

風から生まれるエネルギー

Wind Changes to Power

世界と日本の風力開発の現状

表1に示すように世界の風力発電所は、1999年5月のデータで約1130万kWを越えるに至った。最近では、風車の大型化が進み1000kW、1300kW、1500kW機は珍しくなくなってきた。今や風力発電は、夢ではなくて人類の持った評価できる電力供給技術になったと言えるのではなからうか。

現代風車の幕開けは、28年前のローマ会議のレポート「成長の限界」にある。1970年代～1980年代は、エネルギー資源として直接期待されたが、オイルや天然ガスの過剰供給が生じて、エネルギー問題は、話題から遠ざかり、影が薄くなった。1990年代に入ると、大気中のCO₂濃度の増加による地球温暖化現象が無視できなくなり、CO₂の排出削減が緊急の話題になり始めた。その間風車技術は大きく前進し、1990年当初に250kWから300kW機が主力商用機として登場し、1995年頃には、革新技術の導入によって600kW級機が製作・設置され始めた。1999年に至っては、世界の主力機は、1000kW～1500kWクラスの大形機になった。

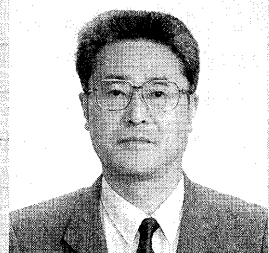
さて、日本の現実へ立ち返ってみよう。図1には1000kW(直径54m)の風車20本(2万kW)が並んでいる風景である。北北海道(日本海側)苫前町町営牧場グリーンヒルの光景である。この牧場には、引き続き1500kW機、1650kWが3万kW、合計5万kWが建設予定である。苫前町には、このほかに町営風力発電所2200kWがある。図2には、山形県立川

町、風の町立川の風力発電所を示す。立川町は山形県の日本海側庄内平野の内陸部の端に位置する町で、最上川が庄内平野に流れ出る出口である。芭蕉の句で有名な「五月雨を集めて早し最上川」の句碑が当地の清川という所に建っている。芭蕉の句ほど有名ではないが、この清川には5月下旬～8月上旬の間に、しばしば「清川だし」と呼ばれる強風が吹く。夏場はこの「清川だし」、冬場はシベリア大陸から吹く北西の季節風が強い。田圃の中に、3500kWの風車が設置されている。図3には、中部地方、三重県久居市青山高原榊原風力発電所750kW(直径50m)×4台、合計3000kWの勇姿を示す。青山高原は、冬場はシベリア大陸から吹く季節風が若狭湾、琵琶湖を経て増速されて強風地帯となる。夏場も伊勢湾から吹き上がってくる風が増速され強風となり、年間平均風速は、7～8m/sに達する。以上のように、今や日本列島全体に大形風車が建設され始めている。

2 風車の技術革新

よく風車は在来技術と言う技術者、研究者がいるが、このような考えは誤りと思える。1000～1500kW、直径50～65mの大形風車が商用機として活躍するには、沢山の革新技術が開発された結果である。ここでは、大きな三つの技術を紹介しよう。

その1:厚翼の開発 10年前に活躍した風車には、航空機のために開発された薄翼が主に使用され、翼弦長と翼の最大厚みの比が12～20%程度であった。この翼型を使うと翼端側の周速



清水 幸丸

Yukimaru Shimizu

1940年11月生まれ

1965年富山大学工学部機械工学科卒業

同年名古屋大学工学部助手

1977年工学博士(名古屋大学)

■主として行っている業務・研究

・風力発電用風車の研究

・地表風と集成型風力発電所立地の関係研究

・洋上風力発電研究

・スポーツ流体工学(水泳関連研究)

・マイクロ水力開発研究

■所属学会および主な活動

日本機械学会、日本風力エネルギー協会

(現在会長)、アメリカおよびヨーロッパ

風力エネルギー学会、アメリカ機械学会

■勤務先

三重大学教授 工学部 機械工学科

(〒514-8507 津市上浜町1515/

E-mail: shimizu@mach.mie-u.ac.jp)

表 1 世界の風力発電設備容量 (1999年3月現在)

		1999年 当初	1999年 3月			1999年 当初	1999年 3月	
ヨーロッパ				アジア				
ドイツ	2 874	3 126	インド	968	983			
デンマーク	1 450	1 560	中国	224	233			
スペイン	834	1 100	韓国	2	2			
オランダ	363	372	計	1 194	1 218			
イギリス	334	345	太平洋地域					
イタリア	180	223	日本	41	47			
スウェーデン	150	187	ニュージーランド	5	37			
ギリシャ	39	67	オーストラリア	17	17			
アイルランド	63	63	計	63	101			
ポルトガル	60	60	中近東&アフリカ					
オーストリア	30	32	イラン	11	11			
フィンランド	17	26	イスラエル	6	6			
フランス	19	19	エジプト	5	5			
チェコ	7	12	アフリカ	3	3			
トルコ	9	9	ヨルダン	1	1			
ノルウェー	9	9	計	26	26			
ルクセンブルク	5	9	アメリカ					
ポーランド	3	7	カリフォルニア	1 545	1 615			
ベルギー	8	6	ミネソタ	188	274			
ロシア	5	5	アイオワ	36	252			
ウクライナ	5	5	テキサス	53	189			
スイス	3	3	ワイオミング	43	66			
ラトビア	1	1	オレゴン	25	25			
ルーマニア	1	1	ウィスコンシン	3	21			
計	6 469	7 247	コロラド	13	16			
中南米				ハワイ	11	11		
コスタリカ	26	26	バーモント	6	6			
アルゼンチン	12	13	ネブラスカ	0	2			
ブラジル	7	25	アラスカ	1	1			
カリブ諸国	4	4	マサチューセッツ	1	1			
メキシコ	3	3	ミシガン	1	1			
計	52	71	ニューヨーク	1	1			
カナダ				ニューメキシコ	0	1		
カナダ	83	140	計	1 927	2 482			
計	83	140						

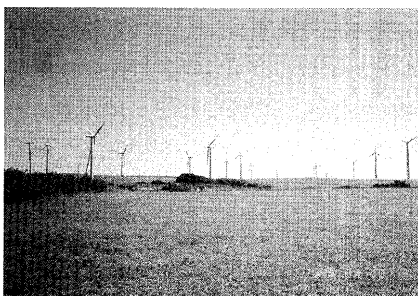


図 1 北北海道 (日本海側)
苫前町町営牧場 (1 000 kW×20
台, 合計 2 万 kW の風)



図 2 山形県立川町 (最上川側)
水田の中の集合型風力発電所
(600 kW×4 台, 400 kW×2
台, 合計 3 200 kW)

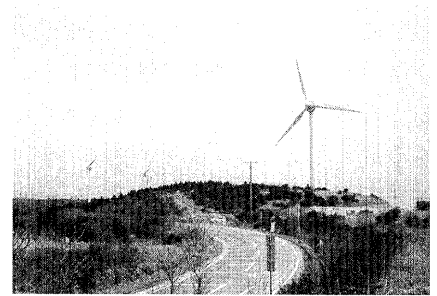
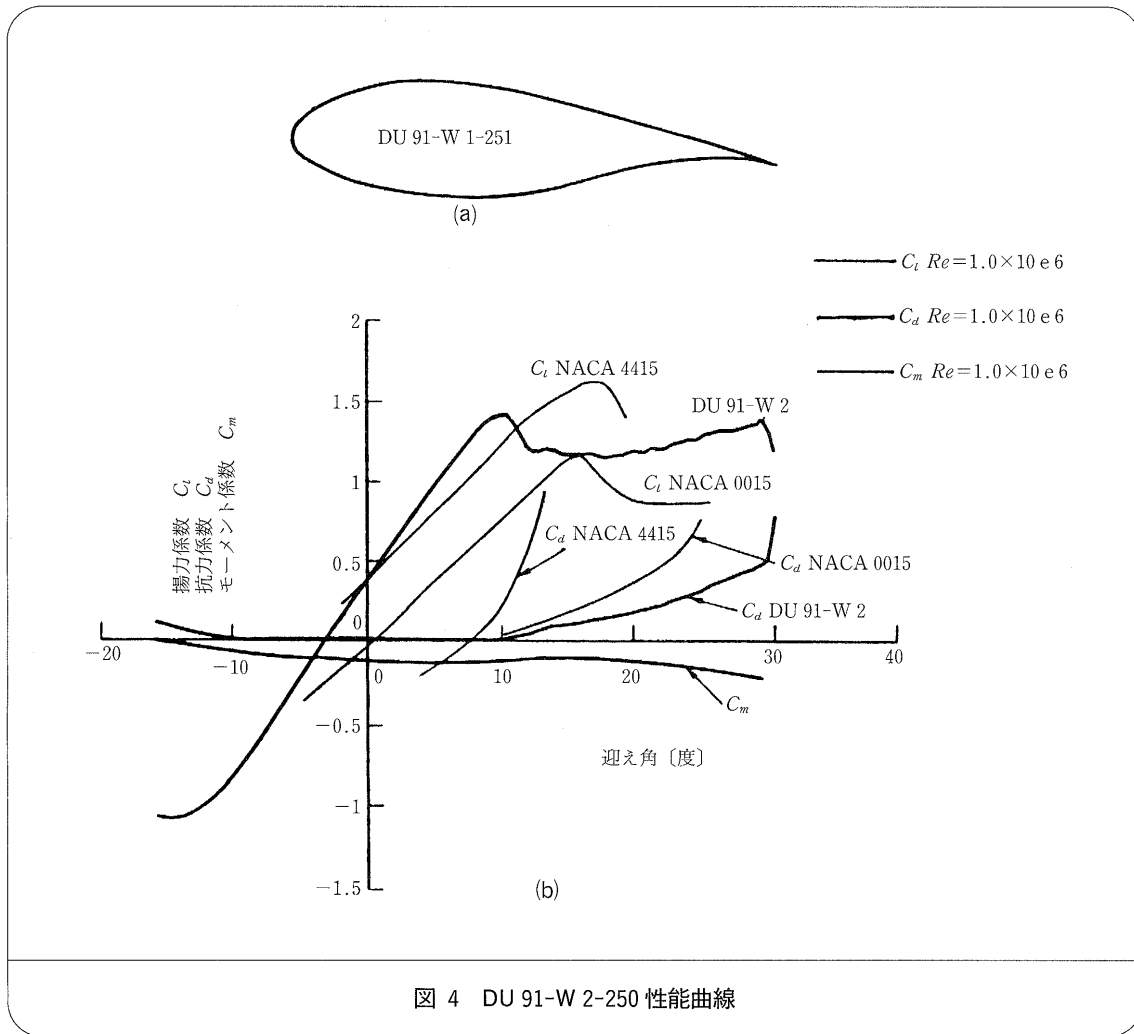


図 3 三重県久居市青山高原
(標高 800~830 m)
(750 kW (直径 50 m) ×4 台,
合計 3 000 kW)



の速い部分では十分な仕事をするが、翼取り付け側の周速度の遅い部分では風速変動に伴い翼が失速を起こし仕事をしないばかりか、抵抗を生じる結果になる。このため旧来の風車の最低発電風速は、5 m/s 前後と高いものになった。これに対して風車専用翼型として開発された厚翼（最大厚み比 25~35%）を翼取り付け側に使うと、風車は 2 m/s 程度から起動し、2.5 m/s で発電状態に達する結果になった。すなわち、年間出現率の多い 5 m/s 以下 2.5 m/s 程度の弱風が利用可能になったのである。さらに、翼根部が太く設計できるために強度が増し、カットアウト風速も従来の 17~20 m/s を 25 m/s まで高めることができた。しかも、翼端周速度は 10 年前は 100~120 m/s であったものが、現在は 60 m/s 程度に下げることが可能になった。その結果、騒音の問題がおお

むね解決された。年間発電量は 1.3~1.8 倍（地形の影響があるのでバラツキがある）の間で増加したと報告されている。図 4⁽¹⁾には、最大厚み比 25% の DU 91-W 2-251 厚翼とよく見られる NACA シリーズの薄翼の揚力係数と迎え角の関係を示す。厚翼の特徴は迎え角が 30° 程度まで失速しない点である。すなわち、風速変動に対して発生揚力変化が少なくなる。紙面の都合もあるので、他の二つは、簡単に述べることにする。詳しく知りたい人は文献 (1) を参照されたい。その 2 は、重量の重い長尺翼をハブに取付け可能にした、いわゆる、「T ボルト構造」の開発である。その 3 は、可変速発電機の開発である。現在主に 2 種類ある。誘導発電機を使う場合は、二重巻線方式と称する四極と六極を 1 台の発電機で切り換えて使う方法、もう一つの発電方法は、多極の同期発電機

をインバータ・コンバータを用いて、AC-DC-AC 変換で使用する方法である。発電機の極数は 72 極あるいは 84 極という大きなもので、増速ギヤを必要とせず、ギヤの機械音が少なく騒音が著しく低くなる。風車革新技術の一例を簡単に述べた。風車技術は、今が第 2 のドアを開けたところであり、まさに本格的な風車発電が始まったばかりである。研究すべき風車関連技術については文献 (1) を参照されたい。革新風車の課題を一つ一つ克服していくためには、世界規模で多くの研究者、技術者が必要になる。若い多くの研究者、技術者の参加を歓迎したいものである。

文 献

- (1) 清水幸丸, 風力発電技術 (改訂版), (1999), パワー社.