

# 風速及び風向の実験的観測

神 宮      敬\*・川 村 日佐夫\*\*

## On the Experimental Observation of Wind Speed and Direction

by *Takashi Jingu & Hisao Kawamura*

The object of the research work is to carry out the wind power generation feasibility by the experimental observation data of the wind speed and the direction.

We have measured mainly the frequency distribution of the wind speed, and have carried out the average wind speed, the seasonal variation of the wind state and the whole amount of the wind energy.

To plan the large scale wind power generator, the estimations of the whole amount of the yearly wind energy are the most important and essential.

### 1. ま え が き

近時世界的にエネルギー資源の供給不足が見込まれるのに伴い、風力発電が再び見直されるようになってきた。特にアメリカにおいては多額の国家資金が投ぜられ、研究開発が進められつつあり、つい最近の朝日新聞の報道によると、7月2日米政府は1,000万ドルの予算で直径100mの羽根で2,500kWを発電する風力タービンを1979年後半に建設すると発表している。これは米航空宇宙局(NASA)と、米エネルギー開発局(ERDA)の協力で行なわれるものである。NASAはすでにオハイオ州サンダースの近くに、風車の直径38mで100kWの風力発電装置を建設し運転している。

ここで我が国の現状を見ると、無公害の新しいエネルギー資源の開発を目指した、通産省のサンシャイン計画の中にも風力の利用は正式課題として取り上げられていない。しかし、ここ2,3年来NHKの三波川テレビ中継局の電源用<sup>1)</sup>として、又海上保安庁における灯台用電源として、あるいは今年7月電々公社の無線中継所用電源として等々、幾つかの風力発電装置の試作、実用化の事例が発表されるようになり、又メーカーでは富士電機が出力300Wの風力発電装置<sup>2)</sup>を発表するなど、風力発電が見直される気運にあることは事実であるが、これらは何れも遠隔の地で電気を引くよりもコストが安くつくことなどが開発の動機で、必ずしも大規模エネルギー源として風力発電の開発をしようとするものではないようである。

かかる状況において筆者らは、本学の所在地が多摩丘陵の北端に位置し、標高152mで周囲が良く開け、比較的風当りの良い地形にあることより、最適地とは云えないまでも、

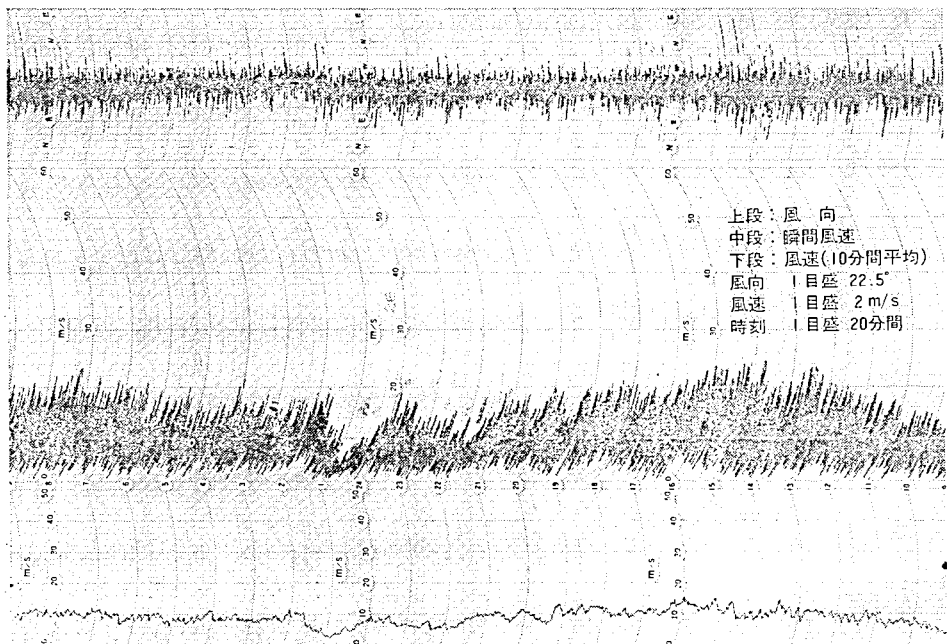
\* 理工学部機械工学科教授      機械設計製図

\*\* 理工学部電気工学科助教授    電気機械

風力利用に関する研究を行なうには恵まれた場所である、との判断に立ち、エネルギー源としての風力利用の可能性を追求するため、近い将来試験用風車発電機を設置し、研究を行なう基礎試料を得る目的で、昭和51年10月5日より継続して風況観測を実施している。本文は観測当初より52年6月末まで9ヶ月間の観測データを整理し、風力に関する幾つかの問題点について調べ、検討を加えたものである。

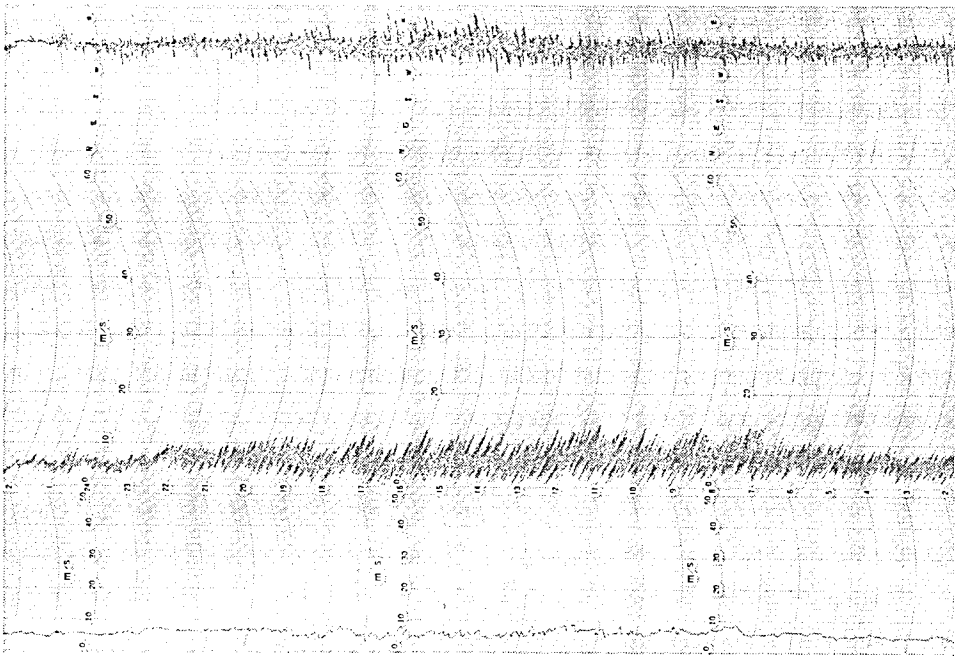
## 2. 観測場所並びに方法

観測には中浅測器製 AV-7 型（プロペラ型）風向風速自記々録計（気象庁検定付）を用い、設置場所は本学構内 4 号館校舎塔屋上で、設置場所は地上高 32m、標高 184m である。記録計の記録紙上には、風向・瞬間風速・平均風速（10分間平均値）<sup>3)</sup> の要素が、ペン書きで同時に連続記録されるようになっている。尚気象用語で通常風速と称しているのは、10分間平均風速である（その時点より以前 10 分間の瞬時値が平均されたもの）。第 1 図は実際の記録の例を示した、(a)図は低気圧による強風が長時間継続している場合、(b)は中程度の季節風が継続している場合、(c)は周期的に変化する風速の例である。



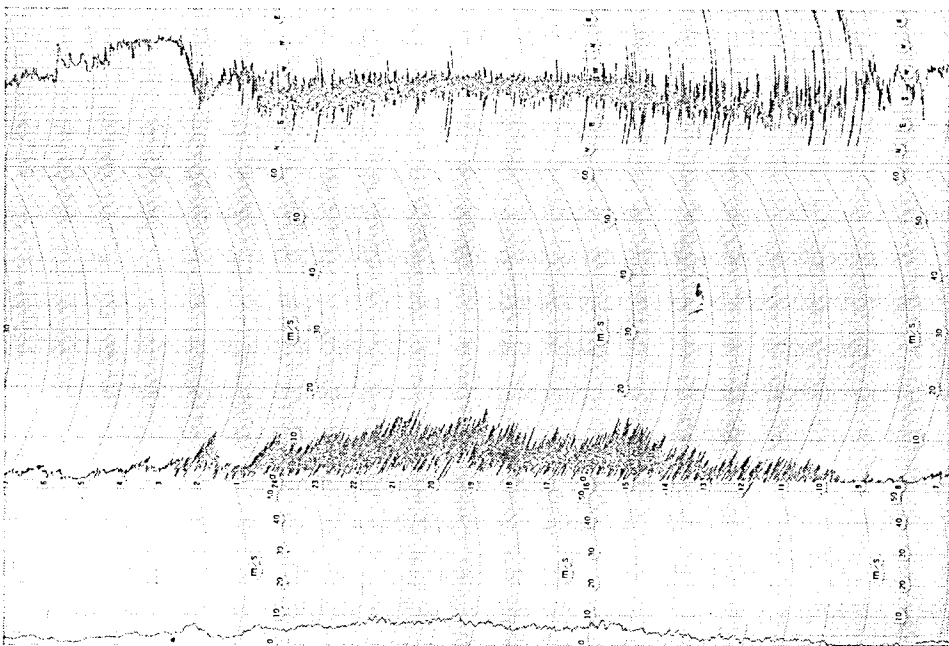
5月1日午前9時～5月2日午前9時

第1図(a)



2月11日午前2時～2月12日午前2時

第1図(b)



2月25日午前7時～2月26日午前7時

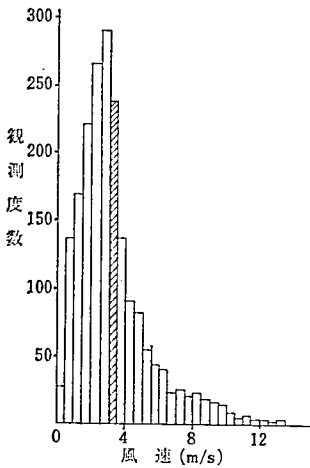
第1図(c)

### 3. 風速階級別頻度分布

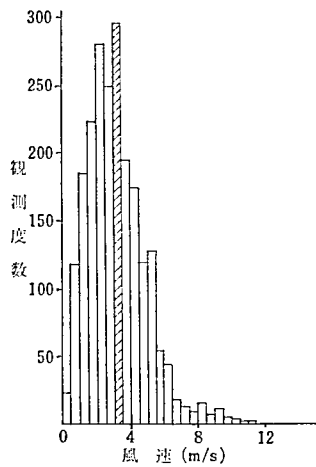
或る場所で風力の利用を計画する場合、先ず風力エネルギーの事前評価が必要であるが、評価を的確に行なうためには、長期間の風速測定値より、風速を段階的に区切り、その階級毎に観測の頻度を求め、それより平均風速・風力エネルギーの総量、利用可能な風速の延べ時間数等を調べなければならない。そこで先ずこの風速階級別頻度分布を求める。

風速 (m/s) を 0.5m/s 毎に分級し、記録計の記録紙上より時間目盛の 1 目盛(20分間隔)毎に風速 (10分間平均風速) を読み取り、各風速階級毎に月別に集計しヒストグラムを作る、これが第 2・1 図～第 2・9 図である。20分間毎に読み取りをしているので、20分間と同じ階級の風速が継続するものと考えれば、各風速階級毎の累積時間数はヒストグラムに表われた観測度数の 1/3 である (図中斜線部分は平均風速値を含む風速階級)。

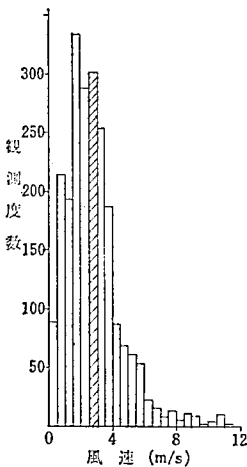
第 2 図 風速階級別観測頻度分布



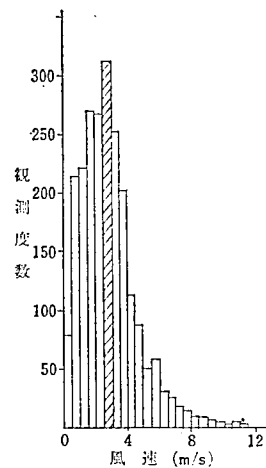
第 2・1 図 S. 51年10月 (27日間)



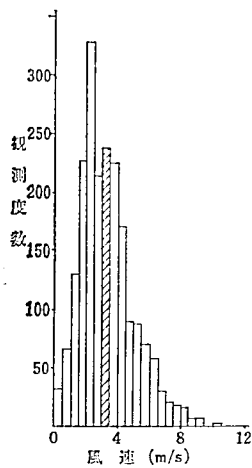
第 2・2 図 S. 51年11月



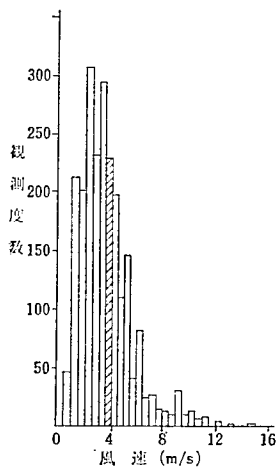
第 2・3 図 S. 51年12月



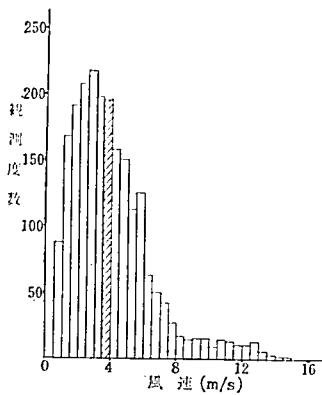
第 2・4 図 S. 51年1月



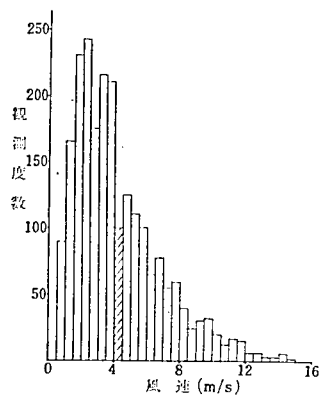
第 2・5 図 S.52年 2月



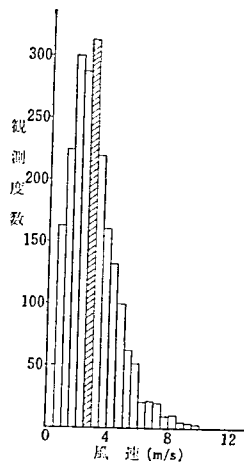
第 2・6 図 S.52年 3月



第 2・7 図 S.52年 4月



第 2・8 図 S.52年 5月



第 2・9 図 S.52年 6月

第1表 月別平均風速 (m/s) S. 51. 10~52. 6

月別 場所	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	平均
明星大学	3.23	3.19	2.72	2.80	3.32	3.52	3.99	4.15	2.83	3.30
気象庁	2.57	2.58	2.63	2.82	2.95	2.87	3.75	3.20	2.57	2.88
銚子	4.03	4.70	4.22	3.88	4.11	4.55	4.95	4.09	4.30	4.31

#### 4. 平均風速と風況曲線<sup>4)</sup>

風速階級別頻度分布を元に、各月毎と全期間を通じた平均風速を計算し、第1表に示す結果を得た。第1表には比較のため東京都内の気象庁と銚子地方気象台における同期間の平均風速が加えてある。本学の月別平均値をグラフにしたのが第3図である。

尚気象庁と銚子の数値は、定時観測のデータ（3時間毎）を入手し、本学の場合と同様の方法で計算したものであるが観測度数が荒いので精度は稍落ちる。

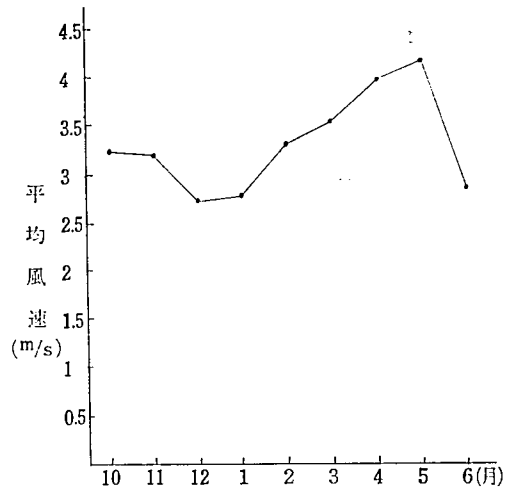
第1表を考察すると同じ東京都内においても本学（日野市）の観測地点と気象庁（千代田区）とを比較すれば、本学の方が全期間を通じ風が強いと結論付けられる。理由は周辺の地形と環境の影響が大きいと思われる。

又一見平均風速の差は僅か（0.42m/s）のようであるが後に示すようにエネルギーの累積値では大きい差を生ずるものである。本学における平均風速の月別の変化を見ると、7・8・9月が未観測であるから、稍推論になるが、風の比較的強い時期は春先から初夏にかけてであり、季節風が強いと思われた冬期は意外に風が弱いことがわかる。

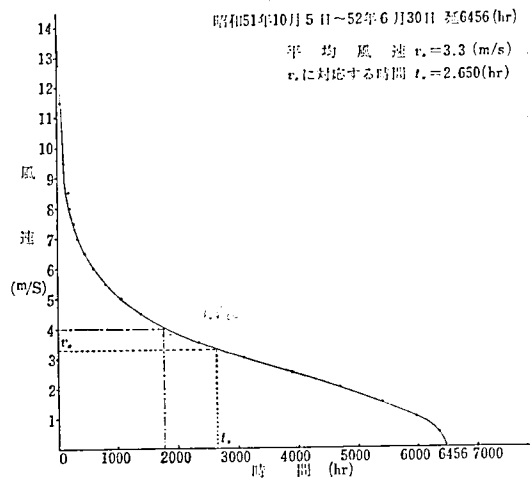
次にこの観測の全期間中で、ある風速以上の風が吹いている時間の累積値を9ヶ月間の頻度分布の合計より求め、時間数を横軸、縦軸に風速を取って曲線に画いたものが第4図の風況曲線である。

このグラフにおいて、風車を運転し得る最低風速を  $v_{\min}$ 、最高風速を  $v_{\max}$  としてその値を決めれば、全期間を通じての風車の運転可能時間が求められることになる。

第4図より今回の観測期間中に本学で平均風速以上の風が吹いた時間数を求めると2,650 hr となり、全期間6,456 hr に対し41%となる。又風速4m/s以上であれば1,785 hr で全期間に対し27.6%となる。空気機械工学便覧によると、『1箇年間に4m/s以上の風が2,000 hr 以上得られれば、風力の利用は経済的に成り立つとの評価がある』<sup>5)</sup>という記載がある。このことと比較して見ると、年間2,000hrは1箇年間の総時間数8,760 hr に対して22.8%であり、本学における今回の観測期間で4m/s以上が27.6%という値は年間ベース2,000hr以上を超えていることになる、但し未観測期間（7～9月）の風が極度に弱くなれば別であるが年間ベースで2,000hrを下まわることはないと思われる。



第3図 月別平均風速の推移



第4図 風況曲線

## 5. 風力のエネルギー

エネルギー源として風力の利用を考える場合、重要なことは風速よりむしろ、風速の3乗に比例する風のエネルギーがどれ程になるかということである。風速と風力のエネルギーは正比例しないから、平均風速だけを見ても風のエネルギー即ち風力を的確に評価することはできない。各風速階級毎にその単位受風面積当りのエネルギーを計算しておけば、各風速階級毎の年間総出力が求まり、更にそれ等を合計すれば年間全出力が計算できる。我が国の風に関する気象データとしては、地点別月別平均風速、風速階級別度数表等はあるが、風のエネルギーそのものを求めたデータはないようである。風力発電を考えるなら、年間の利用し得るエネルギーの総量についてのデータが必要であると思う。

単位受風面積当りの風力のエネルギーは次の式で計算できる。

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad \text{W/m}^2$$

$\rho$  = 空気密度 (重量)  $1.2 \text{ kg/m}^3$  ( $20^\circ\text{C}$ )

$V$  = 平均風速  $\text{m/s}$

風速階級  $0.5 \text{ m/s}$  毎について、この式より各階級の中心風速値について単位受風面積当りのエネルギーを計算したのが第2表である。この表から見ても風のエネルギーは風速の僅かの差でも非常に大きく変ることが直ぐ理解できる。ある期間の平均風速が同じであっても、風力エネルギーの総量が全く同じとは限らない。電気工学でいうなら平均値が同じでも実効値が異なる、という関係と似ている。又総エネルギーが大きいといっても、風車によるエネルギー利用の立場で考えると、台風による強風が多いような場合はその強風を有効に利用することは困難で望ましくないことになる。結局その場所が風力利用の適地であるかどうかの評価は、最終的にはその場所における1箇年間のエネルギー累積値の大小と、風速に対する累積エネルギー分布がどの程度の風速範囲にあるかが重要な要素になると思う。

第2表 単位受風面当りのエネルギー

風速階級	中心風速	風のエネルギー $W/m^2$
0～0.5	0.25	0.009
0.5～1.0	0.75	0.253
1.0～1.5	1.25	1.17
1.5～2.0	1.75	3.21
2.0～2.5	2.25	6.83
2.5～3.0	2.75	12.5
3.0～3.5	3.25	20.6
3.5～4.0	3.75	31.6
4.0～4.5	4.25	46.1
4.5～5.0	4.75	64.3
5.0～5.5	5.25	80.8
5.5～6.0	5.75	114
6.0～6.5	6.25	147
6.5～7.0	6.75	185
7.0～7.5	7.25	229
7.5～8.0	7.75	279
8.0～8.5	8.25	337
8.5～9.0	8.75	402
9.0～9.5	9.25	474
9.5～10.0	9.75	556
10.0～10.5	10.25	646
10.5～11.0	10.75	745
11.0～11.5	11.25	854
11.5～12.0	11.75	973
12.0～12.5	12.25	1,103
12.5～13.0	12.75	1,243
13.0～13.5	13.25	1,396
13.5～14.0	13.75	1,560
14.0～14.5	14.25	1,736
14.5～15.0	14.75	1,925

このような見地より3.で求めた月別の頻度分布より月毎に各風速階級毎のエネルギー累積値を第2表を用いて計算し、更にそれらを全期間について集計し、全期間中の総エネルギー量を求めた。その結果が第3表である、第3表には第1表と同様、気象庁と銚子のデータについても計算し入れてある。第5図はそのグラフであり、月別のエネルギー累積値の推移を示す。

第1表と第3表又は第3図と第5図を比較すると、エネルギー累積値の変化は平均風速の変化の割合よりも大きくなることがはっきりわかる。このことは我が国のように四季による気象変動の大きい場合には、風力利用についての評価をするについて、平均風速だけでなく、最低1箇年を通じての利用し得るエネルギーがどれ程になるかを調べるのが是非必要であることを示している。

次に本学におけるエネルギー累積値の合計について、風速階級別の分布をヒストグラムに表わすと第6図のようになる。この図を第2図の月別風速階級別観測度数分布の各月のヒストグラムと比較すると、第6図より累積エネルギーが最大となる風速段階は5.5～6.0m/sであり、第2図の観測頻度分布のピークが3m/s以下の風速階級に現われているのに比べて大きい差がある、当然平均風速に比べても遙かに高い風速である。

実際に風力を発電に利用するとすれば、このエネルギーが全部利用できるものではなく、どの範囲に風車の稼動風速を決めるかにより、全エネルギーの中のどれ程が利用できるかが決まることになる。た

例えば第6図について、有効利用範囲を4m/s以上10m/sとすれば、その間のエネルギー累積値は218.23kWhで全エネルギーに対して63.8%となる。上限を12m/sまで拡大すると258.41kWhで75.6%、更に下限を3.5m/sまで拡大すると273.48kWhで、全エネルギーに対し丁度80%になる。そしてどの場合も上限以上の部分は全く利用できないわけではなく、風車の速度が許容限度を超えたり、発電機が過負荷とならない方策が講ぜられるなら、上限の風速に等しい風として利用することは可能であろう。先に風況曲線より求め

第3表 月別エネルギー累積値 (kWh)

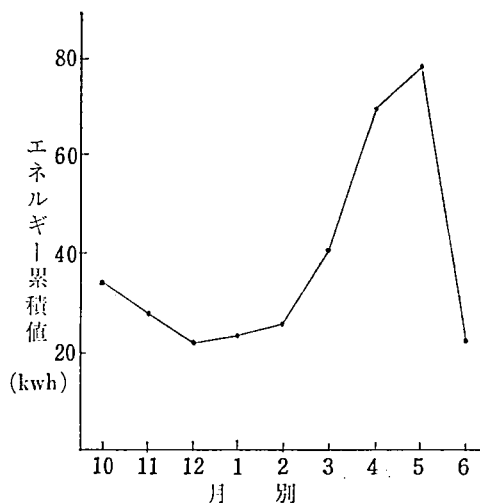
場所	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	合計
明星大学	34.62	27.46	21.43	22.83	25.92	40.36	69.25	78.73	21.25	341.85
気象庁	29.86	20.83	19.38	22.81	21.37	28.49	67.51	46.01	12.22	268.48
銚子	70.97	96.21	65.08	50.41	51.38	82.03	104.11	61.63	62.98	644.80



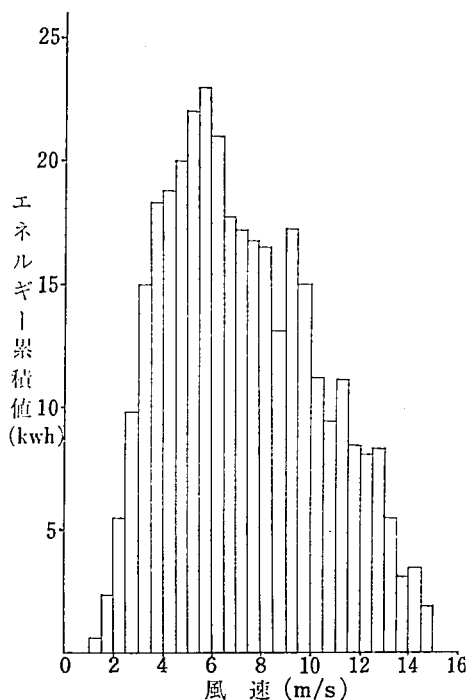
た 4m/s 以上の風速の時間数が全体の27.6%であるということ、4m/s 以上 12m/s までのエネルギー累積値が総エネルギーの75.6%を占めるという二点から観察すると、本学附近のように比較的風が強いと思われる处であっても、エネルギー的に利用し得る価値のある風は全体の時間に対し1/4強であることが一層はっきりする、そして人の肌に今日は少し風がある、と感じさせる程度の2~3m/sの風は時間数的には非常に多いが、エネルギー的には極めて小さく利用価値の低いことがわかる。風力発電を考える場合その目的が小規模な独立電源で、発生した電力を電池に蓄え、常に一定の大きさで電力を使わなければならないような用途であれば、長時間の発電停止は、蓄電池設備の容量を過大にするから、3m/s 以下の弱風も利用する工夫も必要になる。このような用途ではエネルギーの総量よりも風車の運転時間の長さ、あるいは継続性により重点がおかれるからである。しかし大規模エネルギー源として風力発電を考えるなら、独立電源としての継続性・安定性より送出エネルギーの大きいことが望まれるから、エネルギーの極めて小さい低風速域をあえて利用する必要はない。

ここでもし本学構内に、今回の観測と同一の風況下に風車を設置したものとして、年間どの程度の電力が得られるか計算して見よう。直径5mの風車を想定すると、受風面積は19.62㎡で、風速に対する利用範囲を4m/s~10m/sとし、簡単のため10m/s以上では発電を停止するものとして、受風面に供給されるエネルギー総量は、先に求めた単位受風面積当りのエネルギー累積値を用い  $218.23(\text{kWh}) \times 19.62(\text{㎡}) =$

4,282kWh となる、実際の発電々力量は装置全体の発電効率を平均25%と仮定すると1,070kWhになる。これは観測期間9ヶ月に対応するものであり、1箇年間ではこの20%増とすると、年間1,284kWhとなる。同様に計算して利用風速範囲を4m/s~12m/sにすると、年間発電は1,521kWhとなる、更に3.5m/s~12m/sとすると1,609kWhとなる。風車の直径を2倍の10mとすると、受風面積は4倍となるから、それぞれの場合について、



第5図 月利累積エネルギーの推移  
(単位 受風面積当り)

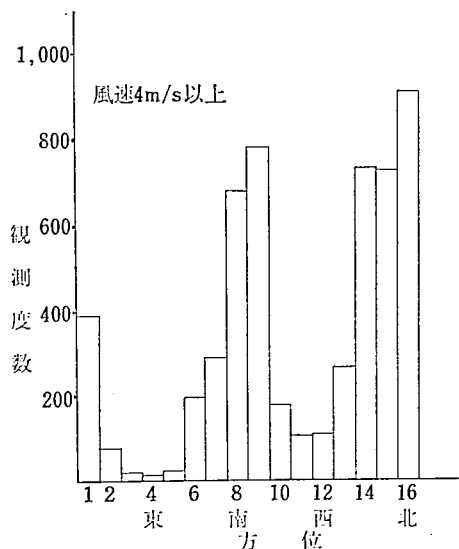


第6図 風速階級別エネルギー分布  
(単位 受風面積当り)

5,136kWh, 6,084kWh, 6,436kWh となる。これらの数値は大ざっぱな計算ではあるが、実際の観測結果に基くものであるから、現実性は高いものと考ええる。

## 6. 風向別頻度と本学附近における風の性格

風力発電を考える場合、風車の向きが何時も風の方向に向くような構造とすれば、風向は何等関係ないことになる。しかし風車の設置場所を決める場合、当然強風時の風向に対し風が吹き抜けるような地形を選定することが望ましく、風向に対して風を遮ぎるような地形では望ましくない、したがって或る地域において風車の設置場所を決める場合、事前に強風時の風向がどの方向に多いかを調べることは有益である。又風力利用の見地からある地域の風を考える場合、風速が最も重要な要素ではあるが、なるべくなら平均風速が大きく、しかも台風などを除いて、風速の変動幅が小さい方が良い。このような点を考えて、本格的風力の利用を計画するに際しては、風の強さばかりでなく、風の性格（気象上如何なる原因による風か）とでも云うべきものを考慮する必要があるように思われる。風のエネルギーの源は太陽エネルギーであり、それに地球自転の影響が加わっている、大きく云えば地球的規模での大気の循環であるが、風の吹く原因を局所的に見ると、恒常的な季節風の場合もあり、移動する低気圧や台風の場合もある。或る処における風は、その原因が何であるかにより、風速・風向・継続性・安定性などの性格が変わって来る。その地域における風の強さと風向の関係を調べれば、風の吹く原因が気象的にどんな理由による場合が多いのかを知ることができると思う。一般には或る地方における風の性格は、長期間の気象観測データにより明かにされていて、改めて調べる必要のないことかもしれない、しかし局所的に見た場合、そうした一般論的なものが当てはまるものかどうか、確かめる意味で、本学における今回の観測結果について風向別の観測頻度を調べて見た。月別に16方位毎に、風速 4m/s 以上の観測頻度を集計し、更に9箇月間の合計をヒストグラムとしたのが第7図である。そして月別の集計より、月毎に方位別度数の Best 3 を選んだのが第4表である。



第7図 風向別頻度分布

第7図と第4表を見れば観測の全期間を通じて、本学附近では、4m/s 以上の風は北又は南寄りの風が大部分であり、年間を通じて強風は南北の方向に吹き抜けることが多いことになる、そして第7図によれば北寄りの風が最も多い、しかし夏期7・8・9月は南寄りが多いことを考慮すると、1箇年間では南寄りの方が多くなるかもしれない。そして月別の順位 Best 3 を見ると晩秋11月から冬期2月までは北寄りの風が多く、初春3月から初夏にかけて風は次第に北から南に変る、と云う変化が見られ、これは本州附近における、一般的な気象状態に一致している。しかし第1表あるいは第3図の月別平均風速との関係で見ると、冬期12・1月において最も風は弱く、南風

第4表 月別風向別観測度数順位

順位	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
1	北西	北西	北々西	北々西	北	北	南々西	南々西	南
2	西北西	北々西	北西	北西	北々東	北々東	北	南	北
3	南々東	西北西	西南西	北	北々西	南々西	南	北	北々西

の次第に多くなる初春3月から初夏5月にかけて最も風が強い、そして9月は未観測ではあるが、9月から10月にかけて風向は南より北が多くなり、その時期風も稍強まることがうかがえる。このことは先に平均風速の項でも若干触れたが、少なくとも観測結果で見ると、本学附近では初春から初夏頃に最も風が強く、そして秋口から晩秋にかけ、一時風の強まる時期があることになる。これは我が国では一般的に冬期に風が多いとされていることと、若干食い違っているように思われる。寧ろ寒候期と暖候期の变り目に風が強く、冬期と夏期に風が弱いと云うべきであらう。

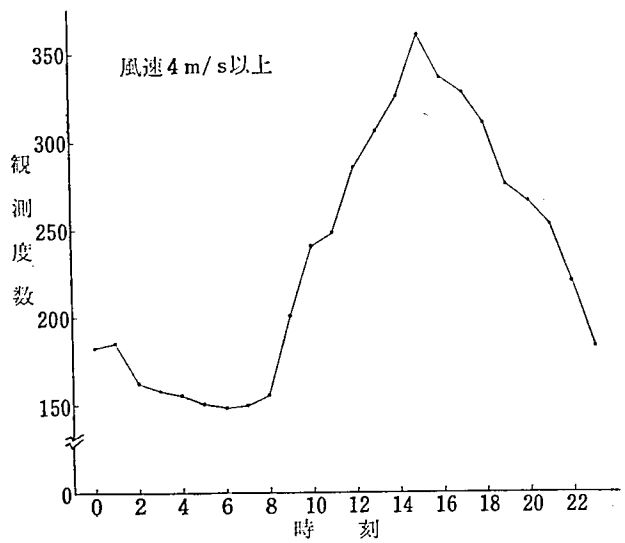
一般に我が国では冬期西高東低の気圧配置となり、北西の季節風が強まるとされているが、それならば北西乃至北の風が多い時が平均風速も大きくなって然るべきである。しかるに本学の今回の観測結果で12・1月に一番平均風速が小さいということは、冬期の季節風は予想外に弱いことが原因であり、3・4・5月あるいは10月頃に風が強く、しかも南風が強い場合が多いということは、時期的にもその原因は本州附近を通過する低気圧によりもたらされるものであることは確かである。特に秋口又は春先から初夏の頃日本海方面に進んだ低気圧が発達すると、関東では始め強い南寄りの風が吹き、低気圧が北日本の北東海上に移動し、大陸から高気圧が張り出して来ると、風は南から北に変わる、10月あるいは、3・4・5月に南寄りの風について、強い北寄りの風が多いのもこの理由による。

今回の観測期間において、冬期の季節風が弱いことの理由についてもう少し検討してみると、今冬の季節風が関東地方では例年より格別弱かったことも考えられるが、本学の地理的条件、即ち関東平野の南西の端に位置し、西北には、奥多摩の山々が控え、南側には多摩丘陵の陵線が横たわっている。このような周辺の地形が広い関東平野を吹き渡る冬の季節風を弱めるように作用しているかもしれない。

## 7. 風速 4m/s 以上の時間帯別頻度分布

1年を通じて見た場合、1日の中で何時頃の時間帯に風が多いかということを知るために、観測の全期間を通じて 4m/s 以上の観測度数を、1時間毎の時間帯別に集計しグラフに表わした、第8図がそれである。

先に述べたように風の吹く原因は季節風であったり、低気圧であったりするが、風は必ず昼間に吹き夜間静まるというものではない、しかし一般に風速は日の出と共に次第に強まり、午後に最大となり、日没から弱まり早朝が一番静穏になるものとされているが、第8図を見ると、明かに年間を通じて、4m/s 以上の風は昼間に吹くことが多いことを示している、勿論1日毎を見れば夜間に多い場合もあり得る。一般に日中風が強くなる理由は、日中気温の上昇により、大気の循環が盛んになるためとされている。特に低気圧の接近がなく安定した晴天時でも、昼間の午後に風が強まることがあるが、これは内陸部で直射日光により温められた上昇気流が生じ気圧が低くなり、海側あるいは気圧の高い方向から風が吹き込むからで、逆に夜間は地表附近が冷えると下降気流となるから風は弱くなる。例外



第 8 図 時間帯別観測頻度分布 (風速 4m/s 以上)

もあるが季節風も早朝は弱く日中強まり夜に入ると再び弱まることが多い。

第 8 図において午前 9 時台から 20 時台までの観測度数を累計し、全体の度数に対する割合を調べると約 63% になる。このことは電力資源として風力利用を考える時、極めて都合の良いことである。人間の社会活動の盛んな時間に、より多く発電することができるからである。

8. 最大風速と瞬間最大風速

風力発電装置はその性質上、一度設置されれば、台風などの異常な強風にも安全に耐えるものでなければならず、そのために設置場所における、最大風速がどの程度かということは重大な問題である。しかし台風による最大風速を 1・2 年の観測から予測することは現実的ではなく、それは過去の長年月に亘る、その地方の気象データより推定する方が妥当である。けれども瞬間最大風速と最大風速の比、あるいはその地点における台風以外の最大の強風は、何が原因か調べることは無意味ではない。

観測全期中について月別に出現した、瞬間最大風速と 10 分間平均風速の最大値（一般に最大風速と称されているもの）、並びにその時の風向を調べたのが第 5 表である。月別最大風速も平均風速の大きい 3・4・5 月においてより大きく、風向は 10 月と 1 月を除き、南乃至南々西の風であり、異常な強風は南寄りの場合が多いと云える。10 月は低気圧が本州南岸を通過した場合、1 月は季節風が強まった時、他は全部日本海を低気圧が通過した場合に出現している。

第 5 表 月別最大風速と最大瞬間風速 m/s

種判\月別	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
瞬間最大	22	19.5	20.8	20	20	26.6	29.5	24.9	19.2
最大	14	11.5	12	11.5	12	15	19	15	10.5
風向	北西	南	南々西	北西	南々西	南	南々西	南々西	南

第5表より本学附近の強風は、台風を除けば、低気圧による風又は季節風で、瞬間最大風速が 30m/s を超えること、又最大風速が 20m/s を超える可能性は少ないことがうかがえる、又瞬間最大風速は、最大風速（10分間最大）の2倍を超えることはなさそうである。風車のためには瞬間最大値は最大値に対し、あまり大きくないことが望ましい。

## 9. 考 察

以上の観測結果の分析を参考にして、我が国における風力発電の可能性について若干考察する。まえがきにも述べたように、我が国の風力発電の研究が、小規模な特殊用途に限られているのはなぜか、その最大の理由は我が国の地理的条件が太平洋と大陸に挟まれ気象変化が激しく、大陸の大平原に吹くような恒常的な風が少なく、無風期間が長く続いたり、台風による異常な強風による装置破損の危険も大きく、エネルギー源としての安定性・継続性・信頼性に欠け、継続して一定の大きさの出力を要求される大規模電源としては、風力発電は成り立たないと考えられていることによると思う。

しかし昨今世界的にエネルギー資源の不足が問題になっている時に、しかもエネルギー資源の大部分を輸入に依存している我が国の現状を考えると、全く無公害の自然エネルギーである風力の利用が、もっと積極的に取り上げられて然るべきであると思う。我が国でも年平均風速が 4.8m/s を超える強風地点として、室戸・御前崎・富崎等の岬、温泉岳・伊吹山・箱根・筑波山・岩手山等の例が古くから知られている。一般に海岸・岬・島嶼・山岳地方に強風が多いのは当然であるが、そのような場所にかぎらず、全国各地を調べれば適地は多数ある筈である。又その評価は単に年平均風速だけによるべきでなく、利用可能な1箇年間のエネルギー総量で経済的評価をするべきであると思う。今回の観測結果でも9箇月間の平均風速は 3.3m/s でその値は小さい、しかし風速 4m/s 以上の時間が年間 2,000hr を超えるということは注目に価する。風力発電を考えた場合、年間を通じての風車の運転時間が短いことは、一見設備の利用率が低いことになる。しかし発生する電力量が同じであれば、運転時間の長短に関係なく、量的に見た効用は同じである。

現在我が国では数年前に電力危機に見舞われる恐れがあると取り沙汰されているが、この問題には二つのポイントがある。その一つは発電所の電力供給能力が、最大需用電力に対して不足するという事、もう一つは電気エネルギーの源となる一次エネルギーの供給不足の恐れである。しかし現在ではどちらかと云うと、前者に重点が置かれ、いわゆる電源立地の問題もからんで昭和60年頃までに必要な火力・原子力発電所が新設できるかどうか心配されている。しかしやや長期的に見た場合、我が国が置かれている立場を考えると、後者の方により重大性がある筈である。なぜなら前者は単位時間に供給し得るエネルギーの大きさの問題であり、電力の場合には特定の時間に負荷が集中することを抑制することでもある程度解決できる、けれども後者の問題は電力ばかりでなく、我が国全体で必要とする一次エネルギーとしての石油や原子力資源の輸入が出来るかどうかにかかっている。いくら発電所を建設しても、そこで焚く石油・ウランが不足すれば、それは絵に書いた餅である。電力問題もエネルギーの大きさよりも、エネルギーの量の方により一層重要性があると考えなければならない。

このような立場で考えると風力の利用はその安定性・継続性等の点で利用価値が低いとする見解はおかしいと思う。たとえば太陽エネルギー利用の一つである太陽熱発電にしても、それらの点で風力より勝るとしても、曇天雨天では出力が大幅に低下し、希望する時

に希望する出力が出せるとは限らず、お天気任せになることにおいては変りがなく、自然エネルギーを利用する限り真に安定性・継続性のあるものはあり得ない。

筆者等が風力発電について持っている見解を述べると、電力の供給は、水力・火力・原子力・地熱等全国の発電所は送配電線網により連携し互にバックアップ体制を取り、その時々需用に見合う電力を発生しているのであるから、どんな発電所でも、単独に特定の負荷に電力を供給するということはないのである。したがって風力発電の場合も既存の送配電線に接続し、発生した電力が直ぐ消費されてしまうような発電方式とすれば良い（風が弱くなり発電しなくなった時には自動的に切り離される仕組みとする）、風力発電の不安定性（単時間に繰り返される風の息つきが原因）は同一地点に多数基を設置することで改善できる筈であり、継続性の問題は全国各地に風車が設置されれば、風力によって常にある程度の電力が確保出来、出力が全く零になるとは考えられない。勿論長期的には全国的に風の弱い時期強い時期があり、短期的には1日毎でも出力に差は生ずるであろう。けれども要は自然エネルギーの利用で、我が国の石油の輸入が不必要になると云うのではなく、それによって火力発電所が焚く石油の量を、その分だけ減すことが出来る筈であり、石油の節約になる点に重要性がある。現在我が国では全消費エネルギーを10%節減することは容易でなく、家庭用テレビのブラウン管の予熱電力（1台当り2～3W程度）さえ問題にされている。それならばたとえ消費電力の1%でも、あるいは0.1%でも無公害のクリーンエネルギーを開発することは是非必要なことであると思う。

## 10. む す び

今回の風況観測の目的であつた、本学の構内が風力発電の研究地点として適当かどうかを考えると、平均風速は3.3m/sでやや小さく、累積エネルギーも十分とは云えないが、東京の市街地に比べ（気象庁データと比べ）遙かに条件は良く、風車を動かすのに望ましいとされている風速4m/s以上が年間2,000hr以上あり、風車の実験を行なうには支障のない条件であると考えられる。風況は年毎に大幅に変わることもあるので、この観測は今後とも継続し、近い将来試験用風車を設置し実験を行なう所存である。

## 11. 謝 辞

本研究について御指導と御鞭達を賜った本学副学長児玉三夫先生の絶えざる御熱意が、本文の様な研究成果となって表われたものと云える。又技術的な面で本学電気工学科教授木村久男博士の御助言に感謝の意を表すると共に観測と資料整理に協力して下さった本学大矢博史助手と卒研究生豊島・荻野・佐藤・鈴木・和田の諸氏に感謝する。

## 参 考

- 1) 末松昭二：テレビ中継所における風力発電 NHK技研月報 昭49-6
- 2) 風力発電装置：富士時報49巻9号抜刷
- 3) 毛利茂男：気象観測の手引 日本気象協会
- 4)・5) 空気機械工学便覧：コロナ社