

宇部市域における風エネルギー特性 (III)

—方位変動特性—

山根 彌生*, 真鍋 惇*

Characteristics of Wind Energy in Ube City III

—Characteristics of directional variations—

Yayoi YAMANE Atsushi MANABE,

Abstract

Characteristics of directional variations of wind energy were analyzed from hourly wind speed and direction data averaged over ten-minutes for the period April 1980 to March 1982.

The seasonal variation of the wind direction was shown in the graph of WIND-ROSE. Prevailing wind directions were NW, WNW, E and ESE, whose relative frequency of occurrence was 44 percent.

Directional distribution of the wind energy also illustrated the existence of prevailing directions which were aligned in opposite directions, W to NW and E to ESE.

The localization of the energy to above directions was notable, which reached to 70 percent of total energy from all directions.

From these the method of efficient collection of wind energy was suggested.

1. ま え が き

風エネルギー利用の開発には、風エネルギー特性が重要な役割を果たすが、その1つとして風エネルギーの密度とその時間的変動の特性を我々はすでに述べてきている¹⁾²⁾。

風力を利用する際に風エネルギーを最大限利用するためには、周囲の地形や建物等の影響を評価して設置場所を選定する必要がある。そのためには、風向の変動特性が必要な資料となる。また複数の風車を配置する際にもこの特性を知っておく必要がある。さらに年間を通じて多くの風エネルギーがもたらされる卓越方向があれば、これを考慮してエネルギー収集の方式を考えることもできる。

本論文では、1980年4月から1982年3月の2ケ年の調

査により、風向と風エネルギーの関係について明らかにしたことについて報告する。

2. 風向測定とデータ処理

風向測定地点は、我々がすでに述べてきた¹⁾風速測定の場合と同じであり、プロペラ型風向風速計より得られる前10分間平均風向を2ペシレコーダおよびデータ集録装置に記録し、1時間毎の測定値をパーソナルコンピュータに入力しデータ処理を行った。

測定期間は、1980年4月から1982年3月までの2ケ年間で、1980年度329日分、1981年度353日分のデータである。欠測の大部分は、1980年度は4月と5月で両月共に16日間のデータであり、又1981年度は4月と8月で共に26日間のデータであった。

風の方位を表わすには、東西南北とその中間を入れた

*宇部工業高等専門学校 機械工学科

8方位, さらにその中間を入れた16方位で表わすことができるが, 我々は, 16方位で表わすことにする。

風エネルギー密度は, 各方位別に, 風速の3乗値より算出したエネルギーの総和 $\sum \frac{1}{2} \rho V^3$ (WH/m²) を求めたものである。ただし, Vは風速 ρ は空気密度でここでは1.20 kg/m³の値を用いた。

3. 方位変動特性

3. 1 風配図 (ウィンド・ローズ)

年間または月間の風向の傾向は, 風向別に出現度数を求めることにより知ることが出来る。ここで0.3 m/sより小さい風速のものについては calm として処理し

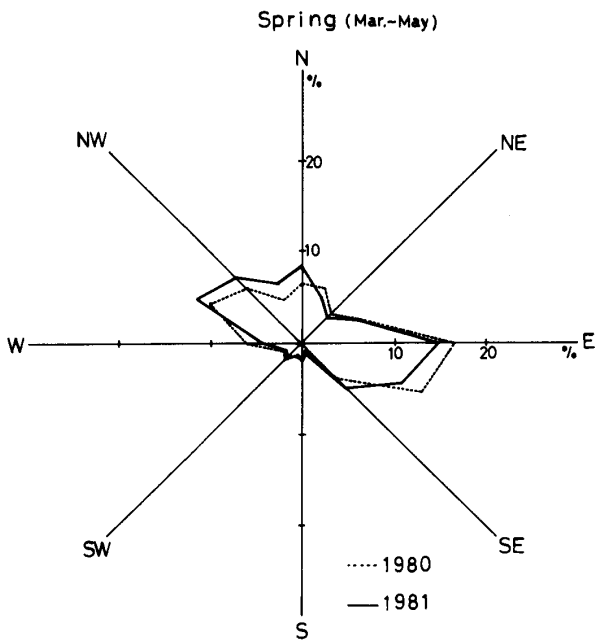


Fig.1-1

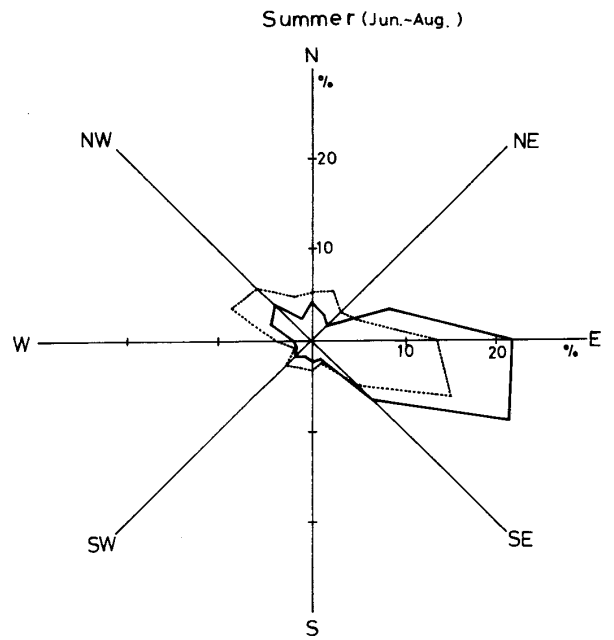


Fig.1-2

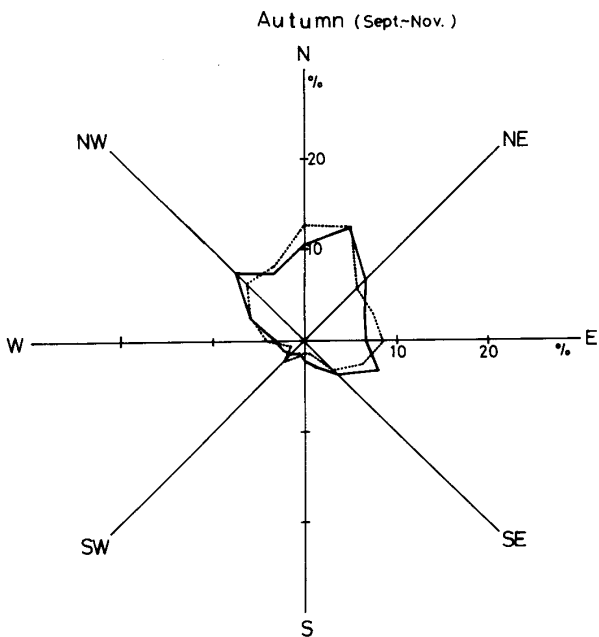


Fig.1-3

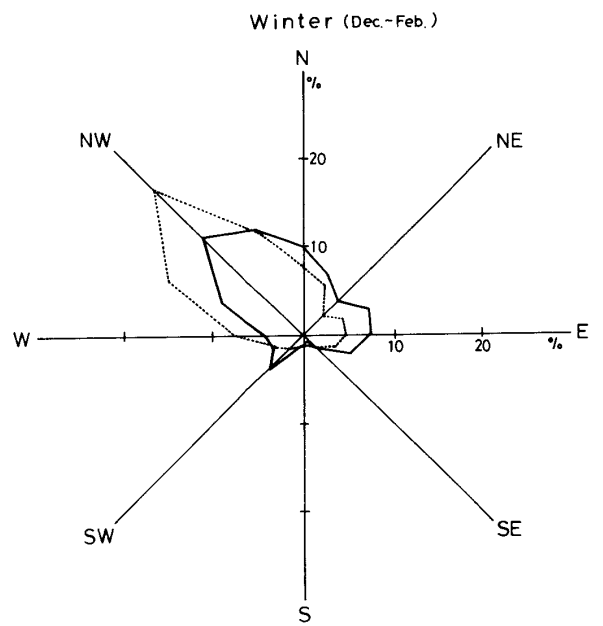


Fig.1-4

Fig. 1 Seasonal frequency distribution of wind direction. (seasonal wind-rose)

1.0~3.6%と小さいので出現度数に加えなかった。

Fig. 1 は1980年度, 1981年度の各方位の出現度数を春季(3~5月), 夏季(6~8月), 秋季(9~11月), 冬季(12~2月)の四季に分けて示したグラフである。これが風配図(ウィンド・ローズ)³⁾と呼ばれるものである。

春季は, 東, 東南東と北西, 西北西のほぼ180°異なる2つの方向に大きな偏りを示し, 1981年度では2つの方向共に約25%の出現度数となった。1980年度は1981年度に比し, やや東, 東南東の方向が度数が多いが, 2ヶ年共に2つの方向に偏っているのが特長となっている。

夏季は, 東, 東南東の出現度数が北西, 西北西に比べ大きくなっており, 1981年度では東, 東南東の出現度数が46%にもなり, 東北東, 南東も合わせて考えるならば $\frac{2}{3}$ が東の方位近くの出現度数となっている。1980年度は1981年度に比し, 西北西~北~北北東の度数が大きめになっており, この年冷夏に見舞われていることが風向に現われたものと思われる。

次に秋季の最多風向は北北東であり, これをはさむ北, 北東の風向も多く, 合わせて約 $\frac{1}{3}$ がこちら方向の出現度数となっている。

冬季では最多風向は北西であり, これをはさむ西北西, 北北西の風向も多く, 1980年度ではこの3方位合わせると52%にもなるが, 1981年度では38%に下がっており暖冬であったことによるものと思われる。

このように各季節別に見ると, それぞれ特長を持った

風向出現度数分布を示しているが, 年間を通しての風配図を示すと Fig. 2 になる。これは春季の風配図と傾向は似ていて, 最多風向が東, 東南東と北西, 西北西の2方向に分かれて存在している。1980年度は北西, 西北西がやや多く, 1981年度は東, 東南東が多くなっているが, この4方位合わせると, 2ヶ年共に44%の出現度数となっている。

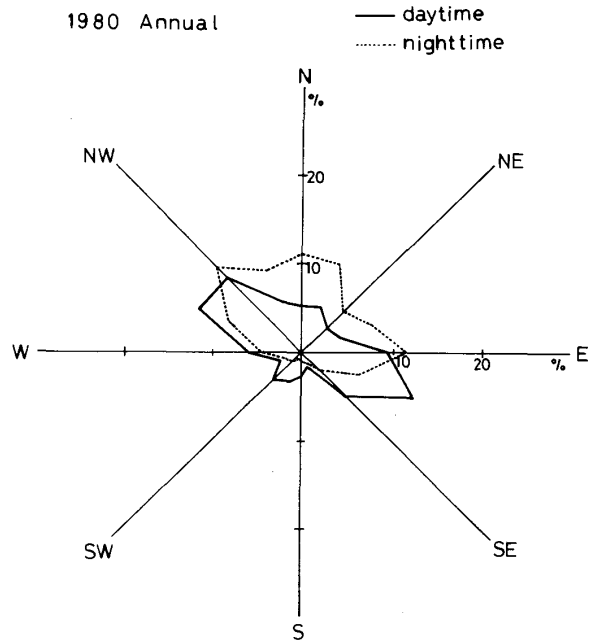


Fig.3-1

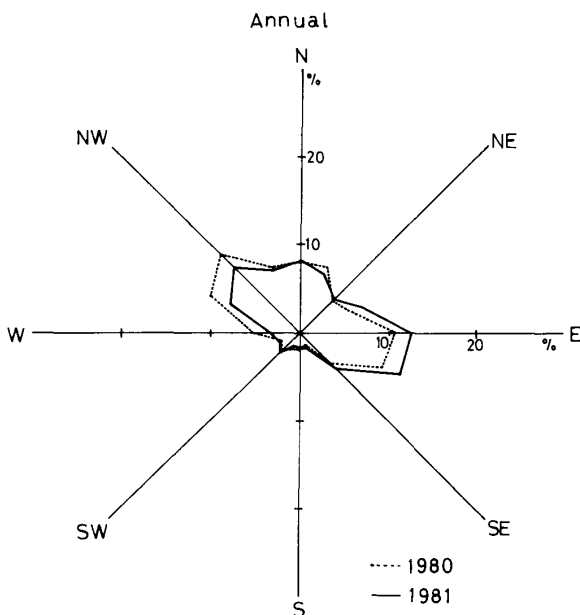


Fig. 2 Annual frequency distribution of wind direction. (annual wind-rose)

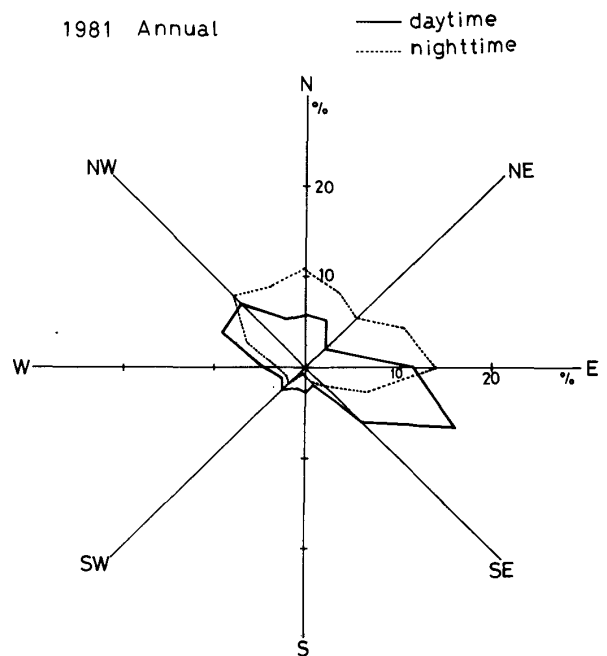


Fig.3-2

Fig. 3 Wind-rose in daytime and nighttime.

1979年度の宇部市域の6ヶ所の地点の風配図⁴⁾を入手したので、我々のデータと比較してみた。我々の傾向と似ている観測地点もあるが、一般に観測地点によりかなりの違いが見られる。それは、地形あるいは周囲の建物の影響によるものが大きいと考えられるが、我々の観測地点に関していえば、周囲の建物の影響がなく、展望の良

い場所に建っている。したがって、その点についての検討が必要であるが、入手したデータは1ヶ年だけのものであり、長期間のデータの収集、比較検討が今後の課題となる。

次に風向の日変化を見るために、午前6時から午後6時までの12時間を昼間とし、それ以後を夜間とした2つ

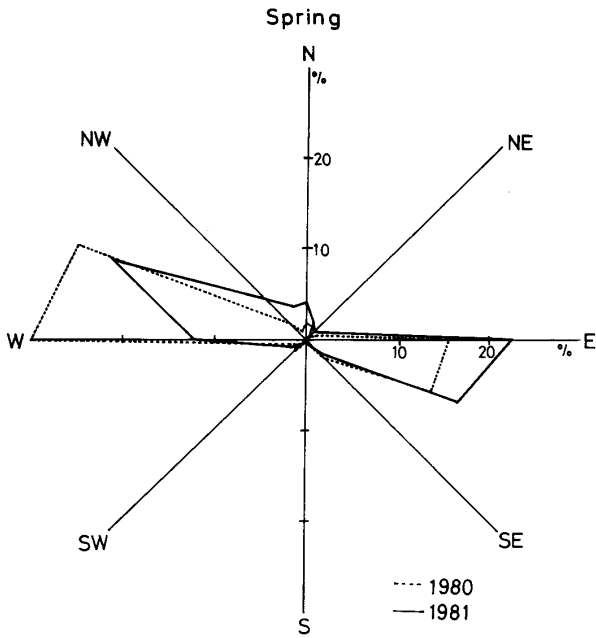


Fig.4-1

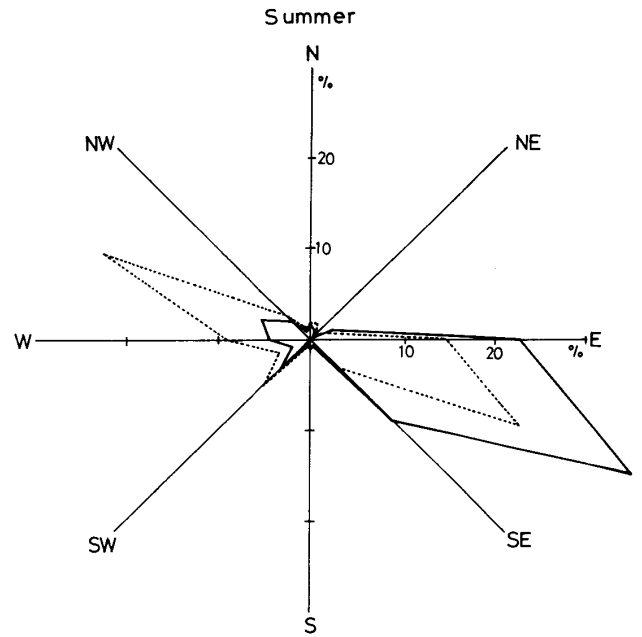


Fig.4-2

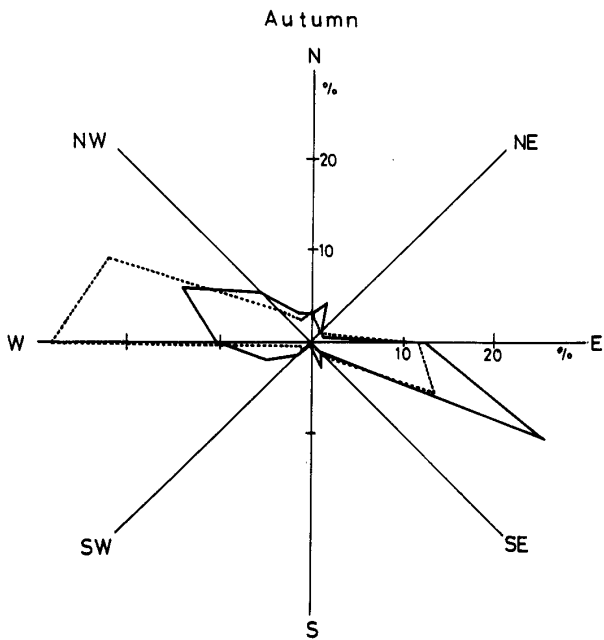


Fig.4-3

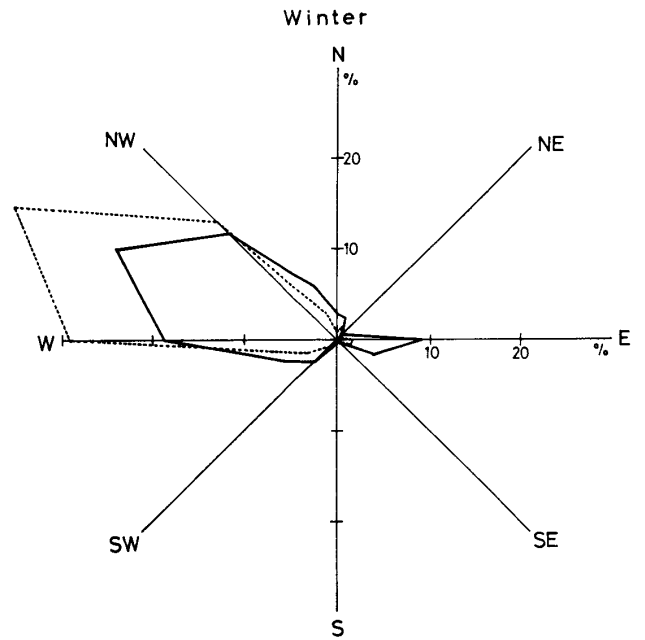


Fig.4-4

Fig. 4 Directional distribution of the wind energy over each season.

の期間について風向の出現度数を求めたのが Fig. 3 のグラフである。夜間は calm が多くなるので風向の出現回数は減少するが、昼間に比し、北東よりの方向に出現率が大きくなる。これは夜間陸風の影響を受けるものと考えられる。

3. 2 風エネルギーの方位分布

Fig. 4 は季節別に得られる風エネルギー量を各方位毎に計算し、全エネルギー量に対する割合で表わしたグラフである。風エネルギー量は風速の3乗に比例するので、風配図に比しかたよりの大きい方位分布となっている。しかし風配図をそのまま3乗程度に引き延ばした形にはなっていない。これは風向の度数の大きいところがすなわち風速の大きいところとなっていないことによる。

春季では、西、西北西と東、東南東の180°相対する方向にエネルギー分布大きく、両方向合わせると1980年度では86%、1981年度では76%と多くのエネルギーが両方向に分布していることが分かる。

夏季では、1980年度は西北西と東、東南東の3方位に63%のエネルギーが、1981年度は東、東南東、南東の3方位に73%のエネルギーが分布している。1980年度は西北西のエネルギーが多いが、風配図と比較することにより東南東の平均風速よりも西北西の平均風速が大きいと考えられる。

秋季は、風配図から予想しえないような形となっている。春季と同じく西、西北西と東、東南東の180°相対する方向にエネルギー分布大きく、両方向合わせると1980年度79%、1981年度66%の出現率となる。

冬季は、西、西北西、北西の3方位にエネルギー分布大きく、3方位合わせて1980年度86%、1981年度62%の出現率となっている。

季節別風エネルギーの方位分布を年間にまとめたのが Fig. 5 である。両年度とも、西、西北西と東、東南東の180°相対する2方向にエネルギー分布大きく、両年度とも70%前後のエネルギーを占めるが、1980年度では特に西、西北西のエネルギーが多く56%も占めている。この年は、どの季節にも西、西北西のエネルギーが1981年度に比し多かったことによるものである。

年間を通して西方向と東方向の180°相対する方向に合わせて70%のエネルギーが得られることから、風車ブレードをエネルギー最大となる方向、東南東と西北西に正対するように固定してしまう方法も考えられる。

風車は、ブレードを大きくするほどエネルギー収量が

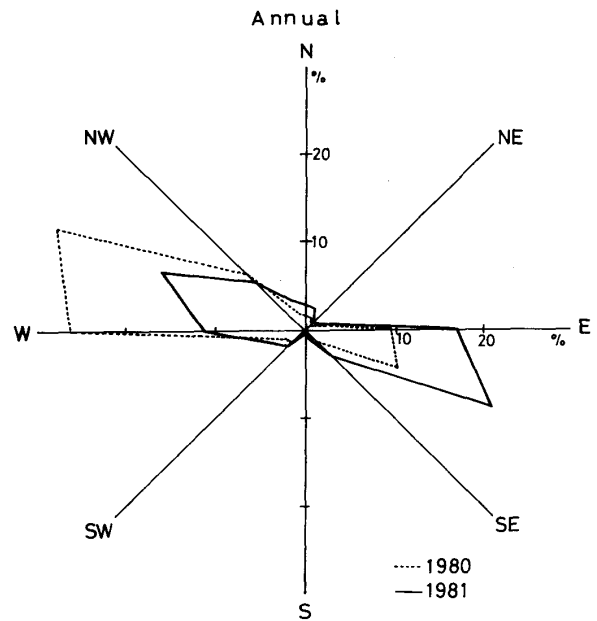


Fig. 5 Annual directional distribution of the wind energy.

多くなるが、大きくするにも問題があり、固定したブレードに集風装置をつけることにより、小さなブレードでも高速回転させることが可能になる。したがって固定していない風車よりもエネルギー収量がより多くなり、より効率の高い風車としてブレードの方向を固定して考えるのも有意である。

3. 3 方位別エネルギー量と平均風速

1980年度、1981年度の年間の風の全エネルギー量を各方位別に求め、合わせて各方位の平均風速、出現度数を示したのが Fig. 6 である。

風エネルギー量は、1980年度においては西北西で最大133 KWH/m²となり、最小は南南西の0.9 KWH/m²でその差が著しい。1981年度では、最大は東南東の70 KWH/m²であり、1980年度最大値の約半分値となった。又最小は南南西の1.5 KWH/m²であった。

2ヶ年共にエネルギー量のピークは西北西と東南東の2方向に存在しているが、最大ピークの方位は逆になった。

方位別平均風速は、風エネルギー量のピークの表われる2方向に近いところでやはりピークを示すが、風エネルギー量の大きい方が平均風速が大きいとは必ずしも言えない。これは、出現度数の大小により影響を受けるからである。

出現度数のピークは東と北西の2方向であり、エネルギー

ギー量のピークの表われる方向に近いが、エネルギー量の大小は度数の大小に必ずしも一致しない。

エネルギー、平均風速、出現度数のグラフは、いずれも西北西と東方向の付近に2つのピークを持っていることが分かった。

ここで各方位の全エネルギーを出現回数で割った平均パワー密度を出し、平均風速と比べてみることにする。**Fig. 7**は、1980年度、1981年度の方位別平均パワー密度と平均風速のグラフである。パワー密度と風速のピークは共に東南東と西の2方位にあり、値の大小はよく対応しているが、エネルギーは風速の3乗に依存することから、平均パワー密度の最大値は最小値と著しく異なる。最大値は西方位で1980年度 285 W/m^2 、1981年度 124 W/m^2 であり、最小値は北東でそれぞれ 5.8 W/m^2 、 6.9 W/m^2 となった。最大値は最小値の約20~50倍の値であった。

平均風速は、エネルギー最大値を与える西方位でそれぞれ 6.15 m/s 、 4.87 m/s と最大となり、もう1つのピークは東南東でそれぞれ 3.72 m/s 、 3.92 m/s となって、年平均風速 (2.94 m/s 、 2.81 m/s) に比べかなり大きな風速となっている。

次に季節別に平均パワー密度と平均風速の方位との関係を示したのが **Fig. 8** である。どの季節にも東方向と西方向の 180° 相対する2つの方位付近に平均パワー密度のピークがあり、西方向の方が値の大きい傾向がある。特に1980年度は春、秋、冬の変動が大きく、最大値は $300 \sim 400 \text{ W/m}^2$ と非常に大きかった。

全国的にみると、夏季、秋季と春季、冬季では風力エネルギーのピークを示す方位が異なる地点が多いが、四季を通じて同一方向の地点も少なくないと報告されている³⁾が、我々の場合は四季を通じて同じであった。しかし変動の値の大きさは、年によって大きく異なることが分かった。

4. 結 び

1980. 4~1982. 3の2ケ年の調査により、風エネルギーの方位変動特性に関して以下のことが明らかになった。

- (i) 季節別にみると、それぞれ特長を持った風向出現度数分布を示すが、年間を通して度数分布を考えると、最多風向は北西、西北西と東、東南東の2方向

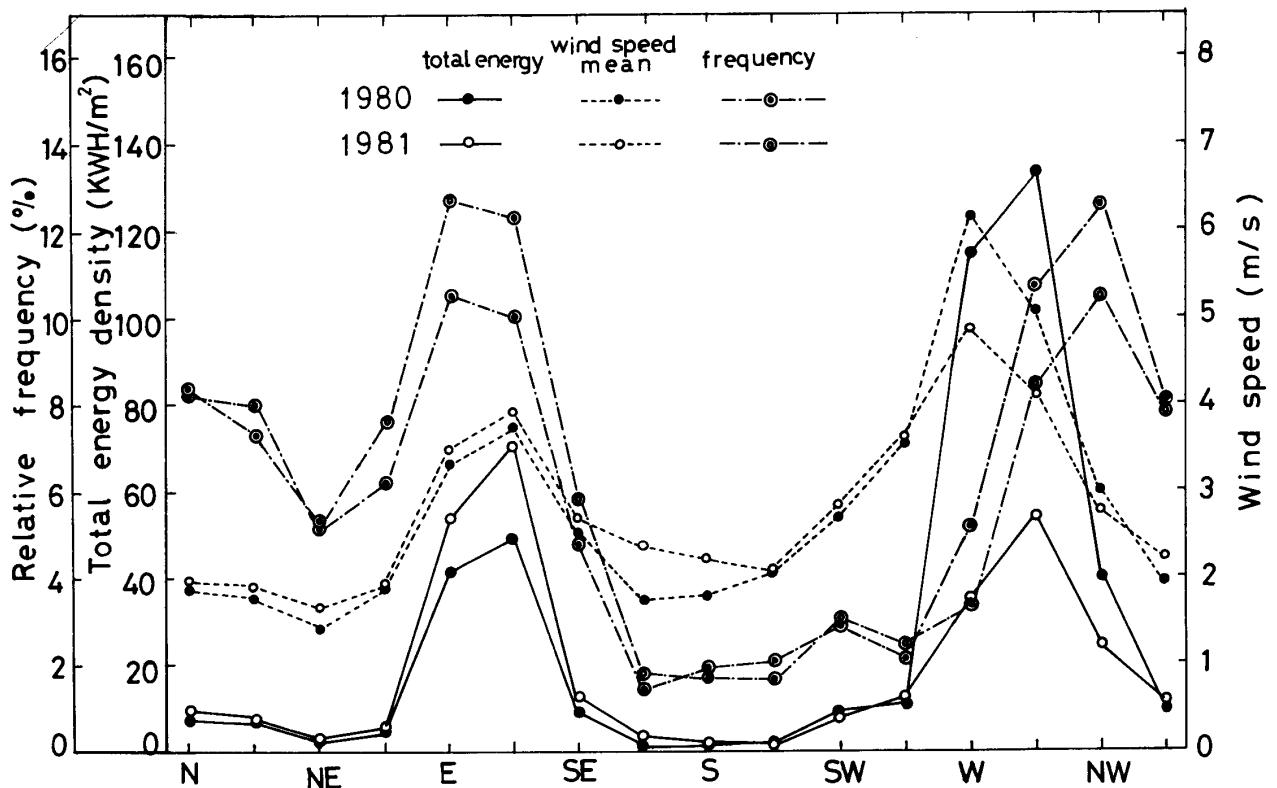


Fig. 6 Mean wind speed, total wind energy density and relative frequency of occurrence in each wind direction.

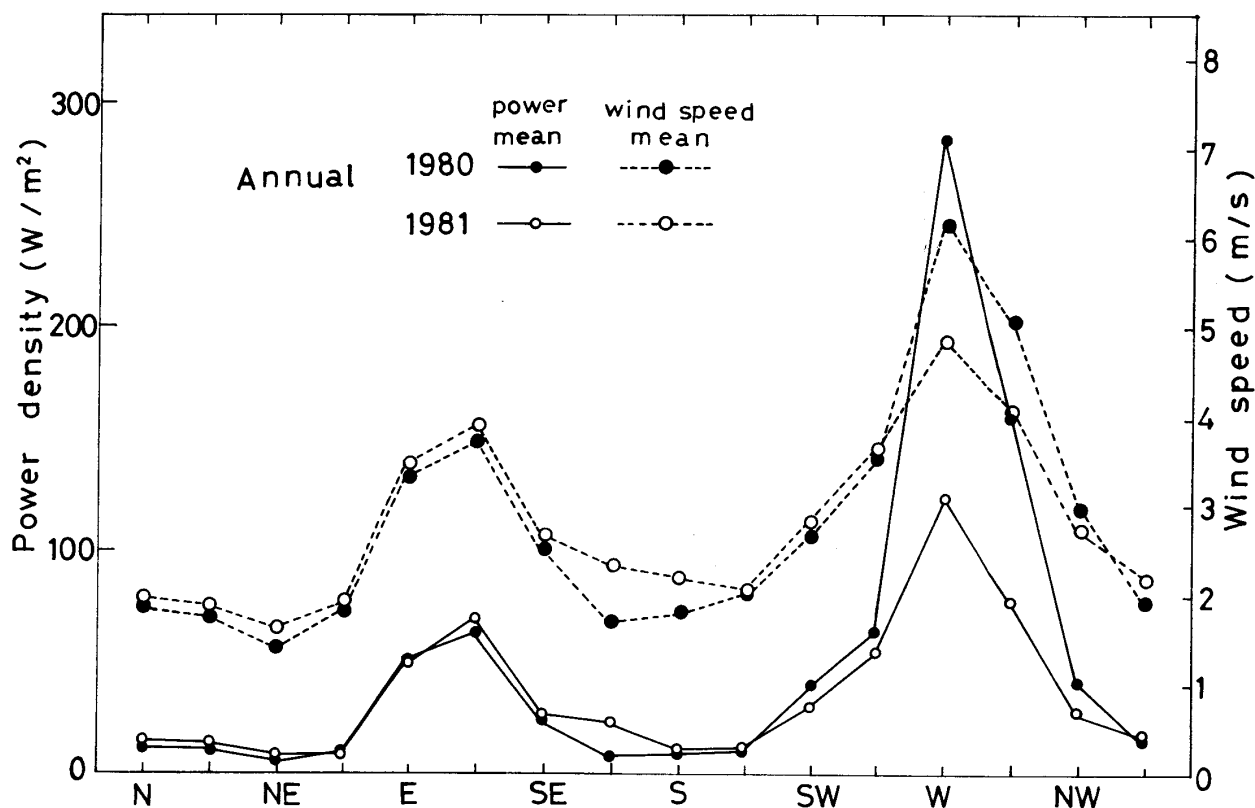


Fig. 7 Mean wind speed and mean wind energy density (total energy divided by frequency of occurrence) in each wind direction.

Annual mean values are shown.

に存在し、2ケ年共にこの4方位合わせて44%の出現度数であった。

- (ロ) 風向の日変化は、昼間に比べ夜間は北東よりの出現率が多くなり、陸風の影響が認められる。
- (ハ) 風エネルギー量は、春季、夏季、秋季には西、西北西と東、東南東の180°相対する方向にエネルギー大きく又冬季は西～北西にエネルギー分布大きく、四季を通じてほぼ70%前後のエネルギーを占めている。
- (ニ) 方位別平均パワー密度と平均風速は、東南東と西の2方位にピークがあり、西方位の方が大きい傾向がある。方位による平均パワー密度の変動の程度は、年によって大きく異なり1980年度は1981年度に比し著しく大きく、例えば最大値は春季の西方で平均パワー密度 402 W/m²、平均風速 7.51 m/s となった。

し、集風板を設けることにより、風車の回転半径を大きくしないで風車によるエネルギーの収集断面積を非常に大きくとれることにより、小さいブレードで高速回転させることが可能となるが、これを今後の課題としたい。

本研究は、昭和55、56年度の文部省科学研究費によって補助されたものである。

以上2ケ年の調査から風エネルギーの方位変動特性の概略をつかむことができたので、今後やるべきこととして、この特徴をうまく利用してエネルギーをより多く収集する方式の検討が考えられる。ブレードの方向を固定

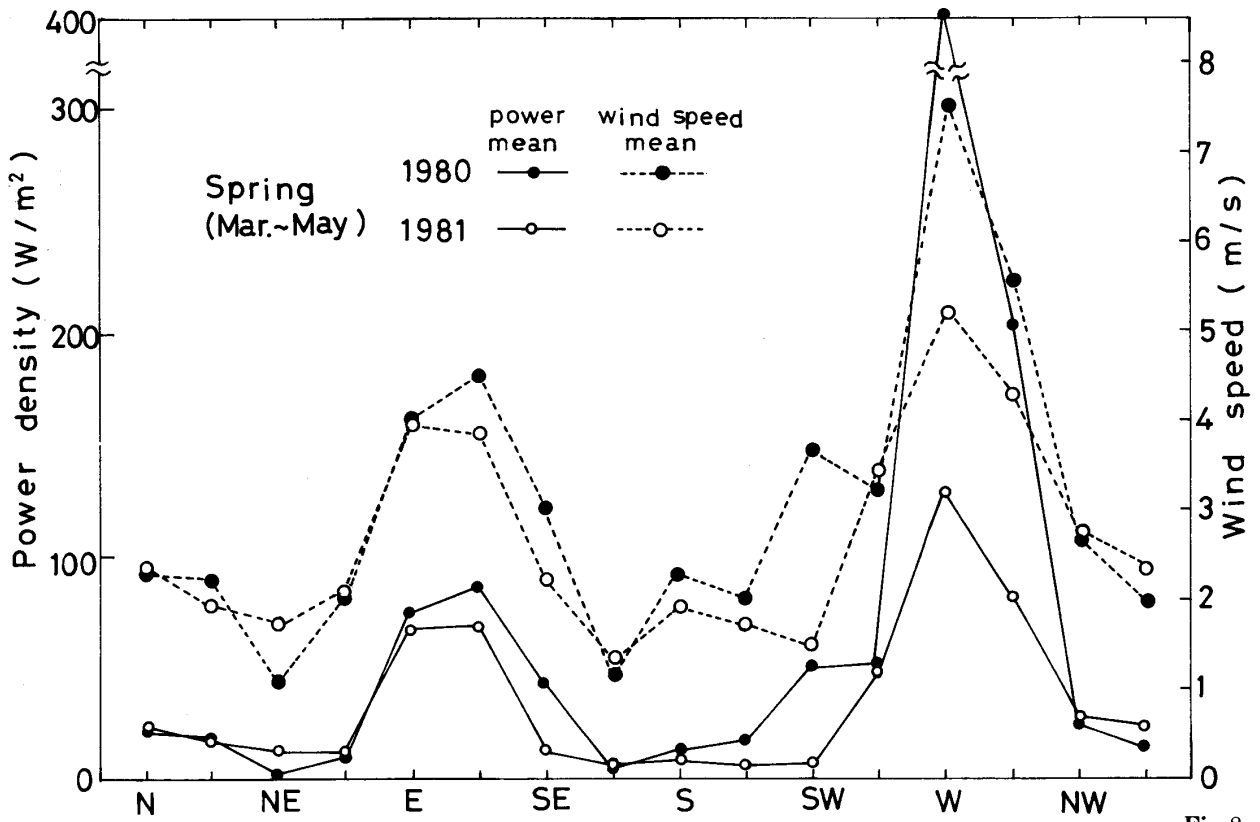


Fig.8-1

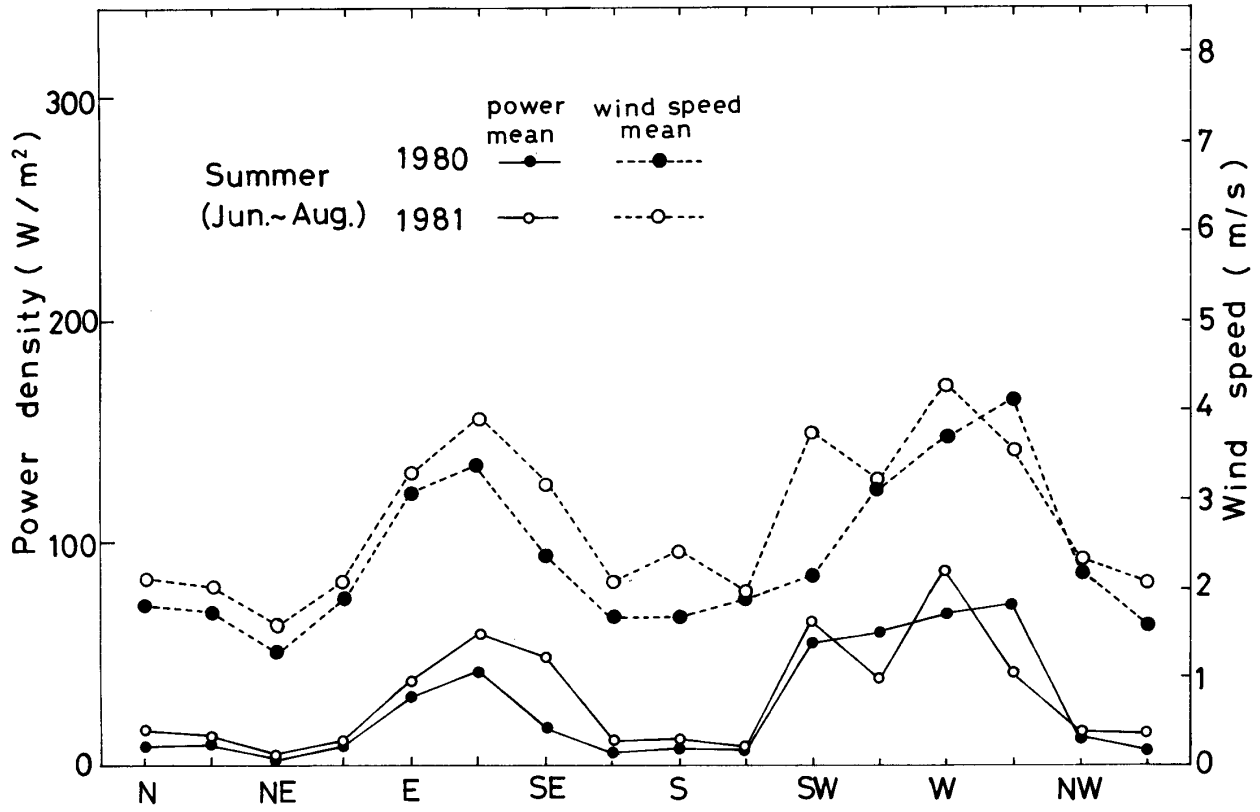


Fig.8-2

Fig. 8 Mean wind speed and mean wind energy density (total energy divided by frequency of occurrence) in each wind direction and over each season.

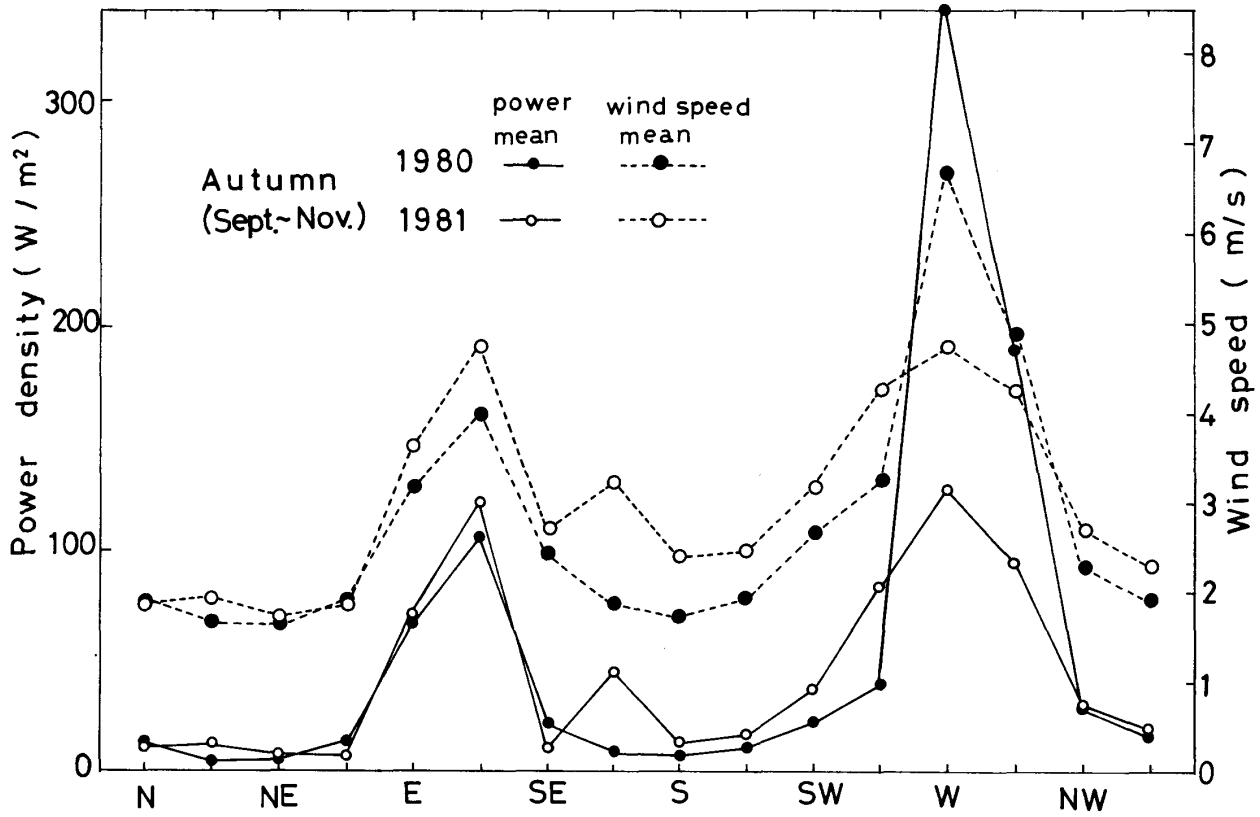


Fig.8-3

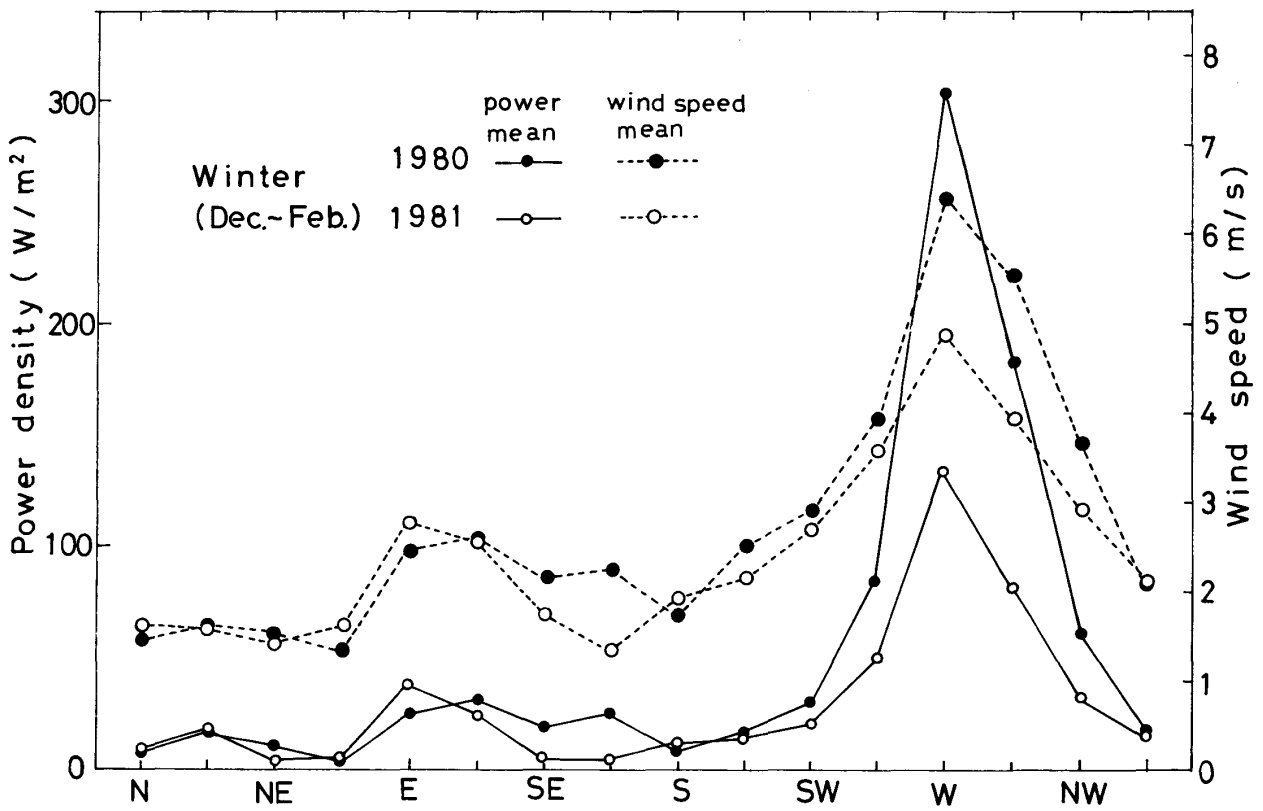


Fig.8-4

参 考 文 献

- 1) 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)
- 2) 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)
- 3) 牛山泉, 三野正洋: 小型風車ハンドブック (パワー社, 1980)
- 4) 宇部市: 宇部市公害対策—30年記念—, (1980, 12)
- 5) 村上周三, 加藤信介, 小峯裕己: “日本列島における風力エネルギーの地理的分布と季節変化に関する研究, 地域気象観測システムの風向風速データによる風エネルギーの全国分布図の作成”, 風工学シンポジウム論文集 (JPN), 6th, P365, (1980)

(昭和57年9月16日受理)