

第3回 グリーンニューディール、世界の『風』を読む

システム工学研究所(株)取締役社長 中澤 直樹



1. オバマの「風」

2009年1月米国大統領にオバマ氏が就任し、彼がエネルギー政策と経済政策の標語として使った「グリーンニューディール” Green New Deal”」が世界に広まった。これは2008年9月のリーマンショック以降の経済不況を環境産業や再生可能エネルギー産業を興すことで再生しようというものである。グリーンジョブという言葉も使われ、世界労働組合連合は「エネルギー分野だけでなく、公共交通機関の充実や住宅の省エネ化が大きな雇用を生み出す分野になる」と提言、国内だけで400万人以上の雇用を生み出すと予測している。一見エネルギー政策に見えるグリーンニューディール、実は雇用の増加を目指す経済政策なのである。世界で最もエネルギーを消費する国アメリカ、その国の為政者が国内政策で最も重視するのは雇用の確保、そのために選んだのがエネルギー産業というのは自然な帰結であるように思える。2009年4月22日のEarth Day、オバマ大統領はアイオワ州ニュートン

にある風力発電用タワー工場において下記のような演説¹⁾を行った(写真1)。米国政府はこれまで主にメキ

写真1 風力発電開発への新たな施策を発表するオバマ大統領：初めて海域の利用に言及した。(2009.4.22、アイオワ州ニュートン)



Today, America produces less than 3 percent of our electricity through renewable sources like wind and solar -- less than 3 percent. Now, in comparison, Denmark produces almost 20 percent of their electricity through wind power. We pioneered solar technology, but we've fallen behind countries like Germany and Japan in generating it, even though we've got more sun than either country.

今日米国は消費電力のわずか3%を再生可能エネルギーから得ているにすぎない。デンマークは20%を風力から得ているというのに。ソーラー技術の先駆者であった米国は、今やソーラー発電でドイツや日本に後れを取ってしまった。彼らよりも多くの太陽が降り注ぐ国でありながら。

And today I'm announcing that my administration is taking another historic step. Through the Department of Interior, we are establishing a program to authorize -- for the very first time -- the leasing of federal waters for projects to generate electricity from wind as well as from ocean currents and other renewable sources. And this will open the door to major investments in offshore clean energy.

私はここで歴史的な施策を皆さんに発表したい。風力発電や潮力・波力発電のために国の沿岸域をリースする決定を下した。これは海洋エネルギー開発投資への扉を開くものである。

It's estimated that if we fully pursue our potential for wind energy on land and offshore, wind can generate as much as 20 percent of our electricity by 2030 and create a quarter-million jobs in the process -- 250,000 jobs in the process, jobs that pay well and provide good benefits. It's a win-win: It's good for the environment; it's great for the economy.

我々米国が陸と海の潜在的な風力エネルギーを十分に利用すれば、2030年までに消費電力の20%を風力発電で賄うことができ、新たに250,000人の雇用が生まれるであろう。これはまさに「環境」と「経済」のためになるwin-win 施策である。

(筆者概訳)

シコ湾の大陸棚海域を石油産業に長期間リースし、石油と天然ガスの生産を行ってきた。風力や潮力・波力などの再生可能エネルギー産業に海域をリースする決定を下したのは歴史上今回が初めてのことである。



写真2 ドイツ、ブレーメン郊外の陸上風力発電施設（2001年、筆者撮影）：EUの国々では町の郊外にウインドファームが多く見られる。

写真3 コペンハーゲン沖の洋上風力発電施設（2001年、筆者撮影）：世界初の洋上ウインドファームである。

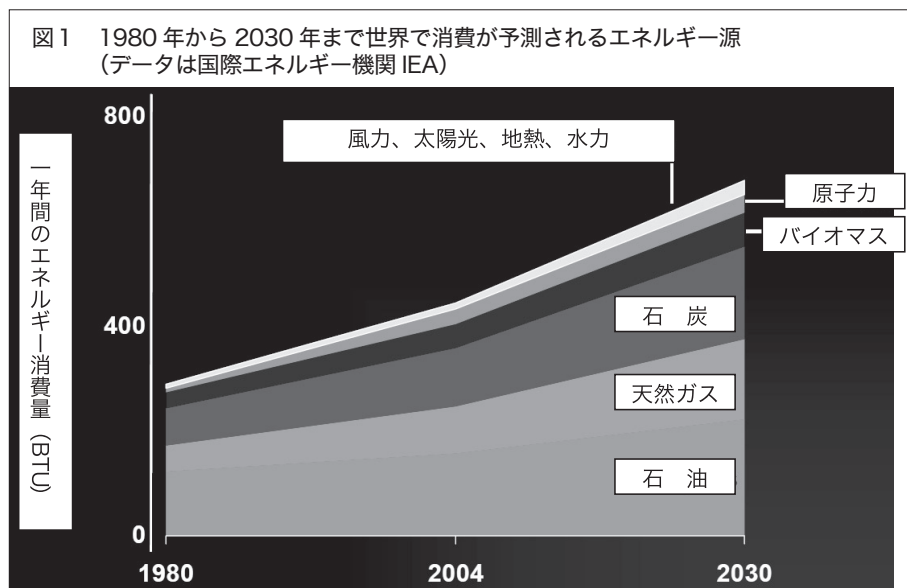


2. 風力発電へ吹く風、世界の動き

2.1 風力発電は世界の電力消費の1.5%

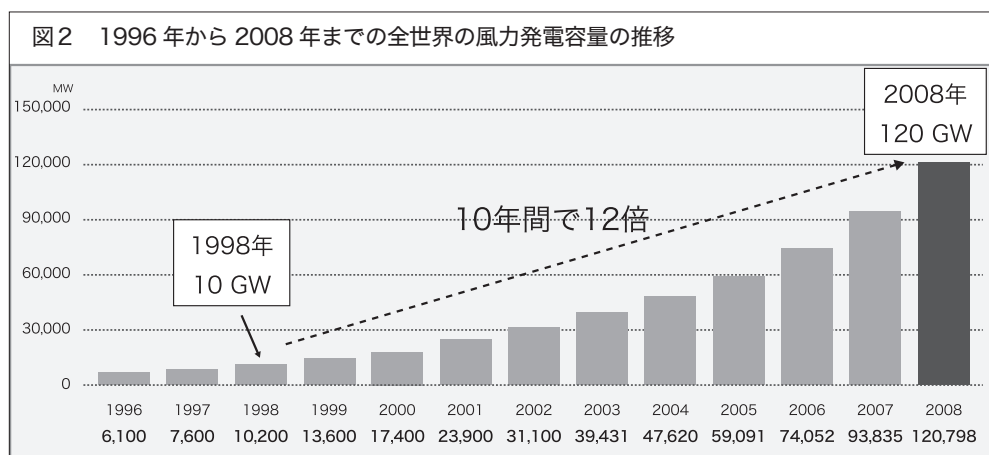
ここでもう一度、前回示した図1²⁾を見よう。この図は、世界が使うであろうエネルギー源の2030年までの需要予測である。現在これほど再生可能エネルギー増産の必要性が叫ばれようとも、2030年時点での風力、太陽光、地熱、水力の占める割合は現在と変わらないと予測されている。では風力発電の現状はどうなっているのだろうか。図2³⁾に世界の風力発電容量の推移を示す。1998年には10GW（ギガワット）であったが、2008年末までの10年間で12倍の120GW（120,000MW：メガワット）に達している。驚くべき増加のスピードである。しかし、この120GWという発電容量設備か

ら生産される電力は、全世界の消費電力量の1.5%を供給しているにすぎない。供給する電力量は少ないとはいえ、風力発電施設は陸（写真2）に海（写真3）に世界中で増えている。日本では再生可能エネルギーという風力（2007年値1,538MW）よりも太陽光（同1,919MW）が話題に上る。しかし、世界では風力発電が圧倒的に優勢であり、2007年末の発電容量で比較すると風力が93,850MW、太陽光が7,840MWである。発電単価は風力の方が安いにもかかわらず、太陽光発電の方が多いのは、主要国では日本だけの特徴である。



2.2 風力発電、欧州から米国、そして中国へ

風力発電は1980年代から欧州で急速に発展した。2008年末時点で世界の風力発電容量の50%（約60GW）が欧州に設置されている。欧州では風力発電施設の企業が多く興り、世界の風力発電産業を牽引している。風力タービンメーカーの世界上位10社のうち6社を欧州企業が占めており、風力タービンで世界トップはデンマークのヴェスタス・ウインド・システムズ社、世界最大のウインドファーム（大規模集中風



力発電所) 開発会社はスペインのイベルドロウラ社である。筆者はヴェスタス社を訪れたことがあるが、清潔な工場で美しい巨大ブレード(回転翼の羽根)が丁寧に作られていたのが印象的であった。なんと会社の起源は馬の鞍作り(くら)ということであった。ちなみに日本のタービントップは三菱重工業(株)、開発会社トップは(株)ユーラスエナジーホールディングスである。現在では世界の80カ国に風力発電施設が設置され、50万人に就業の機会をもたらしたとされている⁴⁾。

2008年末時点の風力発電容量120GW、どこの国にどれくらい設置されているのだろうか。図3³⁾は国別の風力発電容量である。ベスト5は米国、ドイツ、スペイン、中国、およびインドで、これら5カ国で世界の風力発電容量の約4分の3に達する。ここで注目すべきは米国と中国である。

米国は2008年単年に風力発電容量8,358MWを増設し、ドイツを抜いて世界1位の風力発電国となった。米国は2008年以降矢継ぎ早に風力発電促進策を打ち出している。エネルギー省は同年7月に”20% Wind Energy by 2030”⁵⁾を発表し、2030年までに全米の発電容量の20%(300GW)を風力発電とし、その内54GWは洋上風力発電とする目標を掲げた。2009年4月初旬にはエネルギー省の要請により、全米風力発電協会が洋上風力発電の展開に関する答申を提出し、具体的な研究開発項目や投資額を示した⁶⁾。そしてその数日後に前出のアースデイにおけるオバマ大統領の演説になるのである。ここで今一度その演説をまとめよう。ア)再生可能エネルギー開発投資に今後10年間で\$1,500億、イ)緊急の景気刺激対策として再生可能エネルギー産業(Green Job)に\$230億投資、ウ)2030年までに全米の発電容量の20%(300GW)を風力発電、エ)風力と波力・潮力発電のために米国大陸棚リースを許可、などである。オバマ大統領はこの

内容を歴史的な第一歩と自画自賛している。

一方、中国の2008年末時点の風力発電容量は12,210MWであるが、なんと2008年単年だけで6,300MW積み上げている。同単年で中国は米国に次いで2位の増設量で、両国だけで世界の同単年増設量の54%に昇る。本年6月7日付け日本経済新聞は「中国、風力発電8倍に、20年メド10兆円投資」と言う記事を一面で報じている。つまり、2020年には12,210MWの8倍にあたる約100GWの風力発電施設を持つということになる。これは2008年末の全世界の風力発電容量120GWにほぼ匹敵する数値である。現在中国全体では風力発電比率は1.5%であるが、この新計画が実現すれば同比率は2020年に7%近くに高まることになる。

各種統計は、2010年には中国が米国に次いで世界第2位の風力発電大国になるとしている。米国と中国は、エネルギー消費、石炭消費、CO₂排出量のすべてにおいて世界1位と2位を占めている。地球温暖化に対する世界世論を考えれば、両国政府には風力発電に代表されるグリーンエネルギーを増やざるを得ない事情がある。そして、その先にはグリーンエコノミーでも世界の盟主を目指す両国の思惑が垣間見えるのである。

2.3 日本に吹く風

1980年代に欧州で本格的に始まった風力発電は、2000年に入って米国で大きく伸び、2005年頃からアジア、主に中国とインドにおいて大きく発展している。図4に中国、インド、および日本の風力発電容量の推移を示す。2005年頃まで日本と中国はほぼ同じ推移を示しているが、それ以降中国は大きく伸びている。2008年末時点の日本の風力発電容量は1,880MWで、中国の約6.5分の1、インドの5分の1であり、世界の中で見ると12位である。国土面積と人口が日本より桁違いに大きく、経済規模も日本を凌駕しようとしている両国の勢いは風力発電の規模にも現れていると見るべきであろうか。しかし、ドイツ、スペイン、イタリア、フランスなどの欧州諸国の風力発電は世界をリードしている。ではなぜ世界で第4位のエネルギー消費大国である日本では風力発電が大きく伸びないのだろうか。

日本では、1991年から青森県津軽半島竜飛岬に275kW風車5基の「竜飛ウインドパーク」が建設され、実用型風力発電の本格的な実験・研究が開始された。その後、1996年頃までは、地方公共施設のシンボル

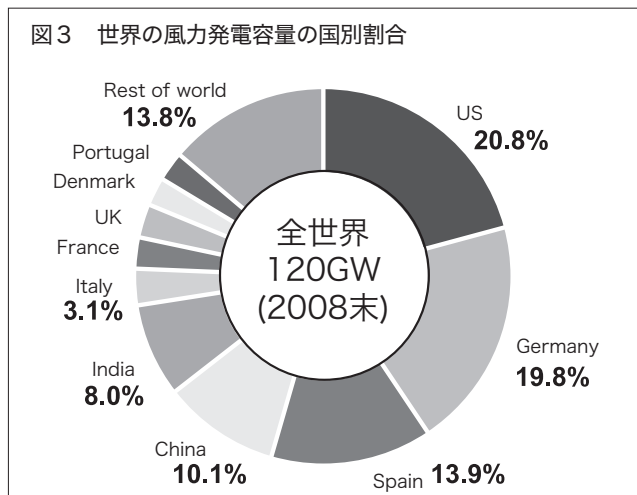
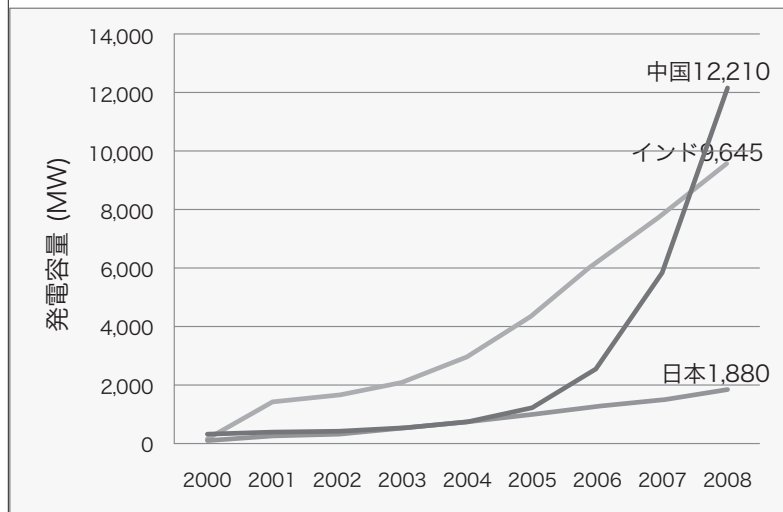


図4 中国、インド、日本の風力発電容量の推移（データは参考文献3）による）



や教育研修施設の展示用としての風車が主力であったが、1997年以降、電力の買い取り制度が整備され売電用の風力発電施設が建設されるようになった⁷⁾。しかし、その必要性が叫ばれ、国民の関心が高いにもかかわらず、増設のテンポが遅いのはなぜだろうか。その原因としてよく言われるのが以下の点である。ア) 平地が少ないため風力発電の適地が少ない、イ) 風力ポテンシャルが小さい、ウ) 台風が多いため被害を受けやすい(写真4)、エ) 風向風速が一定した適地が少ない、などである。1990年代、日本の風力発電には欧州メーカーの機材が多く導入された。台風や落雷が少なく、風向と風速が一定している欧州育ちの機材は日本の風土のなじまない面が多くあったとされる。近年は日本の自然条件に適合した日本メーカーによる機材が多く設置され、技術的問題は解決されつつある。日本の得意な高品質と高い効率性を備えた風力発電施設を国内外で伸ばす方法はないものだろうか。その解を次の章で探るとしよう。

3. 海の風を捕まえる!

3.1 欧州で伸びる洋上風力発電

近年、資源エネルギーの開発は海域へと大きく歩を進めている。2015年には全世界の石油と天然ガス生産に占める海洋生産の割合は両者とも30%以上にな

写真4 台風で倒壊した風力発電施設(2004年、筆者撮影): 折れたタワー(手前)と羽根が折れたブレード部(遠方)。



ると予測されており、技術開発の進展は水深3,000m以上の海域での生産を可能にしている。日本近海に賦存が確認されているメタンハイドレートや熱水鉱床は、水深1,000から1,500mに賦存しているとされるが、その生産に向けての基礎的な研究開発も進められている。海の総面積は地球の全面積の約7割である。海の資源に暑い目が注がれ始めた。

海に吹く風は陸域よりも風速が大きく、乱れも小さいことから、風力発電にとっては好環境であるとされている。事実、欧州では多くの大規模洋上風力発電

施設(Offshore Wind Farm)が建設されている。例えば、デンマークのHorns Revは2MW機を80基、英国のRobin Riggは3MW機を60基洋上に設置して大規模発電を行っている。現在の洋上風力発電のほぼ100%が欧州にあり、2008年末の発電容量は約1,500MWまで成長しているのである。日本の風力発電容量1,880MW、ほぼそれに匹敵する規模である。とはいえ絶対量はまだまだ小さく、世界の風力発電容量(120GW)の1.3%、欧州(65GW)の2.3%にすぎない。しかし、陸域における適地が飽和状態に向かい、環境面からの規制が厳しくなる中、欧州を中心として海の風を求める動きは勢いを増している。中でも英国は2008年末時点で590MW、デンマークは410MWの洋上風力施設を持ち、それぞれ国内全風力発電の18%および13%を占めるまでになっている。そして2030年にはEUの全風力発電300GWの内、120GWが洋上になると予測されている⁴⁾。洋上の建設コストは陸上のまだ1.5倍といわれている。しかし、風速が大きかつその安定度が高いこと、大型化するタービンの視覚的な環境影響性の観点、そして海洋石油開発に豊富な経験のある欧州ではその経験を生かし、かつ新たに洋上専用の風力作業船(写真5⁸⁾)やナセル(羽根の直ぐ後ろにある風力発電設備)などの技術開発を進めた結果、洋上への建設は今後急速に増大するものと見られている。陸域に風力発電の適地が少ないといわれる日本、世界で6番目に大きい排他的経済水域を有する日本、我々はもっと海の活用を考えてもよいのではないだろうか。

3.2 浮体式洋上風力発電への期待

欧州の洋上風力発電施設はすべて着底式である。多くの場合水深20m以浅、海岸からの距離は20km以



写真5 洋上風力発電施設の建設：英国では洋上施工専用船を建造し、建設コストの低減と施工効率の向上に成功した。

下の海域に設置されている。これは水深が大きくなると着底式が難しいこと、海岸からの距離が大きくなると送電ケーブルの距離が大きくなり、コストが上昇するためである。日本の海は、欧州の遠浅の海と違って急激に水深が大きくなり、水深20m以下が十数kmも続くことはない。しかし、風を求めてより深い海への進出が求められている。そこで考えられたのが浮体式洋上風力発電である。日本では(社)日本海洋開発産業協会により、平成12年度からこの研究が始められ、世界に先鞭をつけた(図5⁹⁾)。その後、東京電力・東京大学・鹿島・清水建設・五洋建設グループ(図6¹⁰⁾)、(独)海上安全技术研究所などにより研究が進められている。同じような海域条件を持つ北欧諸国や米国でも研究が

進められているが、いまだ実用には至っていない。しかし、大水深海域での石油開発に豊富な経験と人材を有するこれらの国々は、いったん建設への意志決定がなされれば実現への速度は日本よりも速いであろう。遅ればせながら平成19年4月に海洋開発と海洋産業の発展を謳った海洋基本法が成立した日本、多くのエネルギー資源のほぼ100%を海外に依存している日本、海のエネルギー技術で世界のさきがけとなり、グリーンエネルギーの開発に貢献したいものである。

4. 風力発電は土木技術、次世代の「風」をつかめ！

陸にせよ海にせよ、風力発電の建設は土木技術の高度なノウハウを必要としている。ウインドファーム全体計画の立案、環境アセスメント、風況による発電エネルギー評価、適地の選択、台風に強いタワー材料と構造の開発、海上への運搬と設置、送電ケーブルの敷設など、風力発電の建設に必要な技術は、まさに土木の世界で日々行われている技術である。そして今、次世代型洋上風力発電である浮体式構造という新たなフロンティア技術の開発命題を受け、我々土木技術者はこの成長著しい風力エネルギー分野で新たな貢献を求められている。

参考文献

- 1) “REMARKS BY THE PRESIDENT ON CLEAN ENERGYW,” White House Official Homepage
- 2) “Facing The Hard Truths About Energy,” National Petroleum Council, July 18, 2007, USA
- 3) “Global Wind 2008 Report,” A report by the Global Wind Energy Council
- 4) “The Economics of Wind Energy,” A report by the European Wind Energy Association
- 5) “20% Wind Energy by 2030,” U.S. Department of Energy, July 2008
- 6) “Comments to the DOE, Request for Information DE-PS36-09GO39008,” AWEA offshore Wind Energy Working Group, 3 April 2009
- 7) 石田 博 (2001)：「風力発電：日本の現状と問題点」、第84回原子力安全問題ゼミ、2001年10月23日
- 8) “UK Offshore Wind : Moving up a gear,” British Wind Energy Association (BWEA), Winter 2007
- 9) (社)日本海洋開発産業協会、平成12年度から3カ年の浮体式洋上風力発電基地に関する調査研究報告書。論文も多数発表されている。
- 10) 東京電力ホームページ、「風力発電に関する産学共同研究の開始について」。本研究については数多くの論文が発表されている。

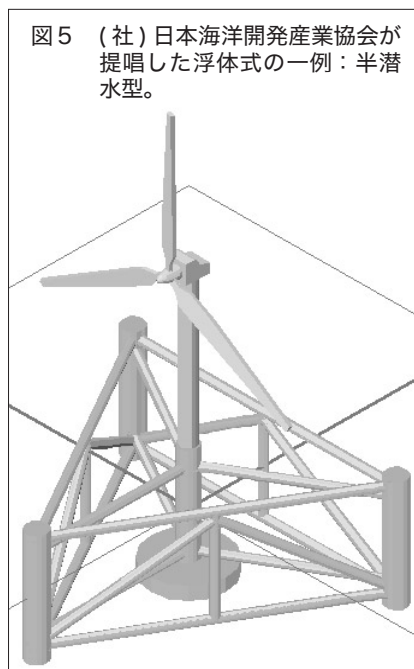


図5 (社)日本海洋開発産業協会が提唱した浮体式の一例：半潜水型。

図6 東京電力グループが提唱する浮体式の一例：半潜型。

