

デンマークにおける風力発電の取組

～海外調査報告～

経済産業委員会調査室 おおしま たけし
大嶋 健志

1. はじめに

デンマークは1973年に発生した石油危機を契機として、エネルギーの安定供給のため、北海油田の開発を進めるとともに、風力発電等の再生可能エネルギーの導入に積極的に取り組んできた。その結果、風力発電は同国の電力供給の19%を占めている(図1参照)¹。

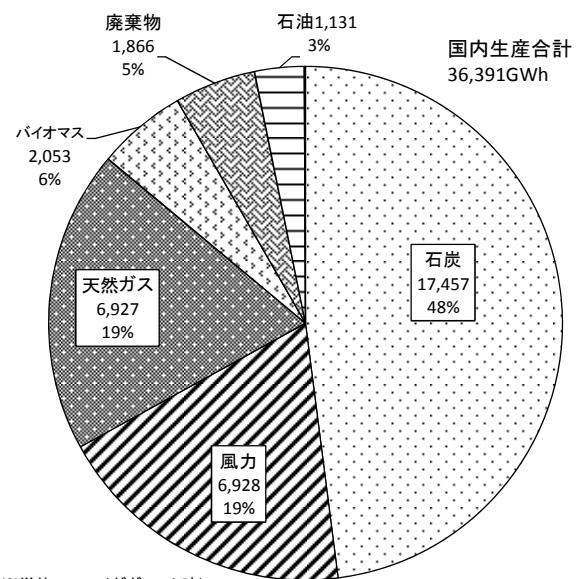
2011年1月、同国を訪問し、風力発電関連施設として、コペンハーゲン近郊のLynetten(リネットン)風力発電所及びVestas(ヴェスタス)社技術研究所を視察する機会を得た。以下、デンマークのエネルギー政策の動向について概略を説明した上で、両訪問先の概要を紹介する。

2. デンマークのエネルギー政策

デンマークでは、石油危機によるエネルギー自給への関心の高まりにより、再生可能エネルギーの普及が進められてきた。電力分野においては、緯度が高く地形が平坦で年間を通じて適度な強さの風がある一方で、落雷や地震等の自然災害が少ないことから、風力発電の導入が推進された。既に1979年には、風力発電設備への補助金及び固定価格買取制度が始まっている。こうした支援制度により急速に風力発電設備容量が増加してきた(次ページ図2参照)。

また、エネルギー全般に関する政策として、1990年、デンマーク政府は、「ENERGY2000」を策定し、二酸化炭素排出量を2005年までに1988年比で20%削減するとの目標を掲げ、この中で、風力発電を重視することとした²。こうした方針の下、1992年には環境税が導入されている。その後、1996年には「ENERGY2000」を引き継ぐ形で

図1 デンマークの発電電力構成比(2008年)



(出所) 国際エネルギー機関

¹ 日本の場合は、バイオマスや太陽光による発電を含む新エネルギー全体で1%程度にとどまる。

² 一方で、デンマーク国内において、今後原子力発電を導入しないことを1985年に国会で議決している。

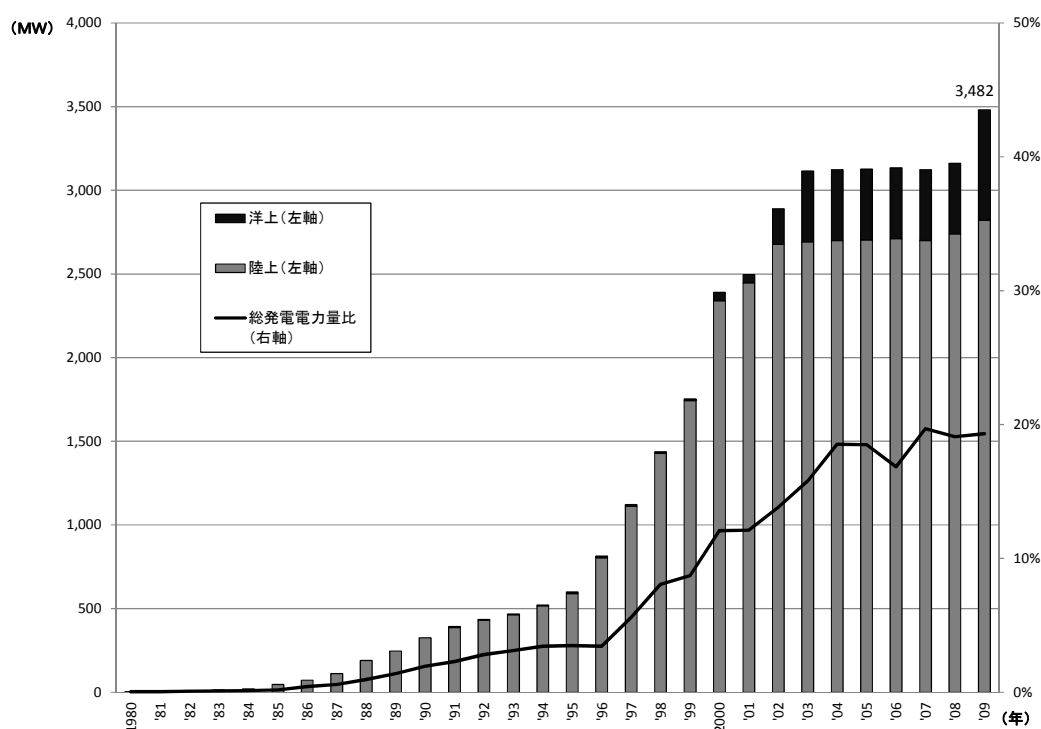
「ENERGY21」を策定し、2030年までに1998年比で二酸化炭素排出量を50%削減するとの新たな目標を掲げ、加えて再生可能エネルギーのエネルギー供給全体に占める比率を1996年の8%から、2030年までに35%にすることとした。さらに、2010年9月には、政府の諮問機関であるデンマーク気候変動政策委員会から、2050年に化石燃料からの完全脱却を目指す方針を実現するための提言が発表された。この提言では、今後も風力発電の導入拡大を目指すとしてされており、これを基に政府が2011年2月に発表した「ENERGY STRATEGY 2050」においては、2020年に発電電力構成における風力発電の割合を40%にまで引き上げること为目标としている。ただし、陸上においては、風力発電の適地が減少しているため、今後は洋上風力発電の増設が中心となる。

上述した風力発電の積極的な導入支援策等を背景として、風力発電産業は、同国の主要産業として発展してきた。特に Vestas 社は、風力発電機の生産で世界一のシェアを誇っている（4.（1）参照）。

3. Lynetten 風力発電所

Lynetten 風力発電所は、デンマークの首都コペンハーゲンの中心部から数キロメートル離れた沿岸部の工場地域に所在する。同発電所は、協同組合の形式により運営されている。組合は、1994年に設立され、現在の出資者数は、約900人であり、1人当たり平均4口の出資を行っている。1人当たりの出資額は日本円に換算して数十万円程度であり、小口の出資者に事業が支えられているという特徴がある。なお、デンマークにおいては、通常このように市民による小口の出資により風力発電所が運営されているとのことであった。

図2 デンマークの風力発電設備容量の推移



(出所) DANISH ENERGY AGENCY

発電所は、1996年に完成した。合計で7基ある発電機は Bonus 社³製で、地上から最高地点までの高さは約50メートルである。建設費用は、1基当たり約400万デンマーククローネ（約5,600万円⁴）であった。年間発電量は全基合計で約9GWhであり、これは、コペンハーゲンの5,000世帯分に相当するとの説明があった。

天候により発電出力が変動する風力発電については、安定した電力供給のため出力の調整が必要となる場合がある。このため、発電に関するリアルタイムのデータについて、インターネットを介して担当者が交代で常時確認することにより、在宅で監視を行っているとのことであった。また、日常的な施設のメンテナンスについては、専門の会社に委託しているが、組合自らも巡回等を行っているとのことである。

4. Vestas 社

(1) Vestas 社の概要

Vestas 社は、長らく農業機械等様々な機械類の製造を行ってきたが、1986年から事業を風力発電機に特化した。2004年に、同じくデンマークの風力発電機メーカーである NEG Micon 社と合併したことが大きな転機となり、従来国内で全て行っていた風力発電機の生産について、世界に広く生産拠点を展開していく方針に改めた。その理由として、風力発電機の風車の直径が次第に大きくなり、ロジスティクスが困難になってきたためとの説明を受けた。同社は、現在、中国、インド、アメリカなどに主要な生産工場を持っている。デンマーク国内の工場では、主にヨーロッパ向けに生産しているとのことである。2009年の同社のシェアは12.5%で、小差で世界1位だった。2010年も後半に大口の受注が増加したので1位を確保できる見込みであるとのことであり、市場でマーケットリーダーとしての地位にあると考えているが、ローコストの中国のメーカーが近年脅威となってきているとのことであった。

(2) Vestas 社技術研究所

同研究所は、Vestas 社の中央研究所として、自社が販売した風力発電機のモニタリング（全世界に約15,000基・26,600MW）、素材や部品のテスト、温度や揺れなどに対する耐性試験、顧客からの要望の検討を行っている。研究所内に専用のモニタリングルームがあり、世界各地の各発電機の運転状況等をモニタリングしている。とりわけ温度は発電機の異常を表す重要な指標であり、発電機が故障した場合に高温を発生することから、温度の測定によりシステムが正常に動作しているかどうか分かるとのことであった。なお、モニタリング対象の発電機の中には日本に設置されているものもある。

また、VR Nacelle（仮想ナセル⁵）は、大型画面に映写される立体的な画像により、実際の風力発電機のナセル内にいるのと同様な状況を体感できるようになっており、顧客に

³ Bonus 社は、デンマーク国内で Vestas 社に次ぐ風力発電機メーカーであったが、2004年にドイツの総合電機メーカーである Siemens 社に買収された。

⁴ 1デンマーククローネ（DKK）＝約14円（2011.11.9時点の為替レート）で換算した。

⁵ ナセルとは、ブレード（羽根）の根元にある発電機等を収納する部分のこと。

対する商品の説明だけでなく、エンジニアの教育にも利用しているとのことであった。

(3) Vestas 社の今後の展望

同社の風力発電機の地域別の売上状況（2009年）については、電力設備容量ベースで見ると、ヨーロッパ2,772MW（59%）、南北アメリカ1,304MW（27%）、アジア太平洋地域683MW（14%）となっているが、最大の販売先であるヨーロッパにおいては、陸上で風の状況が良い場所は、ほぼ全て設置され尽くしているため、今後は洋上風力発電がますます伸びていくと予想し、その技術開発と、1基当たり50～80%程度高くなるとされるコストの削減に向けて努力しているとの説明があった。

出力の規模別に見ると、現在の商品で出力が最大のもは3MWであるが、2～3年後に6MWを実用化させることを目標に開発中とのことであった

また、今後の風力発電の動向に大きな影響を与えることとして、日本が2020年までに温室効果ガスの1990年比25%削減という高い目標を設定したことを高く評価しているとのことであった。ただし、日本等で排出量取引制度を導入する議論が難航していることで、今後、風力発電の導入の伸びが止まることを懸念しているとのことである。

一方、風力発電の課題について見解を聞いたところ、発電の高効率化が必要な点については、今後技術の向上に努めるとし、系統安定化については、デンマークの場合は、北欧4か国による統合された電力市場として、ノルドプールがあり、風力発電による発電出力の増減は、ここで調整されるとの説明があった⁶。

5. 終わりに

デンマークが風力発電比率を約20%にまで高め、更に高める目標を掲げることができるのは、ノルドプールがあることが主な理由と考えられる。一方、我が国は周囲を海に囲まれ、周辺諸国との電力網は建設されていないことから、他国との電力の融通により、電力供給の調整を行うことは困難である。このため、デンマークの積極的な風力発電推進施策をそのまま導入するのは難しい。しかし、ノルドプールの考え方は、再生可能エネルギーの余剰電力を蓄電池に貯蔵する等の方法により電力系統全体を最適化させようとするスマートグリッドとも共通するものである。つまり、再生可能エネルギーを普及させていくためには、我が国においても、何らかの形で電力系統を効率化・高度化していくことが不可欠である。また、デンマークで設置が進んでいる洋上風力発電は、陸上に比べて風の状況が良く稼働率が上がるため、より効率的な発電が期待できる。これにより、バックアップする調整電源がより少なくて済むようになれば、日本でも導入を拡大できる余地があるのではないかと印象を受けた。

⁶ 北欧4か国の電源構成は、水力56%、原子力21%、火力20%、再生可能エネルギー3%となっている。（高橋洋一「北欧から考えるスマートグリッド～再生可能エネルギーと電力市場自由化～」『富士通総研経済研究所研究レポート』366号16頁）（2011.1）