

# 寒冷地における風力発電

菊 地 光 一

## Windmill in Cold Northern District

Koichi KIKUCHI

(昭和59年10月30日受理)

The author is interested in using wind energy in a cold northern district. For several years, the wind condition above the roof of ANCT (Akita National College of Technology) has been investigated, and windmills of small size constructed for trial have been put into operation in actual running. Akita Prefecture is situated in a latitude band where migratory low and high atmospheric pressure passes in groups except during the summertime and it is especially under great influence of continental high atmospheric pressure. Consequently in winter we have heavy snow and strong winds from the west.

In Akita Prefecture, which faces the Sea of Japan we have stronger winds than in other prefectures, especially those along the Pacific Ocean. Therefore, the author has had a great desire to use wind energy.

In October 1982, the author had an opportunity to install a windmill generator of propeller-type with an output of 1kW at a velocity of 7m/s. This windmill generator is under operation in actual running at present. In this paper the author reports some results of the operation and also state matters to be considered in installing a windmill in the polar regions. The main contents are as follows.

- (1) Operation in practical running for confirmation of safety of the windmill generator.
- (2) Influence of life-environment.
- (3) Utilization of wind energy for melting snow on a galvanized sheet roof.

### 1. はしがき

石油は有限であり、供給不足は必ずやってくる。石油の代替エネルギーとしては、いろいろの角度から研究がなされている。風力エネルギーもそのひとつで、クリーンで再生可能なエネルギーとして、サンシャイン計画等でも取りあげられている。

筆者等は寒冷地における風力エネルギーの利用に関心を持ち、ここ数年来秋田高専屋上での風況調査及び小型風車の試作、実用運転等を行ってきた<sup>1,2)</sup>。

今までの調査で、秋田県は冬期間大陸高気圧の影響を強く受け、西方向の風が強く、雪も多いので風のエネルギーを利用して、克雪のための有効な手段を検討してきた。

昭和57年11月、定格風速 7 m/s で、1 KW の発電機出力を発生する風力発電装置を設置する機会を得、現在運転中である。風車を実用するには、運転中故

障がなく強風に対しても、十分安全であるかどうか重要な問題点であるので風力発電装置全体の安全性確認を第一の研究課題とした。

次に風車は風を切る時に風切音を発生し、風切音は騒音として、人的生活環境へ影響を与えるので、その騒音レベルがどの程度であるかを把握するため基礎調査を行った。

また冬期間の風力の発生エネルギーを利用する方法として屋根雪処理の実験を試みた。

なお昭和基地は風エネルギー利用の好適地と考えられるので、今までの実験経験より、昭和基地で風力発電を実施する場合の留意事項等について、検討した結果を報告するものである。

### 2. 実験施設、設備の概要

#### 2・1 風力発電装置

寒冷地における風力発電

(1) 設置場所

設置場所は、本校校地内で、風況・クラブ活動等の教育活動を考慮して、本校プール東側とした。

(2) 風力発電装置

図1はその外観を示し、クレオソート注入木柱3本で、本体を支持する。

風車の中心位置は地上高約12mである。

(3) 風車

日の丸プロ製、プロペラ形(木製)直径3.8m、強風安全対策は、プロペラが強風時上方偏向する姿整制御方式で、風速7m/sで上方に偏向するよう調節する。

(4) 発電機

自励式直流発電機で定格は、風速7m/sで出力1KW、発生電圧は直流24Vである。負荷は常に1KWの抵抗を用いた。

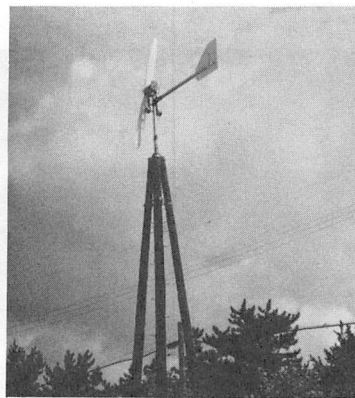


Fig.1 Exterior view of windmill generator equipment

本報告に直接関係のある主要計測装置の概要を下記に示す。

(1) 風向風速記録計1式

光進電気工業製プロペラ形風向風速発電器1台、風向風速記録器(自動平衡形2ペン方式)1台、平均装置(電気的積分方式)1台

(2) 温度記録計1台

YEW, ER-6-30形……6打点方式

(3) 風エネルギー積算計1台

光進電気工業製、プロペラ形発電器よりの信号で動作、測定面積1㎡、エネルギーカウンタ6桁、分解能1Wh

(4) 直流電力積算計1台

光進電気工業製、発電機出力を積算する電磁カウ

2・2 実験棟

実験棟の構造、寸法略図を図2に示す。屋根は北側に傾斜するよう配置し、東西に二等分して、東側半分には面発熱体を取り付け、西側半分には、面発熱体を取り付けない。

面発熱体1枚の定格は200W、24Vで、5枚並列として使用した。面発熱体の配置を図3に示す。面発熱体の取り付け部は、面発熱体取り付け後に更に長尺亜鉛渡鉄板で覆う。実験棟には計測装置を格納する。

2・3 主要計測装置

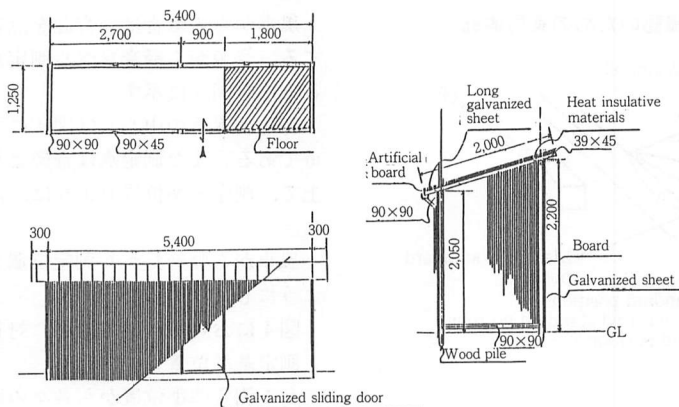


Fig.2 Dimensions and arrangement of test laboratory

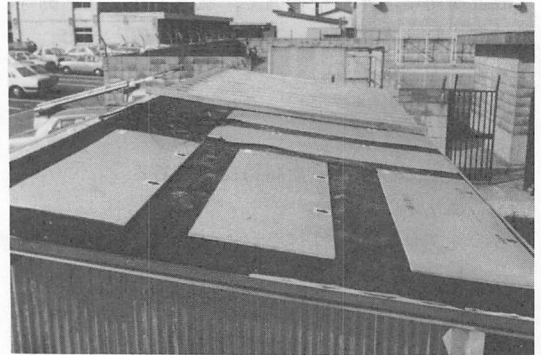
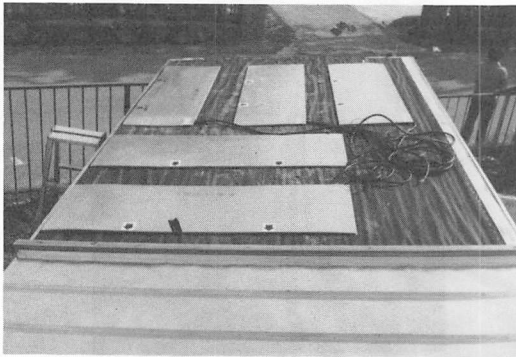


Fig.3 Arrangement of planar heater

ンタで直流電力の積算量を表示する。分解能1 Wh  
 (5) 2方向加速度振動計1台(振動検出用センサ付)

坂田電機KK製

- ・周波数範囲……10Hz~5 kHz
- ・加速度レベル……1 gal~1000gal
- ・減衰器……20dB(×10) 3段
- ・出力電圧……1V/Full ・チャンネル数……2

(6) 多ペンレコーダ, DC電圧モジュール各1台, 理化電機工業KK製, 卓上形R-20, 2方向加速度振動計と連動させ記録する。

(7) 電圧記録計

YEW3057形

風車発電機からの発生電圧の記録

### 3. 実験方法

#### 3・1 風車の安全確認のための実用運転

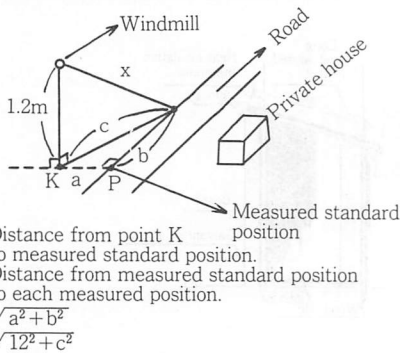


Fig.4 Method of measuring distance from sound source to point of noise level measurement

- ・風向, 風速記録計により風況調査を行なう。
- ・冬期間雪氷が風車羽根に付着した場合や, 風向, 風速が急変した場合, 車軸の縦方向及び横方向の振動はどの程度かを車軸に取り付けたセンサで検出し2方向加速度振動計を用い, 多ペンレコーダで記録して検討する。
- ・また風速が10m/s以上の強風時, 羽根を含めて風力発電装置全体の構造物は安全であるかを調査する。
- ・年間を通じ電力は正常に発生し, 負荷に異常なく到達しているかを調査する。

#### 3・2 生活環境への影響

- ・主として風車の発生する騒音が人的生活環境にどのような影響を与えるかを調査する。
- ・風車の発生する騒音の調査方法は「JIS-Z-8731」騒音レベル測定法に基き, 風車からの騒音レベルを測定する。

風車からの騒音は, 音源を点音源, 球面波と仮定する。音源から騒音レベル測定点までの距離を求める方法を図4に示す。

音源(風車の中心)は図4に示すように地上高12mである。また測定点は音源より障害物のない道路上で, 測定基準位置Pよりは, ほぼ直線上に設定した。

風車から騒音レベル測定位置までの距離は下記のようにして求める。

- 図4において, a : 地面に対して風車直下点から測定基準位置までの距離。
- b : 測定基準位置から各々の測定点までの距離。
- $c : \sqrt{a^2 + b^2}$
- $x : \sqrt{12^2 + c^2}$ ……風車騒音源から騒音レベル測定

位置までの距離。

### 3・3発生エネルギーの屋根雪処理への利用

雪国では雪と寒さとの自然条件を考慮したマイホーム作りが快適な生活を維持するため極めて重要な条件で、特に雪の多い地域では屋根雪処理が重要な課題となる。

昭和56年度の豪雪による雪が直接、間接の原因となった事故死<sup>3)</sup>は全国で133人に達し、このうち屋根雪とかかわるものが74人で、雪にかかわる事故死の約56%に当る。

また51才以上の高齢者の死亡数が全体の65%に達したことは、56年豪雪の特徴と言われている。

本研究はこの屋根雪処理に風力エネルギーを利用した場合の効果について基礎調査を行ったものである。

実験方法は面発熱体（商品名パネルヒータ）を実験棟の屋根に図3のように配置し、これに風力発電によって得た電力を直接供給し、融雪状態を調査したものである。

## 4. 実験結果と検討

### 4・1 風況調査の結果

風況調査の結果について、その代表的数例を次に示す。

#### (1) 1日の平均風速の年間度数分布

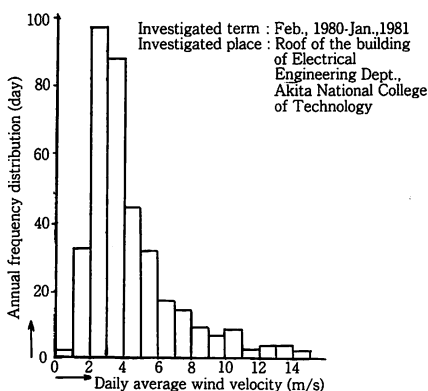


Fig.5 Annual frequency distribution of daily average wind velocity

1日の平均風速の年間度数分布の一例を図5に示す。度数は風速記録計のペンレコーダに記録された10分間平均風速を、それぞれ1時間範囲で平均し、

昭和60年2月

それを1日（24時間）について平均し、1日の平均風速に対応する年間度数を求めたものである。

年間を通じて若干の欠測日があるので、欠測日のデータは除外した。

図5より2 m/sを超え3 m/sまでの範囲の度数は最も高く、3 m/sを超え4 m/sまでの風速がこれに次ぐ。1日の平均風速が15mを超える日はなかった。

#### (2) 日平均風速・日最多風向・日降雪深

1980年以降現在までの風況調査の結果、月平均風速、および月降雪深の大な月の例として、1983年12月について調査の結果を表1に示す。降雪深は実験棟屋根の積雪深を3箇所測定し、その平均積雪深を示す。

月間の1日の平均風速は最低2.1m/s、最高12.8 m/sで、平均は5.5m/sであった。

#### (3) 月平均風速・月平均気温の変化

1983年3月より1984年3月までの13か月間における月平均風速、及び月平均気温の変化の状態を図6に示す。

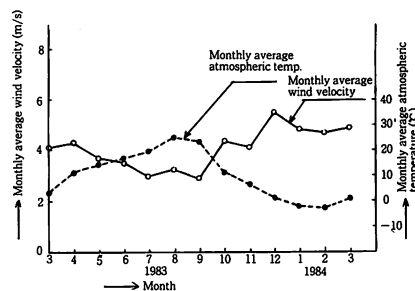


Fig.6 Seasonal variations of monthly average wind velocity and atmospheric temperature

7月～9月は気温が高く、風速は弱い。

また12月～2月の冬期間は気温が低く風速は大である。

本地域の冬期間は一般に大陸から強い寒気団に影響されることが多く、風雪は強く、気温は低い。

観測期間の月平均気温は秋から冬にかけて平年を下回る月が続き、また月平均風速は平年値と比べ、(-0.1～+1.6)m/sの差があった。ただしここで用いた平年値は秋田地方気象台の昭和50年～昭和55年の風車形風速計による6年間の平均値である。

図6に示す期間の最大風速(10分間平均値)は12月25日の20m/sであり、瞬間最大風速は同日の30m/sであった。

なお風速の1日における時間変化は、春・夏は13時～15時頃最も強くなる傾向があり、秋・冬はあま

Table I Example of daily average wind velocity, most frequent wind direction, snow depth and weather condition (December, 1983)

observation subjects date	average wind velocity [m/s]	most frequent wind direction	snow-depth [cm]	weather condition
1	12.8	WNW	no measurement	snow-storm with strong breeze
2	8.9	W	no measurement	fine, later rain
3	9.9	WNW	0	cloudy, often rain
4	8.8	WNW	1	snowy
5	4.3	SE	0	cloudy, later rain
6	3.9	NW	4	snowy
7	2.3	ESE	no measurement	cloudy, occasionally rain
8	4.2	WNW	no measurement	cloudy, occasionally rain
9	2.4	NW	0	fine
10	3.3	SE	0	fine, later cloudy
11	6.2	W	0	cloudy, often rain
12	9.9	WNW	0	snowy
13	3.2	SE	5	rainy, with occasional thunder
14	6.6	NW	0	cloudy, often snowy
15	4.1	NW	7	cloudy, later snowy
16	9.8	WNW	6	cloudy, often snowy
17	4.4	NW	7	snowy
18	4.3	WNW	7	cloudy, often snowy
19	7.1	WNW	10	cloudy, often snowy
20	5.7	NW	10	cloudy, later snowy, occasionally fine
21	2.2	WNW	10	cloudy, later fine
22	3.7	SW	6	fine, later rain
23	6.8	NW	1	fine, later snowy with strong breeze
24	4.2	WNW	2	cloudy, often snowy, occasionally fine
25	8.4	W	25	heavily snowy
26	10.2	WNW	19	snowy
27	2.4	SE	11	fine, later snowy
28	2.5	SE	11	fine
29	3.0	ESE	16	cloudy, later snowy
30	2.5	SE	18	cloudy, often fine, occasionally snowy
31	2.1	SE	15	fine, occasionally snowy
daily average	5.5			

り変動は見られなかった。

風車直径1.85m, 懸垂形の場合の回転特性を風洞実験によって、求めた結果を図7に示す。

4・2 風車の起動・出力特性

風速7m/sで風車回転数は約530r.p.m.程度で、発

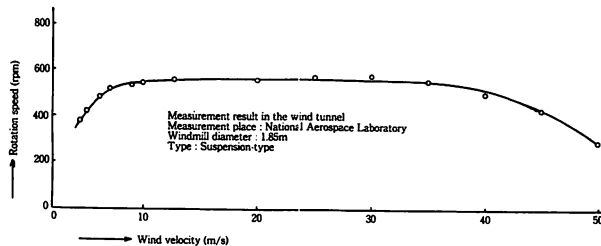


Fig.7 Relation between wind velocity and rotational speed of the suspension-type windmill

寒冷地における風力発電

電機は定格出力となり、それ以上の風速では偏向し10~32m/sで回転数は約550~580r.p.m.程度で、風速34m/s以上では風車回転数は漸次減少する。

実用運転中の風車(天風1号)は直径3.8mで上方偏向形で、実測の結果によれば、図8に示すとおりである。風速7m/sで定格出力1KWとなり、それ以上の風速では上方に偏向し最高出力1.04KW程度となる。

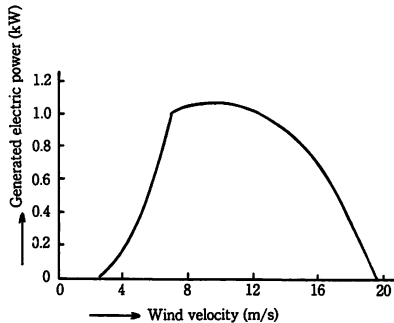


Fig.8 Relation between wind velocity and electric power output of the windmill (Tenpu I)

Table2 Example of average electric energy in a month and conversion efficiency.

term [month/date]	daily average wind energy [Wh]	daily average generated electric power [Wh]	conversion efficiency [%]
a. 7/1 - 7/30	248.5	935.2	33.2
b. 7/31 - 8/29	239.8	890.3	32.7
c. 8/30 - 10/5	276.4	947.3	30.1
d. 10/6 - 11/16	549.9	2087.0	33.5
e. 11/17 - 12/16	2763.0	4692.0	14.9
f. 12/16 - 1/6	—	—	—
g. 1/7 - 2/22	470.0	558.5	20.5

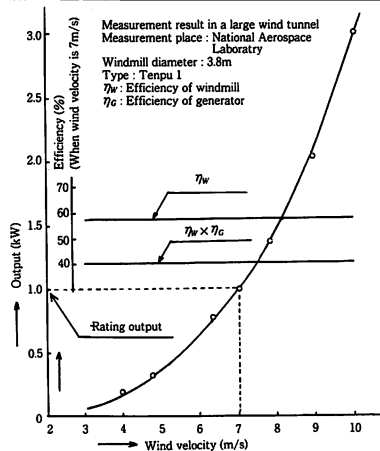


Fig.9 Relation between wind velocity and electric power output of the windmill (Tenpu I), when no attitude control system is used

10m以上の風速では発生電力は漸次減少する。

本校に設置した風車(天風1号)の起動風速は約2mで、一旦回り出すと約1m程度でも風に正対して回転する。

また暴風・突風等の際は、プロペラの回転面は殆んど水平となり、風をさける構造となっている。

図7と図8を比較すれば、図7の懸垂形が出力特性が非常に良いことを示している。

風車(天風1号)が風速7m/s以上になった場合でも羽根を偏向しないで出力を上昇した場合、風洞実験に基く風速と出力との関係を図9に示す。

風速7m/sで1KW、風速10m/sで3.0KWである。

4・3 月別平均発生電力量と変換効率

本装置における月平均発電電力量と変換効率の一例を表2(1983~1984)に示す。

発生電力は直流電力積算計によって積算したもので、変換効率は下記のようにして求める。

$$\text{変換効率} = \frac{\text{発生電力量}}{\text{風エネルギー} \times \text{プロペラ面積}(11.34\text{m}^2)}$$

風エネルギーは、風エネルギー積算計によって測定面積1m<sup>2</sup>について積算した数値を読み取ったものである。

表2でe期間は1日当りの平均風エネルギーも1日当り平均発生電力量も大であるが、変換効率は、14.9%と非常に低い。

日平均風速のe期間の平均は4.84m/sで1日の平均風速が7m/sを超える日が2日もあり、また瞬間風速10m/sを超える時間帯が相当あった。

風速7m/s以上では羽根が上方に偏向し、風を逃がすため風のエネルギーの全部が電力発生に寄与しないので、変換効率は非常に低下したものである。

これは風エネルギーが大きくとも、変換効率が大きくならない場合のあり得ることを意味している。

プロペラ形の場合は図7に示した懸垂形のような出力特性を示す風車の利用によって、風速利用幅の増大による変換効率の向上を期待すべきであろう。

4・4 振動調査

風車の安全性確認の一方法として、振動調査を行った。

振動は風車の支柱に垂直方向(以後V方向と呼ぶ)水平方向(以後H方向と呼ぶ)に取り付けたセンサで検出し、2方向加速度振動計で直読するとともに、多ペンレコーダで記録し、振動加速度で表わす。

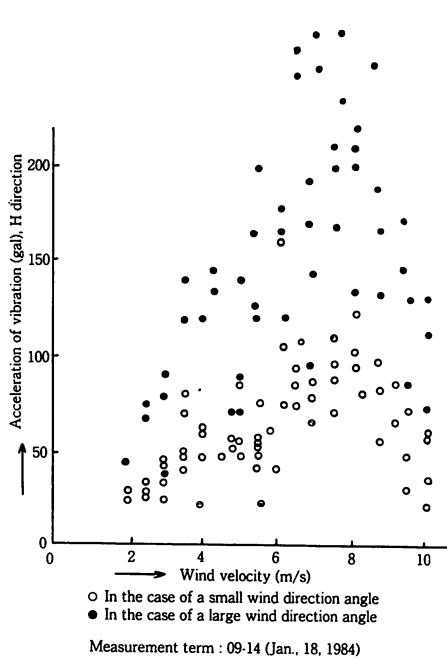


Fig.11 Relation between wind velocity and vibration acceleration of windmill

風速、風向の変化に対応するV・H方向の振動加速度変化の一例を図10(測定期間1984年1月19日、14時14分～14時23分)に示す。

同じ風速でも、風向が変化する場合と、変化しない場合では、発生する振動加速度にかなりの差が見られる。

この場合の振動加速度は、プロペラの振動による風車垂直軸のV方向、H方向それぞれの振動加速度に風圧による振動加速度が加わった総合的なものを測定している。

例えば図10で風速5.4m/sにおいて  
 風向が変化しない時V方向……110gal  
 H方向……120gal  
 風向が急に変化した時V方向…330gal  
 H方向…280gal

なお図10に示したような観測記録をもとにして、風速と振動加速度との関係を図11(測定期間1984年1月18日、9～14時)に示す。

風速に対して、風向変動の少ない場合も、多い場合も、それぞれ8m/sで振動加速度がピークとなりそれ以上でも、それ以下でも減少の傾向を示す。

実用運転に用いた風力発電装置は、風速7m/sで、

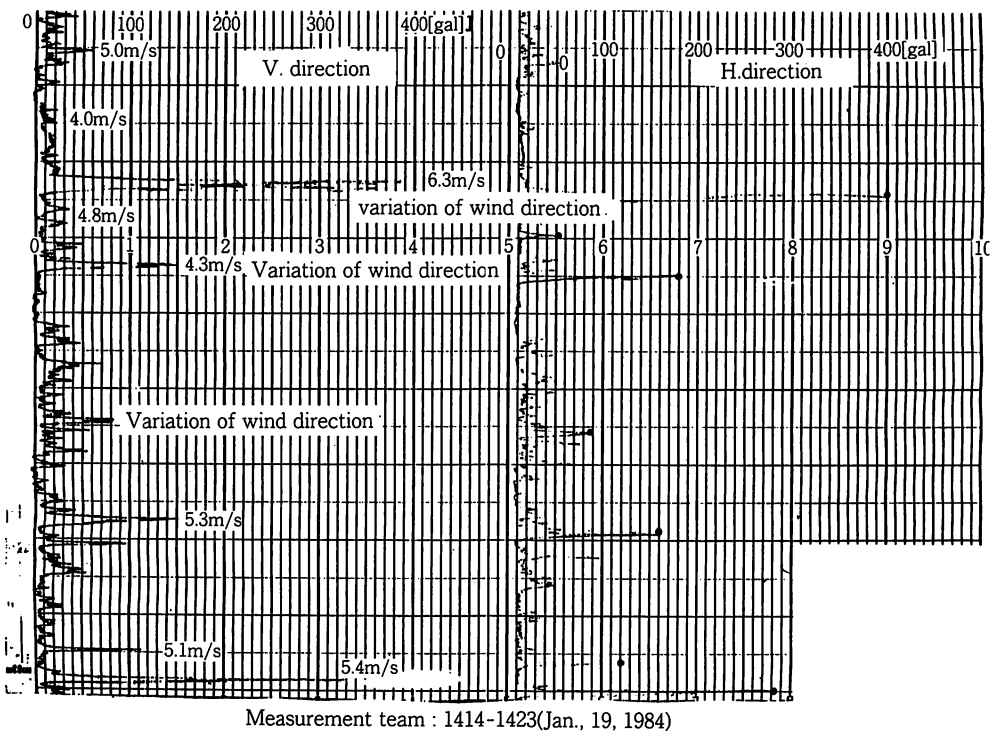


Fig.10 Example of variation of vibration acceleration in V. and H. directions, with variations of wind velocity and wind direction

寒冷地における風力発電

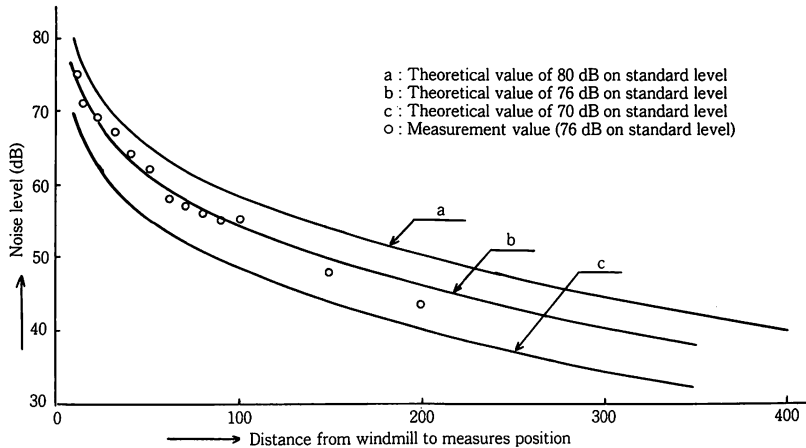


Fig.12 Attenuation characteristics of noise level.

上方に偏向し、8 m/sで出力最大となり、それ以上では出力が漸次減少する。

図11で風向変動の少ない場合は、5秒間における風向変動角が5°よりも小さい場合で殆んど風向の変動しない場合も含まれる。なお風向変動の大きい場合とは、風向変動角が5°を超える場合と仮定した。

振動加速度は5秒間の平均値で、風速は同時刻における5秒間の平均値を示す。

図10における振動加速度測定中の最大振動加速度はH方向で約400、V方向で約385galで、この程度の振動加速度では構造物は十分安全であった。(測定期間中振動加速度400galは最大値であった。)

4・5 騒音調査

強風時風車は風切音を発生するが、これは風車の発生する騒音源となり、人的生活環境に影響を与える。

騒音について調査した一例を図12に示す。

図12の測定期日は昭和59年2月6日、測定時間帯における平均気温約-5°C、平均相対湿度約60%、風速約7m/sという条件下で行った。

騒音レベルの測定は「JIS-Z-8731 騒音レベル測定法」に準拠してA特性を測定した。

風車の騒音源は点音源とみなし、球面波と仮定する。現実の騒音源が大きさを持っていても、その大きさに比して測定する場所までの距離が大きい場合は、それを点音源とみなすことが出来る?

また距離による減衰特性算出の理論値は、音源は無指向性と仮定し、減衰要因としては計算を簡略化するため、幾何学的な距離減衰と空気による吸収減衰のみとした。

図12における風速約7m/sの実測値は基準レベル76dBにおける理論値を示すb曲線と近似している。測定点が風車より100m以上になると、実測値の減衰が理論値より大となる。これは理論値では考慮しなかった積雪等による影響と思われる。

実測の結果によれば風速7.5~8m/sで、騒音レベルは最大となり、基準位置で約80dBとなり、その減衰はa曲線で近似される。

また風速7m/sにおける基準点における騒音レベルは前述の如く、約76dBであり、また風速6m/sにおける基準点における騒音レベルは約70dBである。

騒音レベルが約45dB以下の場合、暗騒音レベル以下となり、人的生活環境への影響はあまり問題とならない。

本風車設置点では月平均風速が図6でもわかるとおり6m/sを超えることはなく、非常にわずかな時間帯を除き、年間を通じて殆んど時間帯で、騒音レベルはC曲線よりも低いと考えられる。

C曲線では基準点より、約130m離れれば騒音レベルは45dB以下となり、人的環境への影響は殆んどない。

4・6 発生エネルギーの屋根雪処理への利用

(1) 融雪所要発熱量の計算

どれ位の熱量(電力)で、どの位の雪を融かすことが出来るかは、面発熱体の定格、並びに発電機出力を決定するのに重要な意味を持っている。

所要発熱量は、次のように計算する<sup>8)</sup>。

$$\text{所要発熱量 } q_0 = \frac{1}{\eta} \{ q_s + q_m + A_r (q_e + q_h) \} [\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}] \dots\dots\dots(1)$$



$q_s$  : 雪に伝えられる顕熱量  $= c_1 \cdot \Delta t \cdot s \cdot r_s$  [kcal/m<sup>2</sup>h]

$q_m$  : 雪の融解潜熱  $= J \cdot s \cdot r_s$  [kcal/m<sup>2</sup>h]

$q_e$  : 気化熱  $= h_{fg}(0.00872V + 0.0107)(4.70 - p)$   
[kcal/m<sup>2</sup>h]

$q_h$  : 対流及び輻射による伝熱量  
 $= 290(0.00872V + 0.0107)(t_f - t_a)$  [kcal/m<sup>2</sup>h]

$A_r$  : 全面積に対する積雪の無い部分の面積比  
.....0.5と仮定

$\eta$  : 熱効率.....0.7と仮定

但し  $c_1$  : 雪の比熱 [0.5kcal/kg°C]

$\Delta t$  : 雪温を0°Cまで高める温度 [°C]

$r_s$  : 雪密度 [kg/m<sup>3</sup>]

$s$  : 設計降雪量 [m/h]

$J$  : 水の融解潜熱 [80kcal/kg°C]

$V$  : 風速 [m/s]

$p$  : 大気の水蒸気圧 [3.9mmHg]

$t_f$  : 融雪面加熱温度 [°C]

$t_a$  : 外気温 [°C]

$h_{fg}$  : 融雪水の気化熱  
 $= 539 - 0.643(t_f - 100) - 0.000834(t_f - 100)^2$   
[kcal/kg]

表3の条件を(1)式に代入すると所要発熱量は

$s=0.03$ [cm/h]の場合、

$$q_o = 585.5 \text{ [kcal/m}^2\text{h]} = 0.68 \text{ [kW/m}^2\text{]}$$

$s=0.05$ [cm/h]の場合、

$$q_o = 943.0 \text{ [kcal/m}^2\text{h]} = 1.10 \text{ [kW/m}^2\text{]}$$

$s=0.07$ [cm/h]の場合、

$$q_o = 1301.0 \text{ [kcal/m}^2\text{h]} = 1.51 \text{ [kW/m}^2\text{]}$$

電力と融雪面積との関係を示すと図13のようになる。

風を融雪に利用するには融雪の必要な時期に融雪に必要なエネルギーを供給する必要がある。

そのためには、風のエネルギーを蓄積して必要な時に供給するか、または他のエネルギーとの併用を考慮する必要があるだろう。

特に外気温の低い場合、融雪水が排水途中で凍結することがあるので十分な配慮が必要である。

実際の面発熱体による融雪は、外気温・融雪面温度・融雪面水分量・降雪量・風向風速・日射量等多くの要素がからみあっており、解析は非常に複雑である。

特に風力発電のエネルギーを利用する場合は供給電力が日々変動するので、風速が大で融雪進行中、風速が弱まり、夜に気温が低くなると、融雪によっ

Table 3 Condition in calculation of calory for snow melting.

subjects	condition	a sign
atmospheric temperature	-3°C	$t_a$
snowfall intensity	3.5 and 7cm/h	$s$
density of snow	150kg/m <sup>3</sup>	$r_s$
temperature of snow	-7°C	$\Delta t$
velocity	5 m/s	$V$
heating temperature of the surface	0°C	$t_f$
melted area/heated area	0.5	$A_r$

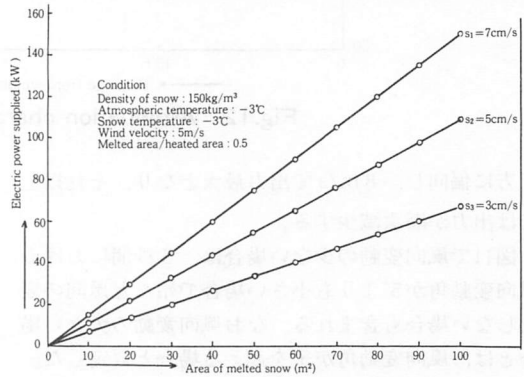
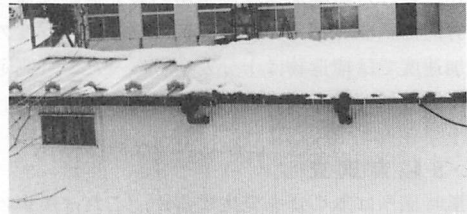
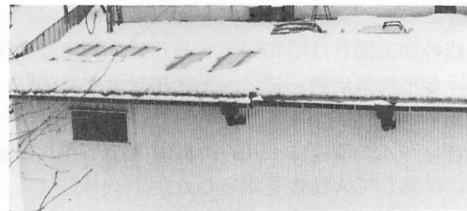


Fig.13 Relation between electric power supplied and area of melted snow



(a) Example of early stage of snow melting (02, 12, Feb., 1983)



(b) Example of later term of snow melting (15, 10, Feb., 1983)

Fig.14 Example of snow melting in the test laboratory.

て生じた水分が凍結し、以降の融雪に悪影響を与える。

(2) 実験結果

## 寒冷地における風力発電

実験棟に設置した面発熱体による融雪の実測結果では、風速5m/s、外気温約0℃、日射量4.7MJ/m<sup>2</sup>、屋根上の積雪深22cmの場合で、約93W/m<sup>2</sup>以上の電力が連続供給出来れば、融雪効果は大いに期待出来る。

この実例よりも外気温が低く、日射量が少なく、降雪深の大きな場合はこの実例より更に大きな供給電力が必要となる。

なお面発熱体加熱による局所的な融雪点が発生すれば、日射との相乗効果で、その融雪点を中心に急激に融雪が進展する。

融雪中の事例を図14に示す。図14の左側屋根には面発熱体を取り付けられており、(a)は局所的な融雪点の発生した例を示し、(b)は大部が融雪した場合の例を示す。

### 5. 極地で風力発電を実施する場合の留意事項

昭和基地要覧1983年版<sup>4,5)</sup>国立極地研究所、(1983)によれば昭和基地は、大陸から離れているため、斜面下降風の影響が少なく、南極の基地のうちでは比較的暖かく、風もそれ程強くない。

気候表によれば1月より12月までの最高気温は10℃で最低気温は-23.4℃である。また最大風速は、47.2m/s、最大瞬間風速は、59.2m/sで、最大風速10m/s以上の日数が年間で207日である。

なお最大風速10m/s以上の日数は全年207日、最大風速15m/s以上の日数は115日、最大風速、29m/s以上の日数は14日である。

またブリザード日数は、全年75日もあり、日本内地に比して、風の連続性、方向性が非常に強いので風エネルギーの利用には適当な地域と考えられる。

風力装置としてはいろいろの形式のものが、実用され、また研究中であるが、現在世界で実用中のものはプロペラ形が多いので、以下プロペラ形について述べる。

極地で風力発電を実施する場合、風の強さ等より風力発電システム中、回転調節方法と、暴風安全対策が主要な要素となる。

回転調節方法はブレードの取付角を変える可変ピッチ方式と風車全体を風向により、そらせる姿勢制御方式がその主流のように思われる。

可変ピッチ方式は、小型のものは回転により生ずる遠心力を利用し、角度を変えるものが多く、大型では風力センサにより風速を検知し、油圧や電力により、ブレードの角度等を変える形式等が提案されているが、一般に精度の高い部品を必要とし、制御

回路も複雑で、製作費も高く、耐久性にも難点があるように思われる。

姿勢制御方式は、定格風速以上になると、自動的に回転面が風向に対して最適の角度に姿勢を変えるため、構造上自動的に突風をかわすことになり、暴風時の安全装置の必要はない。なお発電機出力約10KW程度以上の場合は自動停止装置を付加する方法も実用化されている。従って姿勢制御方式は、製作費が安く、耐久力大で、作動部分が少なく、保守面からも有利と考えられ、極地での風力エネルギーの利用にあたっては、十分考慮されてよい有力な方式と考えられる。

本報告は極地の風力エネルギーの有効利用を大いに期待し、プロペラ形について、風エネルギーによって得た電力をバッテリーを介して使用する場合に限定して、一般的留意事項を次に述べる。

(1) トラブルの多い旋回部や、電気接続部は、管内に密封すること。

(2) 回転調節方式は姿勢制御方式が有力な方法であること。

(3) 構造は出来るだけ簡単で剛性大であること。

(4) 故障、過充電の場合は、自動的に停止するシステムとなっていること。

(5) 電気回路は過放電防止回路付で、回路構成は簡単なものであること。

(6) 蓄電池は鉛電池で良いが、触媒液は栓付のものであること。なお蓄電池の保温箱は二重にして排気良好な構造とすること。

(7) 風車の定格風速は10m/s程度のもので、20m/s程度のもので組み合わせて使用すること。

酷寒の地では、可動部の作動油が硬化し、回転調節不能となったり、異種金属の膨張係数の差によるトラブルや、蓄電池の電解液の凍結などの事故が考えられるので、十分な酷寒対策が考慮されねばならない。

### 6. まとめ

(1) 風車安全性確認のための実用運転

振動調査の結果、本装置では、8m/sで最大出力となり、振動も最大となるが、8m/sで風向が急変した場合、振動加速度は最大約400gal程度となるが、十分に安全に運転出来る。

また電力引出しの回転接触部が一回接触不良の事故があったが、これは工事施工の不良が原因で、その他は発生電力は負荷に異常なく到達しており、本

装置の安全性はほぼ確認出来た。

(2) 騒音

風速7.5～8 m/sで騒音レベルは最大となり、基準位置で80dB程度となる。約130m離れば騒音レベルは45dB以下となり、人的生活環境への影響は殆んどない。

(3) 発生エネルギーの屋根雪処理への利用

外気温0℃程度では、約93W/m<sup>2</sup>(風速約5 m/s)以上の電力が供給出来れば融雪効果は大いに期待出来る。

なお面発熱体による局部的融雪点が発生すれば、日射との相乗効果で、その融雪点を中心に急激に融雪が進展する。

(4) 局地で風力を利用する場合の留意事項

構造は出来るだけ簡単に剛性の大きなものを用い、回転制御方式は姿勢制御方式を採用、風車の定格風速は10m/s程度のものと20m/s程度のものと組み合わせて使用し、風の利用率の向上を計る必要がある。

終りに本研究の推進に御支援をいただいた日の丸プロ山田基博氏に感謝申しあげるとともに、本研究の一部は文部省科学研究費の補助のもとに行なわれ

ことを付記し謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) 菊地光一、後藤美千男、「自転車用発電装置を利用した小型風車発電装置の特性について」、秋田の自然エネルギー、2、P P34—39 (1981)
- (2) 菊地光一、後藤美千男、「小形風力発電装置の試作」、秋田高専研究紀要、16、P P47—52 (1981)
- (3) 栗山弘、(1979)「56年豪雪における人的被害の特徴」、日本雪氷学会誌、44、2、P P83—91
- (4) 日本音響材料協会、「騒音対策ハンドブック」、技報堂、P P60～67 (1973)
- (5) 日本音響材料協会、「騒音対策ハンドブック」、技報堂、P P9 (1973)
- (6) 国立極地研究所、「昭和基地要覧」1983年版、P 4 (1984)
- (7) 国立極地研究所、「昭和基地要覧」1983年版、P 6 (1984)
- (8) 日本建設機械化協会、「新防雪工学ハンドブック」、森北出版、P P16～29、268～275、333～343(1977)