

# 風エネルギー利用システムの運転結果と特性

真鍋 惇\*, 金田昭久\*, 山根彌生\*, 竹重正雄\*

## Operation and Performance Characteristics of Wind Energy Conversion System

Atsushi Manabe, Teruhisa Kaneda  
Yayoi Yamane and Masao Takeshige

### Abstract

A wind energy conversion system (WECS) was assembled with a small-scale wind driven generator of rated output 200 W, storage batteries of 12 V×500 AH and fluorescent lamps installed in a corridor of the college and controlled automatically by magnetic switch, voltage sensor and timer. The system was operated for 312 days during the period Dec. 1980 to May. 1982 measuring the wind energy density, generated electric energy, service energy and reactive energy.

The degree of compatibility between the wind driven generator and the wind energy characteristics of the site was investigated from the comparison of the wind speed dependency of the machine efficiency with the wind energy distribution as a function of wind speed.

Daily variations of the generated energy and the efficiency of electric generation were examined. In the average of daily energies, the wind energy of 2.70 KWH was inputted to the cross section (2.54 m<sup>2</sup>) of rotating blades, 450 WH of which was converted to electric energy and 360 WH was used for the lighting.

The performance of the system was estimated in terms of the mean generation efficiency (16.7%) for the mean wind speed (2.9 m/s) at the site, the mean transfer efficiency of the energy through the whole system (13.1%), the final charging rate of storage batteries (79%) and the utilization factor of lighting apparatus (83%).

From these, future problems were discussed.

The results of simulation experiments to determine the optimum value of service power and storage capacity as a function of utilization factor of electric apparatus was given in Appendix.

### 1. ま え が き

最近のエネルギー資源問題の中で、自然エネルギーが改めて注目されているが、その中で風エネルギーは比較的普遍的に存在し、クリーンで無限なエネルギー源として有効利用を目的とする研究開発が多く行われてきている。それらの研究は次の2種に分類されよう。第一は風エネルギーの密度が希薄で時間的変動が著しい点を補うため、エネルギーの収集、変換、貯蔵の効率を向上させんとする研究であり、第二は当面の技術レベルを入力で

ある風エネルギー特性と出力としてのエネルギー消費形態に適合させ、コスト評価を含む最適システム(収集・変換・貯蔵・利用)を開発する研究である。両者はいわば車の両輪であると思われる。このうち後者については、風エネルギー特性が地域性をもち、エネルギー消費形態は多様であるので、種々の地点と消費形態について利用システムの実証調査を行い、各種のデータの蓄積、分析によって最適利用システムの設計方法を確立していく必要がある。科学技術庁が1978年3月より2年間、3地点に8台の風力発電機を設置して実施した「風エネルギーの有効利用技術に関する調査」<sup>1), 2)</sup>(風トピア計画)は、

\*宇部工業高等専門学校 機械工学科

我国における最初の本格的実証調査として良く知られている。

我々は気象的特性から西瀬戸地域あるいは周防灘地区と呼ばれる山口県宇部市において風エネルギー利用システムの開発を目的として、風エネルギー特性の<sup>3)</sup>分析と<sup>4)</sup>モデルシステムの<sup>5)</sup>実証運転を行っている。本論文においては、定格出力200Wの小型風力発電機、貯蔵用バッテリー、照明機器からなるシステムを構成し、1980年12月から1982年5月までの18ヶ月間に行った運転の結果とシステムの特性を分析した結果を報告する。また、このシステムに対する消費電力とバッテリー容量の最適値を求めるシミュレーションを行った結果を合せて報告する。

## 2. 実験方法

風力発電機は米国 Winco 社製の“Wincharger (model-1222H)”を採用した。同機は直径1.8mの2枚翼ブレードと定格出力200W、12Vの4極自励式直流発電機からなり、小型ではあるがブレードと発電機の適合が比較的良好で照明用、通信用としての使用実績をもっている。また安全装置として風速10m/s以上で働くガバナーを備える。

設置場所は宇部工業高等専門学校（宇部市常盤台）の化学棟屋上で、海拔50m、地表面から17m、屋上から5mの高さである。周辺の見通しは極めてよく、2km先の海岸線が見通せる。風向風速計との距離は5m、高さは同一である。Fig. 1にその状況を示している。

利用システムおよび計測系のブロック図をFig. 2に示す。エネルギー利用の目的は学校等の公共的建物内の照明用とし、数種の蛍光灯を室内および廊下に設置し、日曜、祭日などの休日、土曜の午後をのぞいて毎日9時から17時まで点灯することを試みた。また風力発電機の運転も安全管理のため、月曜12時から土曜12時までとした。データ整理の都合上、1日の期間を12時から翌日の12時までとした。

風力発電機と実験室の距離は60mで、この間を断面積 $5.5\text{mm}^2$ のビニルシースケープルで継いだ。ケーブルの全抵抗は $0.45\Omega$ でこれによる送電ロスは電圧12.5Vで電流が5, 10, 15Aのとき各々約18, 37, 56%になった。

エネルギー貯蔵用バッテリーは12V、50AHのもの10個を並列接続し、端子電圧14.2Vでダミー回路に放出して過充電を防ぎ、11.9Vで消費回路を切り過放電を防いでいる。

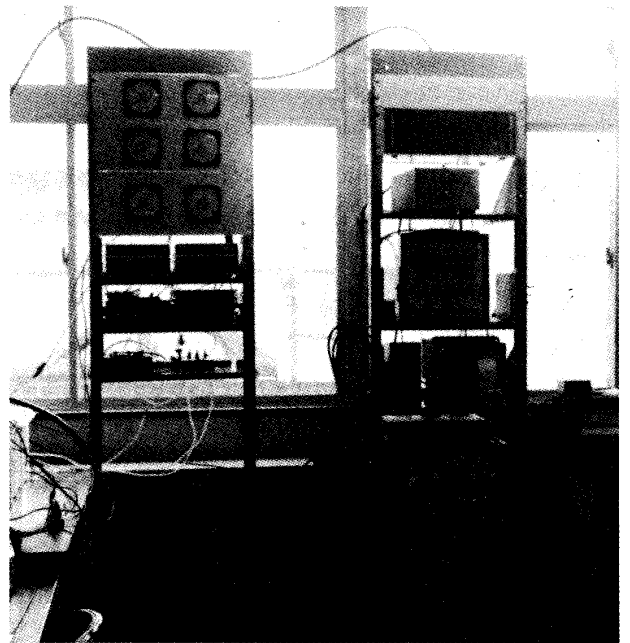


Fig.1 風力発電機 Wincharger と風向風速計 (写真上) および計測・記録系 (写真下)

照明機器は、インバータ付蛍光灯(12V, 20W, 2台)と普通の蛍光灯(100V, 40W, 6台)を用意し、後者は出力100V, 3A, 効率90%の外部インバーターに接続している。

発電電力量, 消費電力量, ダミー電力量はシャントを通して積算電量計で計測し, 風向風速データと共に30分毎に集録されまたペンレコーダーに記録される。

バッテリーの充放電特性は約6ヶ月毎に調べ, 端子電圧から各月末の貯蔵電力量を推定した。

3. 運転結果とその分析

3.1 運転経過

18ヶ月間の運転日数は312日で土、日曜、休日を除いて

運転できなかったのは故障により27日、計測用電源の停電のため4日であった。これより計画に対するシステムの稼働率は91%となる。

運転時における風速、発電電力量、消費電力量の変動

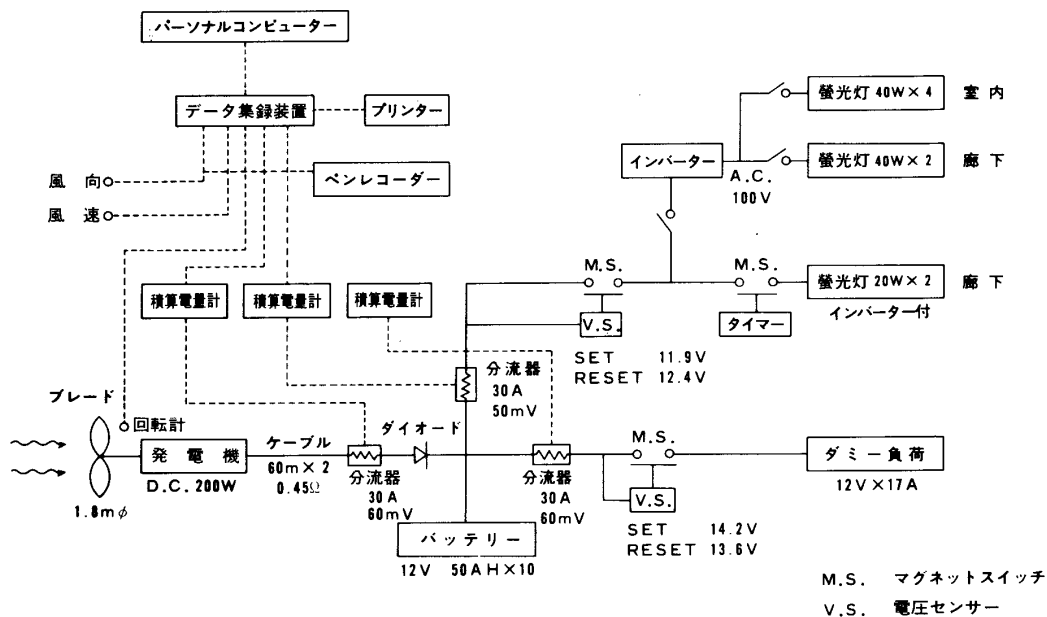


Fig.2 システムのブロック図

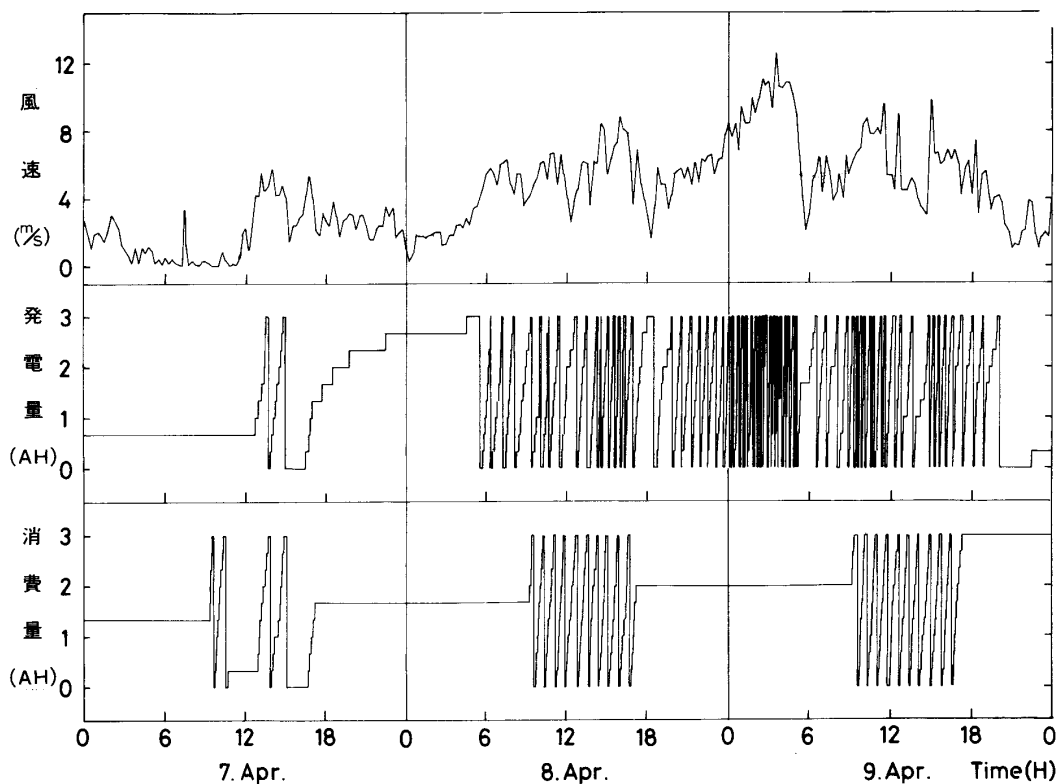


Fig.3 運転状況を示すレコーダートレースの例。風速の変動は平滑化されている。発電量、消費量は積算電量計に接続されたコンバーターからの出力で、積算量0.3AHごとにステップが1段上る。消費は9時から17時以外は手動又はタイマーでOFFになる。9時から17時の間のOFFは、バッテリー端子電圧降下によりマグネットスイッチが作動したことを示す。

Table 1. 風エネルギー利用システム運転結果

年月	運転 日数	平均風速	風エネ ギー 密度	発電電力量	発電電力量	発電効率	消費電力量	平均消費 電力 <sup>a)</sup>	貯蔵電力量 <sup>b)</sup>	無効電力量 <sup>c)</sup>	エネルギー	
				(計算値)	(実測値)				(月末)		伝達効率	
		m/s	KWH/m <sup>2</sup>	KWH	KWH	%	KWH	W	KWH	KWH	%	
1980	12	11	3.82	22.10	8.04	9.79	17.4	6.72	76	5.50	0.87	12.0
1981	1	20	2.66	19.67	7.39	9.75	19.5	13.30	83	1.70	0.25	26.6
	2	20	3.01	30.94	10.36	13.29	16.9	8.91	56	5.12	0.96	11.3
	3	15	3.61	36.13	10.90	12.37	13.5	10.58	88	6.10	0.81	11.5
	4	18	2.95	20.98	7.93	9.71	18.2	8.77	61	4.40	2.64	16.5
	5	19	3.10	19.32	7.19	8.36	17.0	7.81	51	4.00	0.95	15.9
	6	22	2.88	15.24	5.37	6.33	16.3	6.19	35	3.70	0.44	16.0
	7	21	3.29	22.60	7.80	8.52	14.8	4.56	27	5.00	2.66	7.9
	8	15	2.81	9.11	3.23	4.11	17.8	1.42	12	4.80	2.89	6.1
	9	17	3.00	19.63	6.93	9.16	18.4	7.22	53	3.10	3.64	14.5
	10	14	3.11	16.09	5.65	5.87	14.3	3.38	30	3.34	2.25	8.3
	11	6	1.81	1.32	0.37	0.57	17.0	1.68	35	2.10	0.13	50.1
	12	19	2.50	12.80	4.43	5.53	17.0	4.69	31	1.90	1.04	14.4
1982	1	18	2.70	14.73	5.26	7.51	20.1	5.77	40	2.10	1.54	15.4
	2	20	2.04	9.02	3.10	4.43	19.3	4.75	30	0.60	1.18	20.7
	3	15	2.87	13.23	5.07	6.92	20.6	4.69	39	2.00	0.83	14.0
	4	24	3.29	36.47	12.89	13.80	14.9	6.88	40	2.60	6.32	7.4
	5	18	2.60	12.66	4.20	4.92	15.3	3.46	32	1.20	2.86	10.8
全期間	312	2.91	332.04	116.11	140.94	16.7	110.78	44	1.20	32.26	13.1	

a) 1日消費時間を8時間とし算出 b) 初期値3.30KWH c) ダミー電力量+自己放電量

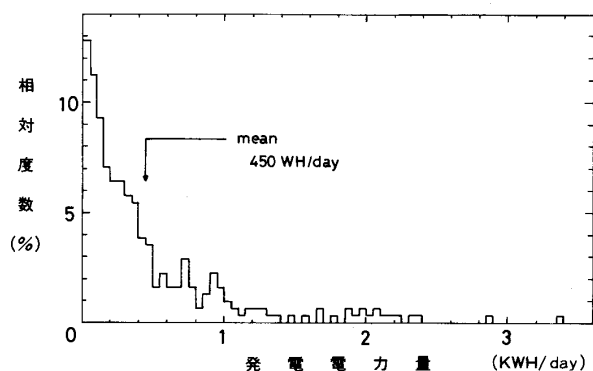


Fig.4 1日間の発電電力量の相対度数分布。  
全度数は312日間。

パターンの例を Fig. 3 に示す。各種のデータを月別に集計したものが Table 1 である。

発電電力量は合計 140 KWH, 日平均値 450 WH である。1日発電電力量の度数分布は Fig. 4 に示され, 低エネルギーほど度数大きく, 3 KWH/day 以上までの広い分布範囲をもつ。Fig. 4 で高エネルギー側から累積度数をとると Fig. 5 がえられる。これより例えば日平均値以上の電力量が得られた日数は全体の32%であることがわ

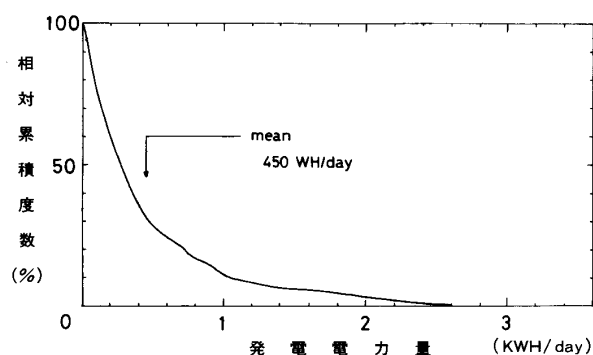


Fig.5 1日間の発電電力量の相対累積度数分布。  
Fig.4で電力量の多い方から累積したもの。

かる。発電電力量の多い日と気象状況<sup>9)</sup>を Table 2 に示す。消費電力量は合計 110 KWH, 日平均値 360 WH となった。その内容は初期にはインバーター付蛍光灯による廊下の照明の他に, 発電電力量の増減を見ながら外部インバーターを作動させ100V, 40Wの蛍光灯をいくつか点灯させるなど不定常な消費電力となった。1981年10月以降は12V, 20W×2による廊下の照明に限定し, 定常的な消費形態をとった。Table 1 の平均消費電力の値に

**Table 2.** 発電電力量の多い日と気象状況

年月日	発電電力量	平均風速	気象状況 <sup>6)</sup>
	KWH	m/s	
81. 9. 2	3.36	7.84	台風18号対馬海峡通過
81. 3. 25	2.89	8.11	春あらし, 対馬付近に低気圧閉塞
80. 12. 12	2.37	6.85	冬型気圧配置, 西日本初雪
81. 2. 24	2.34	6.36	冬型気圧配置 日本海上空に-48°Cの寒気団
81. 2. 25	2.24	5.94	
81. 2. 10	2.19	6.53	
81. 3. 24	2.14	6.28	低気圧閉塞点夜半対馬海峡付近

(注) 1日の計測時間は当日12時から翌日12時とした。

このことがあらわれている。

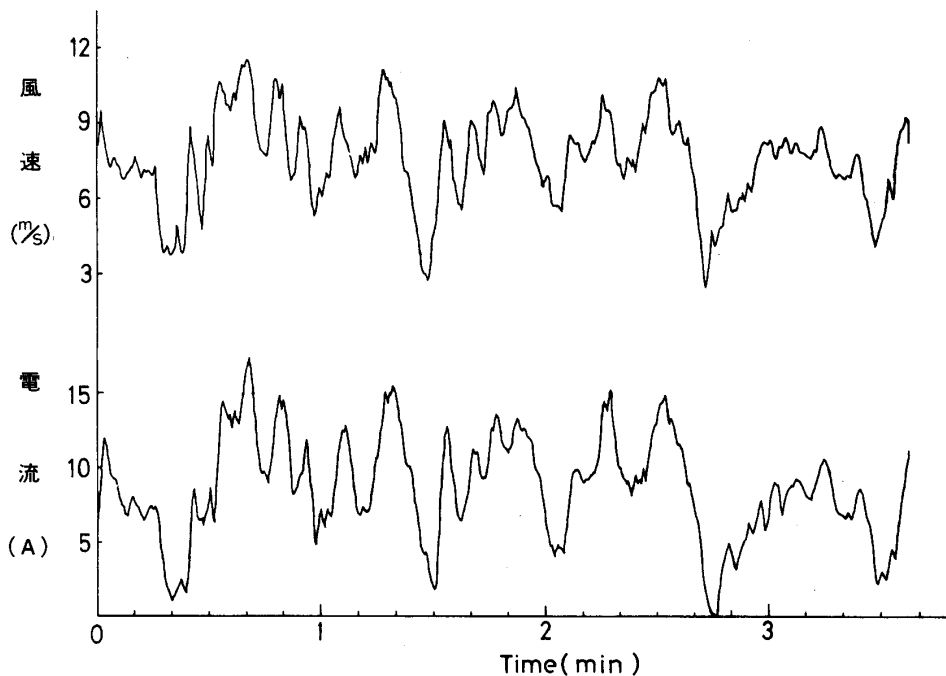
18ヶ月間の風車の運転において発生した故障は1件であった。1981年10月23日、逆流防止用ダイオードが断線状態となり、風車の無負荷過回転を起し、発電機過熱により回転子の故障が生じた。修理と点検のため約1ヶ月の運休となった。その他として1982年3月ごろ、風車の風向追随性が悪くなった。垂直軸まわりの回転部にあるコレクタベアリングの変形がその原因であった。これは土、日曜に運休のためブレーキをかける頻度が高いことが原因と考えられる。

効率、その風力発電機の特長としての発電効率（機械効率と呼び風速の関数である）と、その地点、期間における風エネルギー特性（主としてエネルギー密度とその時間的変動性）によって左右される。従って風エネルギー利用システムとしては両者の適合性について評価することが第一に必要である。

まず風力発電機の機械効率の測定についてのべる。Fig. 6はバッテリー負荷時の風速と発電電流のレコーダートレースの例である。この時、60m×2のケーブルによる送電ロスを含む。ブレードの回転数は風速変動に遅れて追随するので、風速と電流の関係は一義的ではない。そこで最も対応が付きやすいピーク値について両者をプロットするとFig. 7がえられる。電圧変化はなめらかなので

### 3. 2 発電効率と風エネルギー特性

ある地点である期間風力発電機を運転した場合の発電



**Fig.6** 風速と発電電流の変動を示すレコーダートレースの例。風速は瞬間値を、発電電流はバッテリー負荷でケーブルロスを含んでいる。

Fig. 7 から効率の風速依存性を計算し、Fig. 8 に示す。  
 Fig. 8 は風速、電流変動のピークから求めたものであるから実際より低い値を示すと考えられる。その補正につ

いては後述する。

設置地点の風エネルギー特性については別に報告して  
 きた。1980年、1981年度の平均風速はそれぞれ 2.94 m/s,

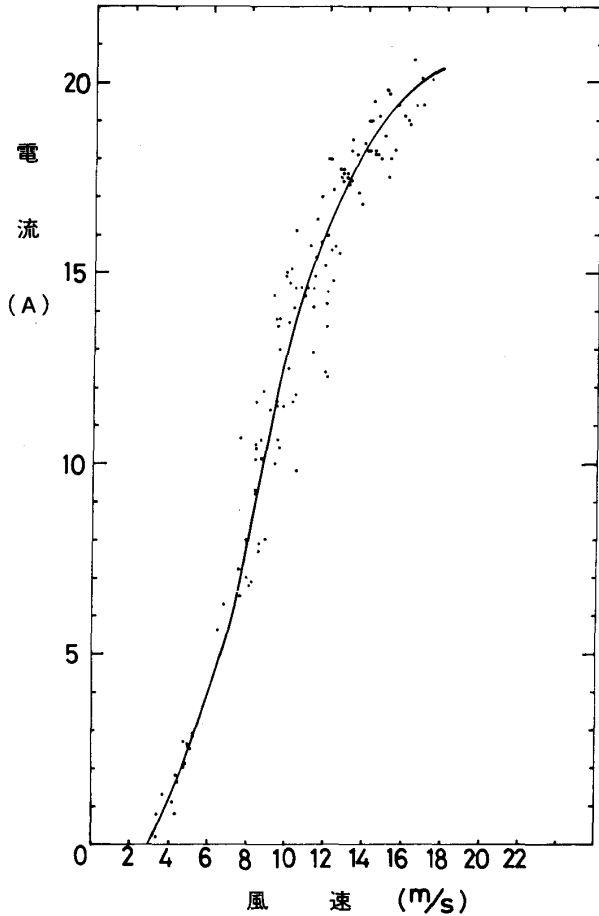


Fig.7 風速—電流特性。Fig.6の風速と電流のピークをプロットし曲線近似した。

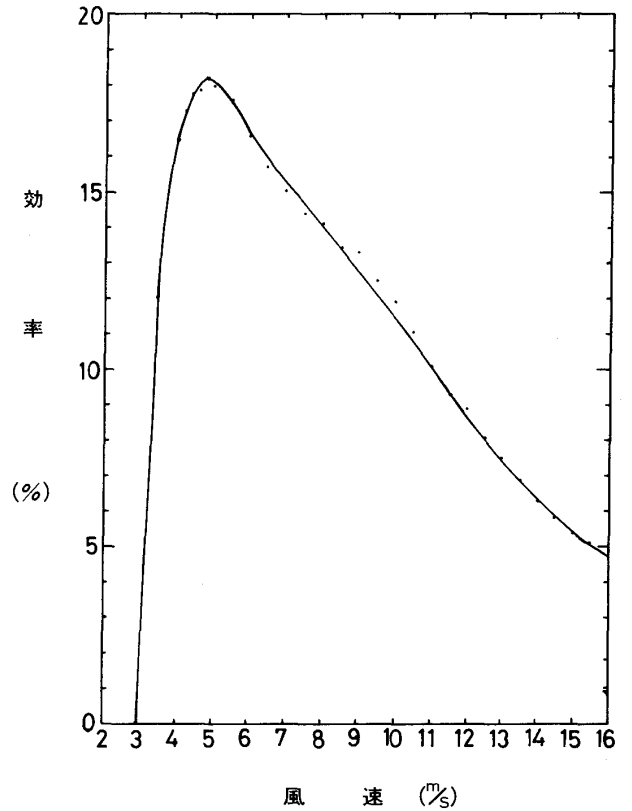


Fig.8 風力発電機の機械効率。Fig.7より算出しているので実際の効率より低いと考えられる。

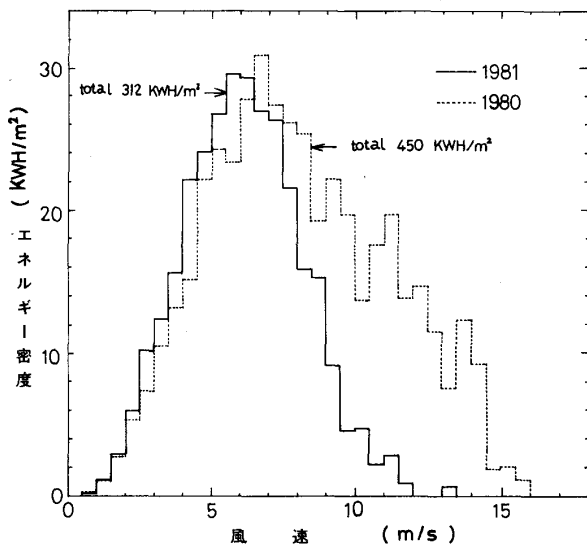


Fig.9 年間風エネルギー密度の風速依存性。宇部市における1980年度、1981年度の年間値。<sup>4)</sup>

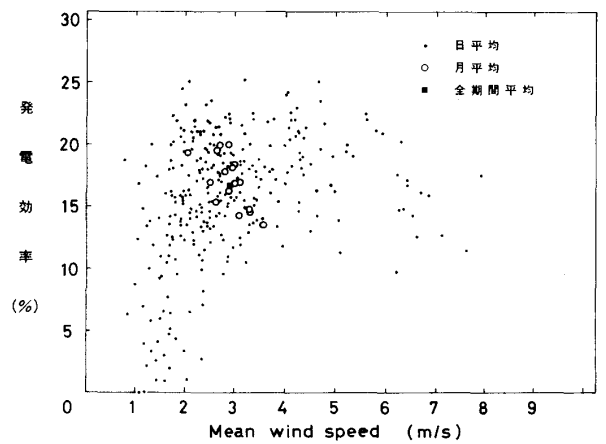


Fig.10 発電効率の実測値と平均風速の関係。3種の平均期間について示す。

2.81 m/s で一日あたりのエネルギー密度の平均値は、それぞれ 1.37 KWH/m<sup>2</sup>, 0.89 KWH/m<sup>2</sup> となっている。風力発電機と風エネルギー特性の適合を評価する場合に必要なのは風エネルギーの風速別分布であろう。Fig. 9 に 2 ヶ年について求めた分布を示す。

Fig. 8 と Fig. 9 より次のことが言える。まず風力発電機の起動風速である 3m/s 以下の風のエネルギー量は、全体の約 10% であるから起動風速は適当である。機械効率のピークは風速 5m/s 付近にあり、一方最大エネルギー密度を与える風速は 6~7m/s である。両者の不一致は 1~2 m/s あり完全な適合とは言えないが、一応良好と判断できよう。(現実的な問題点としては、機械効率の曲線を全体としてもっと高くすることである。)

実際に運転して得られた発電効率は Fig. 10 に示す通りである。効率計算に必要な風エネルギー量は 30 分毎に測定した 10 分間平均風速より求めた。一日単位の発電効率と日平均風速の関係はかなり分散することが示されている。その理由は日平均風速が同じでも風速度数分布が異なるためである。さらに 1 日の風速データ数が 48 であるための風エネルギー量の誤差も含まれる。分散は大きい傾向は Fig. 8 の曲線とにている。Fig. 8 に比べて全体として低風速側へシフトしているのは cube factor ( $\bar{V}^3$ )<sub>0</sub>/ $\bar{V}$  の効果である。月平均値で見ると分散は小さくなり、月平均風速が 2~3 m/sec で効率最大となり、3m/s 以上では効率が下がっていくことがわかる。

全期間については、平均風速 2.91 m/s で、発電効率は 16.7% である。この値は「風トピア計画」で調査された 3 地点 8 台の風力発電機の効率の中で最大の値とほぼ同じである。

運転時の効率、Fig. 10 と機械効率、Fig. 8 を比較すると Fig. 8 は全体として低い値を示している。その主な原因は前述の如く風速-電流変動のピークから求めたためであり、一定の補正係数をかけて自然風に対する機械効率の有効値を求める。Fig. 8 の効率曲線と風速データから計算した発電電力量を Table 1 に示す。その合計は、116 KWH で実際の発電電力量はその 1.2 倍である。従って機械効率 (バッテリー負荷、送電ロスを含む) として、Fig. 8 の曲線を 1.2 倍して用いれば自然風による発電電力量を推定できる。

### 3. 3 システム全体としての特性

風エネルギー利用システムの月別のエネルギー収支を Fig. 11 に示す。月により運転日数が異なるので一日当りの

量であらわしている。入力エネルギー量はブレードの回転断面積 2.54 m<sup>2</sup> に入力する風エネルギーで平均は 2.70 KWH/day となっている。そのうち、平均して 450 WH/day が電力に変換され、360 WH/day が利用機器において消費された。

この期間の特徴として、初期には入力エネルギーが多いが後には少ないことがあげられる。風エネルギー特性の分析において報告したように、一般に風エネルギーは冬と春に多く、夏と秋に少いが、1981年度はこれが逆転した特別な年であった。このことが消費電力量の設定に大きな影響を及ぼした。Fig. 11 に示されているように消費電力量は当初の 600 WH/day 前後から徐々に下がったが回復することなく、1981年10月以降は 320 WH/day (20 W × 2 × 8 H) に設定して定常的な運転に入った。これは風エネルギー利用システムにとって、エネルギー量の季節的変動の予測が重要であることを示している。

システムの特徴をあらわす指標として、発電効率、エネルギー伝達効率、利用機器稼働率、バッテリー充電効率が考えられる。このうち前三者の月別変化を月平均風速と共に Fig. 12 に示す。ここでエネルギー伝達率は、システム全体の最終的な効率で (消費電力量) ÷ (風エネルギー入力量) で与えられる。この比率は一般には発電効率より小さいが、短期間で見るとバッテリーの貯蔵電

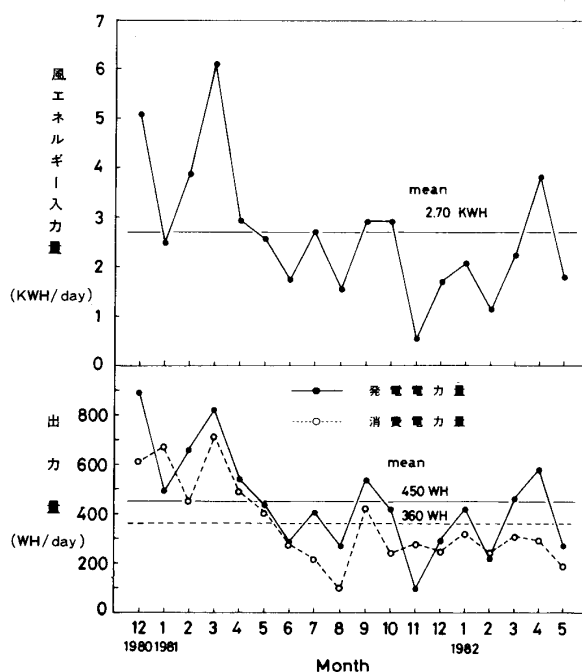
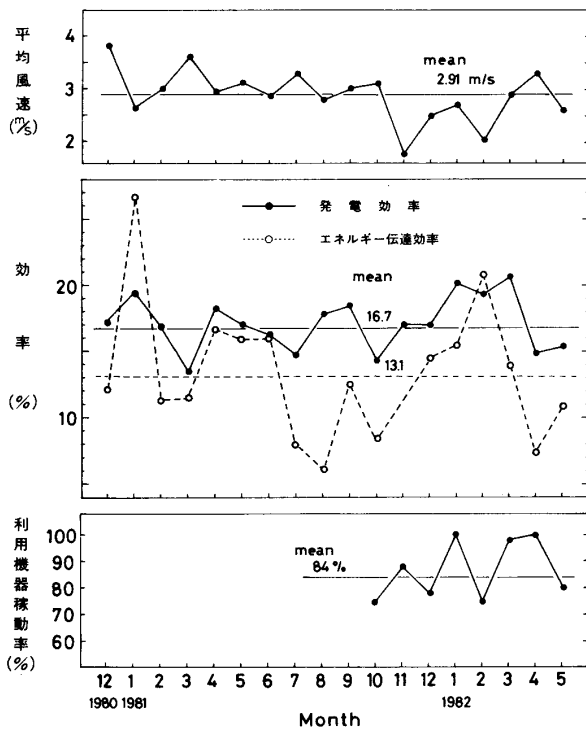


Fig. 11 風エネルギー利用システムのエネルギー収支の月別変化。各月の1日あたりのエネルギー量で示す。



力量の上下のために発電効率より大きくなったり、著しく小さくなることもある。各月の最終の貯蔵電力量は、Table 1 に示されている。利用機器の稼働率はシステムのメリットを表す指標である。ここでは1981年10月以降について算出が可能であった。その値は Table 1 の平均消費電力に対応している。さらにシステムの経済性を表す指標としてエネルギーコスト (円/WH) を評価する必要があるがここでは求めなかった。

全期間を通じて見ると、発電効率16.7%、エネルギー伝達効率13.1%で利用機器稼働率は一部期間に対して83%であった。またバッテリーの充電効率として (バッテリーからの出力) ÷ (バッテリーへの入力) を求めると79%となる。これらの値を「風トピア計画」の報告と比較し

Fig.12 風エネルギー利用システムの発電効率、エネルギー伝達効率、利用機器稼働率の月別変化、および各月の運転日の平均風速。

Table 3. 本研究と風トピア計画<sup>1), 2)</sup>のシステム概要と特性

	本 研 究 山口・宇部	風 ト ピ ア 計 画		
		愛知・武豊	群馬・安中	石川・金沢
ブレード直径 (m)	1.8	(5.2 4)	(4 3.8)	(3.8 3.6)
利 用 目 的	照 明	温室冷暖房	ゴルフカート 電気自動車	養魚水槽 誘蛾燈
バッテリー容量	12V 500AH	24V 1000AH <sup>+</sup>		110V 200AH <sup>+</sup>
運 転 日 数	312	294	385	239
風車稼働率 (%)	91	(99 84)	(87 78)	(70 69)
平均風速 (m/s)	2.9	3.1	1.9	2.0
発電電力量(KWH/day)	0.45	(3.3 1.8)	(0.7 1.4)	(0.7 0.2)
エネルギー伝達効率 (%)	13.1	5	(4 <sup>++</sup> 10 <sup>+++</sup> )	0.3
発電効率 (%)	16.7	(12 11)	(9 15)	(16.4 4.8)
バッテリー充電効率	79	63	(68 <sup>++</sup> 100 <sup>+++</sup> )	13.4

風トピア計画の内直線翼型垂直風車については省略した。

<sup>+</sup>風車一台あたりの容量    <sup>++</sup>ゴルフカートの場合    <sup>+++</sup>電気自動車用充電の場合



た。Table 3を見ると、本システムは規模は小さいが比較的効率よく動作したと言える。しかしエネルギー伝達効率、発電効率の値はまだ低い。これを上げるには、風力発電機の機械効率が高い値と風エネルギー特性に適合した風速依存性をもつ必要があり、その研究開発が望まれる。

#### 4. 今後の課題

本研究は我々にとって最初の実証調査であり、今後の課題となる問題をいくつか含んでいる。

まずバッテリー容量が適切かという問題がある。大きいほどエネルギー伝達効率、機器稼働率は高くなるが、コストが高くなる。12V×500AHを減らせないかという問題がある。同様に利用機器での消費電力量の設定にもさらに検討の余地があり、これを変えれば諸効率がどの程度変わるかなど検証すべきことは多い。この点の1つの解決法としてシミュレーションの結果を附録に示す。最終的にはコスト評価を含めて最適システムを設定すべきであることは言をまたない。

システムの運転、管理に伴う問題点としては、バッテリーの管理方法と貯蔵電力量の正確な計測法の確立が必要であると考えられる。本実験の場合、Table 1の無効電力量の内容は初期はダミー電力が大部分であるが、後半になって自己放電量が増加した。特に1982年4～5月には入力量の50%に達する自己放電となっている。この原因は月別貯蔵電力量に示されているように放電状態が長期間続いたためと考えられる。これを防ぐには単に過充電、過放電を防止するだけでは不十分で、バッテリーの履歴に応じて回復充電や均等充電を行う必要があるとされている。これらの操作をシステムの運転に組みこむ方法とその操作の諸効率への影響を検討すべきであろう。

さらに本実験では安全のため施設が無人化する休日は運休したが自然エネルギーの利用法としては得策でない。無人時にもエネルギーを収集し貯蔵するために異常を検出し運転を中止する機構を備えるべきである。

#### 謝 辞

本研究の実施にあたり、湯浅電池株式会社風力グループ主幹松本完氏には多くの助言ならびに資料の提供をいただいた。またシミュレーション実験では、川野伸之氏（現在専売公社勤務）の協力を得た。あわせて感謝する

次第である。

また本研究は昭和55年、56年度文部省科学研究費によって補助されたものであることを付記する。

#### 参 考 文 献

- 1) 科学技術庁計画局：風エネルギーの有効利用技術に関する調査報告－「風トピア計画」調査報告，(1980，11)
- 2) 科学技術庁計画局：「風トピア計画」調査結果の概要，(1980，11)
- 3) 真鍋 惇，山根彌生，金田昭久：“宇部市域における風エネルギー特性(I)”宇部工業高等専門学校研究報告，28，57，(1982)
- 4) 真鍋 惇，山根彌生：“宇部市域における風エネルギー特性(II)”，宇部工業高等専門学校研究報告，29，15 (1983)
- 5) 山根彌生，真鍋 惇：“宇部市域における風エネルギー特性(III)－方位変動特性”，宇部工業高等専門学校研究報告，29，25 (1983)
- 6) 気象庁監修：気象年鑑，1981年版および1982年版

#### 附 録

##### シミュレーションによる消費電力とバッテリー容量の検討

風エネルギー特性と風力発電機の機械効率に対して、利用機器の消費電力とバッテリー容量を適合させるためシミュレーションにより利用機器の稼働率を求めた。実験条件は次の通りでパーソナルコンピュータを用いた。

- i) 風エネルギー特性は1980.4～1981.3の山口県宇部市のものを採用し30分毎の風速データを用いる。この年は Fig. 13 に示すように冬と春にエネルギー多く、夏と秋に少い一般的傾向をもつ。
- ii) 風力発電機の機械効率は Fig. 8 を1.2倍とする。発電電力量の計算値を Fig. 13 に示す。平均値 530WH/day で発電効率は15.2%となる。
- iii) 利用機器はインバータ付蛍光灯，12V 20W を1～5本とし、毎日9時から17時まで点灯するものとする。
- iv) バッテリーの容量は 12V，0～700AHの5種とし、自己放電は考えない。初期貯蔵量は容量の1/2とする。以上の条件で30分毎の発電電力量、貯蔵電力量、消費電力量、ダミー電力量を算出する。結果より利用機器稼働

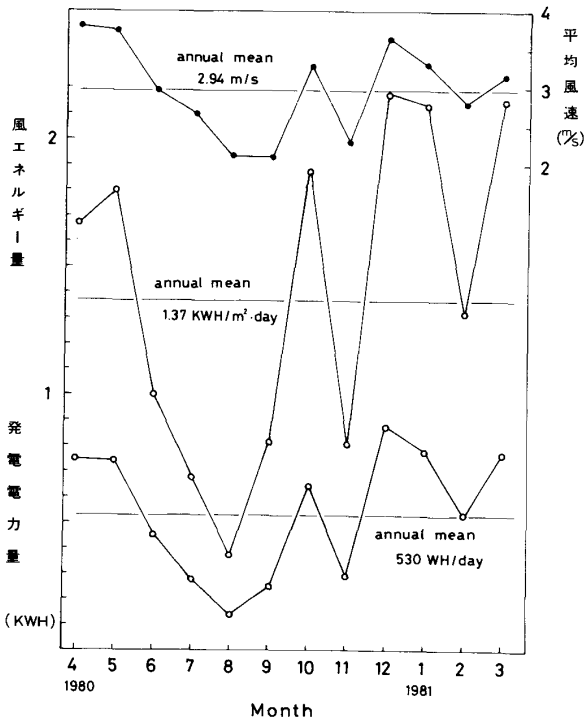


Fig.13 宇部市における1980年度の風エネルギー特性 (月平均風速と各月の一日あたりエネルギー密度) および風力発電機による発電電力量の計算値。Fig. 8 を1.2倍した機械効率を使用。

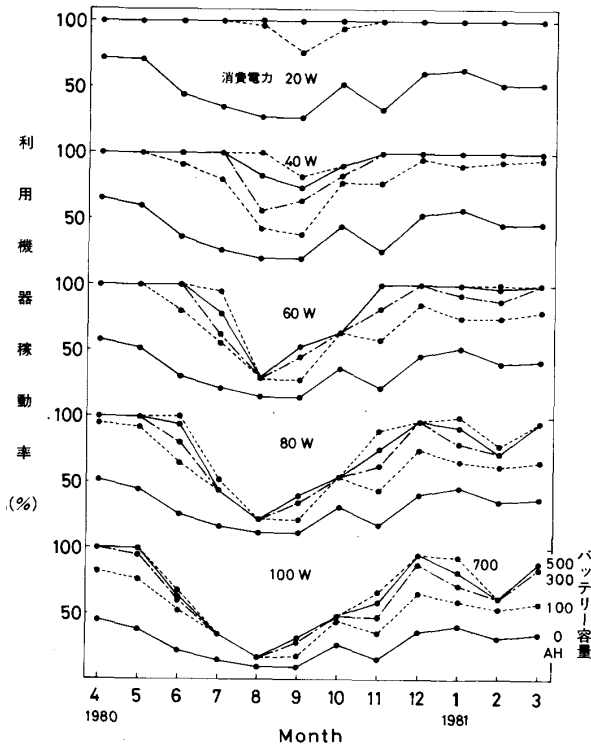


Fig.14 シミュレーションによる利用機器稼働率の月別変化。バッテリー容量と消費電力をパラメータとして示す。

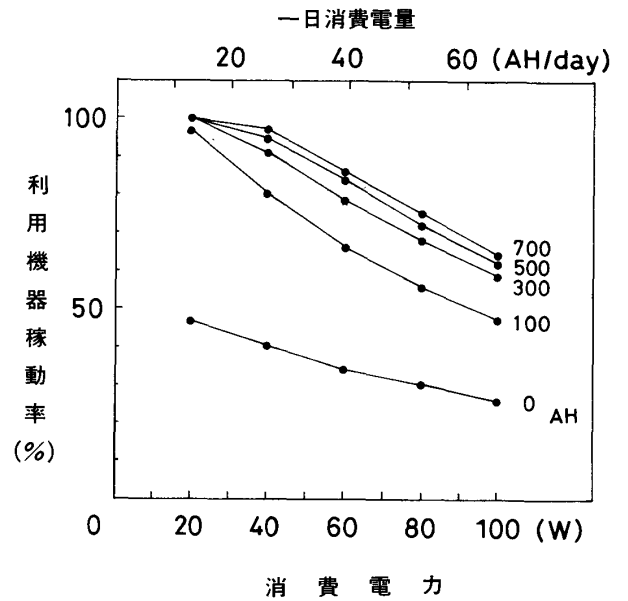


Fig.15 シミュレーションによる利用機器稼働率の年間値の消費電力依存性。バッテリー容量をパラメータとして示す。

率の月別変化を求め Fig. 14 に示す。年間の稼働率と消費電力の関係をバッテリー容量をパラメータとして Fig. 15 に示す。容量を増すにつれて稼働率は向上するが、その割合は徐々に低くなっている。今の場合、容量を300AHより多くすることは得策でないと言える。ただし、ここでの容量は貯蔵量の変動許容量であり、実際に運用するバッテリー容量はこれより多いことが要求される。

消費電力とバッテリー容量の設定は稼働率をにらみながら行うことになる。例えば稼働率80%とするなら、消費電力60W、容量 300 AH が1つの適値である。ダミー電力量の割合は28%となる。もし100%の稼働率を要求すると、消費電力20W、容量 300 AH 以上となり、ダミー電力量は発電電力量の70%を占めることになる。

(昭和57年9月16日受理)