再生可能エネルギーによる発電量の割合の引き上げを電力会社に義務づけるという複雑なメカニズムまで広範囲に及ぶ。

市場の拡大に従い、風力発電のコストは大幅に低下した。風力発電のキロワット時あたり発電コストは、20年前の5分の1に落ちている。風力はすでに新規の石炭火力発電所と同等の競争力を備え、立地条件によってはガスとも競合できるほどである。個々の風力発電タービン自体の発電容量も増え、現時点で最大の業務用タービンは2,500 kWに達している。

急成長を続ける風力エネルギー業界に対して、銀行・投資市場も強い関心を示し、石油会社などの企業も新たにこの市場に参入し始めた。欧州ではドイツ、スペイン、デンマーク、アメリカ大陸では米国、途上国ではインドでの数々の実績に、風力エネルギーの重要な「サクセスストーリー」を見ることができる。そして、新たな市場部門も海の上に誕生しようとしており、北ヨーロッパ周辺の海に、20,000 MWを超える規模の洋上風力発電所の建設が提案されている。

## 世界の風力資源と電力需要

数多くの評価調査により、世界の風力資源の規模が莫大であり、ほぼ全ての地域と国に、くまなく分布していることが確認されている。技術的に利用の可能な風力資源の総量は、53,000 テラワット時 (TWh) / 年と試算されている。これは2020年について予想される世界の電力総需要の2倍を超える。従って、風力の発電利用が“資源不足”によって制約を受けることにはならないと考えられる。

特定の国に関して、より詳細な評価調査を行うと、総合的な調査で示唆されるよりもさらに高い潜在能力が判明する傾向がある。たとえばドイツの経済省は、ドイツにおける風力発電の潜在能力は、1993年にOECD加盟国に関する調査で示された値の5倍にのぼることを明らかにした。欧州全域にわたり - 特に、新規海上市場を考慮に入れると -、2020年までに電力需要の最低20%を十分満たす潜在能力がある。

国際エネルギー機関 (IEA) は定期的に将来の電力需要見通し評価を行っている。IEAの「2000年世界エネルギー見通し」では、「現状維持」シナリオを用いた場合、2020年までに、世界の電力需要は25,800 TWhに達すると予想されている。従って、風力が世界消費量の12%を満たすためには、2020年までに、3,000 TWh / 年という規模の発電量が必要である。

そのようにして増加した風力発電量を送配電網へ接続するにあたって、重大な障害は存在しない。デンマークでは、風の強い期間中、国の西部でピークレベルの50%までもが風力発電によってまかなわれていた。この研究では、容易に達成できる拡大上限値を、20%という慎重な値を想定し

て話を進める。

## 世界の電力の12%を風力エネルギーで

最近の傾向から判断すると、2002年から2007年の期間の新規設置について年25%の年平均成長率を期待できる。これは調査期間中の最高成長率で、2007年末までに合計120,600 MWが稼働することになる。2008年から2012年の期間には、成長率は年20%に下がり、2012年までに発電容量は352,241 MWに達する。その後、年成長率は15%に、次に2016年には10%に下がるが、この時期までに、風力発電の普及が進んでいるため、年間設置容量は高水準に達している。2020年から先、年間設置容量は年150,000 MWで安定する。これは2030年から40年の間に、世界の風力エネルギー総量がおよそ3,000 GWに達し、世界電力消費量の約20%を占めるようになることを意味する。12%シナリオは世界の地域ごとの試算も提示している。OECD加盟国、殊に欧州と北米は、率先して導入することが期待されるが、中国などの他の地域も多大な貢献をするだろう。

このシナリオの基礎となるパラメータと想定を選択にあたっては、風力エネルギー業界と他のエネルギー業界の両方における過去の経験を参考にした。以下に主な想定を記す：

年成長率：20～25%という成長率は重工業などの製造業界にとっては高い数値だが、風力業界の場合、風力発電が産業化する初期段階に、それよりもはるかに高い成長率を上げてきた実績がある。タービン設置台数の過去5年の年平均成長率は40%近くにのぼる。2013年以降、このシナリオの成長率は15%に下がり、2016年には10%に下がる。欧州では、洋上風力市場の創出が重要な鍵を握っている。途上国に関しては、このような普及を達成するには、市場の発達にあたって安定した政治的枠組みを確立することが先決である、という業界の明確な意志が示されている。

進歩率 (progress ratios)：産業学習曲線理論から、生産される装置の数が倍増するたびに、コストが約20%低下することが示唆されている。この調査で仮定した進歩率は、2010年までの0.85から始まる。その後、率は0.90に下がり、2026年には1.0になる。

風力タービンの規模の拡大：新規設置タービンの平均サイズは今後10年間拡大し続け、今日の1,000 kW (1 MW) から2007年には1.3 MW、2012年には1.5 MWになる。タービンの規模が拡大するにつれ、必要な台数は減る。

他の技術との比較：原子力発電と大規模水力発電は、比較的短期間に高水準の普及を実現したエネルギー技術である。現在、原子力発電は世界で16%、大規模水力発電は19%のレベルに達している。風力エネルギーは主流電力源となる可能性を持つ営利業界である。従って、12%シナリオの対象とする期間は、これら2種の技術の過去の発展に要した時期とも一致する。

## 2020年までに12%を風力エネルギーで：投資、コスト、雇用

前述のような風力エネルギーの普及を達成するために必要な年間投資額は、2001年の52億ドルから始まり、2020年の670億ドルまで増加してピークに達する。2020年までに1,200GWを達成するために必要な投資総額は、この期間全体を通じて6,286億ドルと推定される。これは膨大な額にも見えるが、1990年代の電力セクターにおける年間投資額は1,700～2,000億ドルだった。今後世界で必要な投資額は、地域別の形でも示してある。

風力発電の単位あたりコストは、製造費その他のコストが下がるにつれ、すでに大幅に減少している。この研究では、最適条件での2001年時点の「最新技術」風力タービンに関し、キロワットあたり765ドルの投資コストと、3.61米セント/kWhの発電単価を最初の値として設定した。

前述の進捗率に関する仮定を使い、また、タービンの平均サイズと容量の両面での改善を考慮に入れ、設置した風力発電容量のキロワット時コストは、2010年までに2.62米セントに低下し、設置キロワットあたりのコストは555ドルと仮定する。2020年までに、これは2.11米セント/kWhに下がり、設置コストは447ドル/kWと仮定する。今日と比較すると41%という大幅な削減である。また、風力エネルギーのコストは、他の発電技術と比較した場合、ますます魅力的に見えるようになるものと期待される。

風力エネルギー12%シナリオが雇用に与える影響は、他の費用便益と共に重視すべき重要な因子である。この業界に関連する製造、設置その他の仕事で、2020年までに世界中で合計14億7,500万の職が創出される。この合計数は世界の地域別の形でも、5年ごとの間隔で示されている。

## 2020年までに12%を風力エネルギーで - 環境面での効果

風力発電が環境に与える最も重要な効果は、世界の大気に排出される二酸化炭素レベルの削減である。二酸化炭素は温室効果を深刻化し、気候変動による破滅的な結果を招く原因として最大である。

風力発電に切り替えることによって削減できる二酸化炭素の平均排出量をGWhあたり600トンと仮定すると、このシナリオでのCO<sub>2</sub>年間削減量は2020年までに18億5,600万トン、2040年までに48億トンになる。CO<sub>2</sub>累積削減量は2020年までに117億6,800万トン、2040年までに864億6,900万トンである。

もし、環境被害を始めとして、発電に使われる各種燃料が引き起こす外部費用に金銭的価値が与えられたなら、風力発電に価格の引き下げというメリットが与えられるか、または他の燃料のコストが大幅に上昇することになるだろう。