

地誌

ユトランド半島、大小406の島、面積43,092km²（九州+沖縄）、海岸線7,314km、最高の山：147m（ユトランド半島のスカイマウンテン（岡）、大きな河川がない）、年間300日以上風車回転に十分な風、連続無風日過去最長：7日

首都コペンハーゲン：～70万（東京：1200万）、人口密度：119（日本：316）、GNP/人：11490\$（日本：10100\$）、エネルギー消費/人：石油換算3062kg（2929kg）、自動車/1000人：319台（359台）。

13の発電会社、～100社の電力供給会社（二つの大規模私企業、地方自治体、電力消費組合）、発電所は電力+熱を供給している。

地域暖房の普及率は世界一、1930年代に開始、1963年：15%、1977年：38%、1982年：40%、～450ヶ所の地域暖房プラントから全戸数200万戸のうち70万戸に熱供給、熱供給用二重パイプは延べ16000kmにも達している。

気候

		通常	1986	1987	1988
夏日	max>25℃	10.2	5.8	1.4	4.2
降霜	min<0℃	88	94	94	66
雨	R>0.1mm	159	160	143	174
風速	>10.8m/s	10%	...	15%	19%

		1987 1月	1989 1月	
人口(*1000)		5125	5129	0%
(*1000)		2282	2307	+1%
地域暖房	40%	908	956	+5
石油燃料	43	988	936	-5
天然ガス燃料	3	69	96	+39
その他の暖房	2	48	49	+3
調理（電気50%）	12	267	267	0
その他	0	2	2	0
自動車(*1000)	1970	1980	1986	1988
乗用車	1329	1650	1841	1938

トラクター	112	148	143	139
バイク	44	34	42	42

風力、風車

人力→風力（風まかせ）、水力（ダムによる貯蔵、水争い）

↓

農耕社会における機械力（製粉、麦の脱穀、ひき割り、揚水）

今世紀の初め→～30000、150-200MW。

歴史

1863-64 ドイツ・デンマーク戦争に敗北、シュレスウィヒ、ホルスタイン二州をドイツに割譲。

1890 国内整備、農村振興のため政府の風力発電計画始まる。

1892 P.ラクール教授による世界初の風力発電、アスコフに建設される。電力は水を電気分解して、水素製造に使われ、アスコフ農業学校の室内灯に使われた。水素ガス発生能力は80000リットル／月であった。

ディーゼル併用小規模直流発電の風力発電会社が数多く作られた。

1908 10-20kWクラス、72基

1918 120基

第一次大戦後、大規模火力発電が設立され、風力は下火になった。

1940 20kW級：16基、ナチスドイツ侵入、燃料カット、再度風力発電盛り返す。

1944 20kW級：90基、40-70kW級：18基

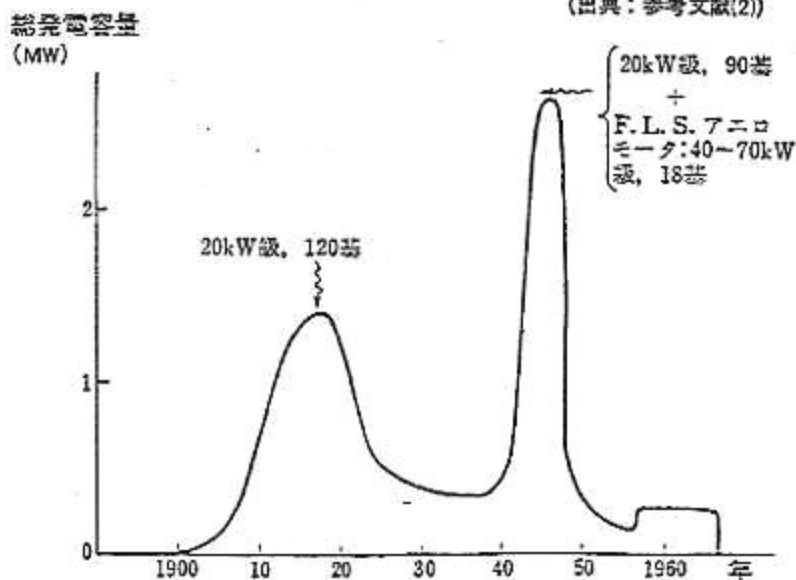
戦後、再び燃料事情好転のため、下火になる。

1947 電力会社技師J.ユール、交流風力発電により既設電力網に接続する方式を提案。二基の実験用風力発電装置により実証試験を実施。

1957 その結果を踏まえて、電力会社、風車メーカー、政府機関などからなる「デンマーク風力委員会」がスル風車を建設。1967年までの10年

デンマークにおける風力発電による総発電容量の変遷

（出典：参考文献(2)）



間地元の電力網に接続され実用運転され、年平均～35万kWの電力を発生した。

1974 オイル危機後、デンマークアカデミーはエネルギー供給システムに風力利用の可能性を検討する委員会を設置した。

1975 その結論を第一レポートとして報告した。

①風力を電力として利用した方が、熱や機械エネルギーとして利用する方より有利である。

②総電力消費の10%まで風力を利用することには特段の問題はない。

③コストは、節約された燃料（石油、石炭）のコストにはほぼ一致するだろう。その分岐点は、利息、インフレ、燃料価格、平均風速、などに依存する。第二次大戦以来、24m径、200kW大型ウインドタービンが、1957-1967の期間、ゲスルで動いていたのを参考にして、推定した。

④しかし不明な点も多いので、政府によるR&Dが必要である。

1976 第二レポート

5-6年の行動計画、R&Dプログラム、空気力学、設計、建設、テスト・・・の提言。

1977 これを受けて、政府はこの方向でのプログラムを採用した。

1980 以後、毎年計画を更新。

R&D ①設計、建設、中型風車の運転テスト（ニーベの2台のウインドタービン、630kW）。②複合材料の開発、空気力学、構造力学、空気弾性学など。③立地に関する問題。ウインドアトラス。④数多くのウインドタービンから電力供給網への統合の仕方。

電力会社も積極的にR&Dに参加した。今では、2MWのELSAMウインドタービン、WINDANE750kWのウインドタービンなどが動いている。

1979 小型タービンの重要性を認め、購入者に補助金（1979では価格の20%、1980では30%に増えたが、徐々に減り1

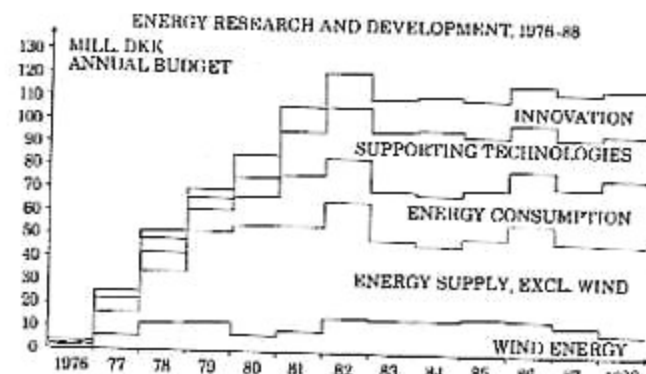


Figure 1. Ministry of Energy. Support for research and development: the field of energy.

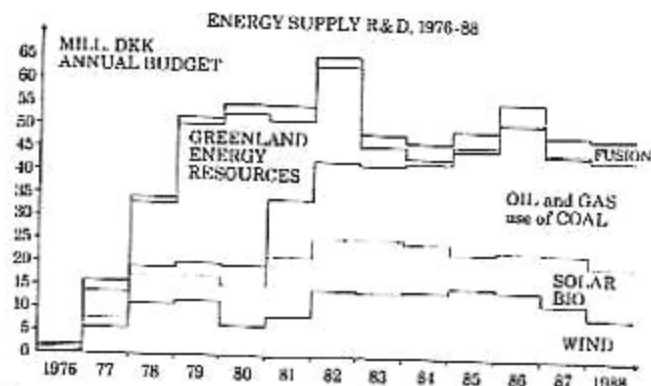


Figure 2. Ministry of Energy. Support for research and development: the field of energy supply.

989の半ばでゼロになった)を出すようになった。その結果、多くの製造会社が現れ、数年後には2500基以上の小型タービン(55kW前後から200-300kWまで)が設置され、今では容量はおよそ200MWとなり、更に増えつつある。米国カリフォルニアでも大きなマーケットが現れた。ところが大型タービンについては、マーケットが殆どないということもあって、開発は余り進まなかった。

1985 国会が、10年続いた原発の是非を巡る論争に終止符を打ち、原発建設放棄を決定。これを受けて、政府は、1986-1990に少なくとも100MWの風力発電を電力網に組み込むことを電力会社と取り決めた。近い将来、全電力の10%を風力で、小型装置で33000基、大型装置で1200基、全土に設置する計画が進められている。

風車メーカー:20社、内16社は商用電力網に接続可能な20kW級装置、2社は揚水用風車専用メーカー、2社は暖房用熱供給の発熱用風車製造、さらに6社が商用風車発電装置を開発中である。

1988年、エネルギーの流れ、単位:PJ(1PT=10¹⁵J)

供給	輸入	原油	191	18.0%	最終消費	輸出など	287
		石油製品	224	21.1		舗装	15 2.6%
		石炭	261	24.6		暖房給湯	205 36.2
		電気	21	2.0		農工業	151 26.6
	国産	原油	202	19.0		輸送	155 27.3
		天然ガス	97	9.1		照明など	56 9.7
		更新性	38	3.6	総計		567
		備蓄取り崩し	38	3.6		中間損失	193
総計			1062				

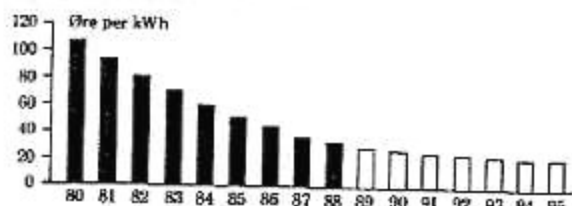


Figure 11. Costs per produced kWh for wind turbines in Denmark 1980-96 in 1988 DKK. (Estimated for the period 1989-95).

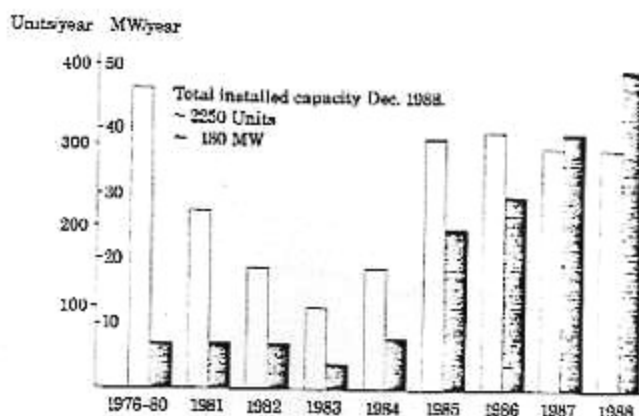


Figure 1. Development of wind energy in Denmark 1976-88.