

南極における風力発電システムの研究

(その1 南極基地での自然エネルギー利用と問題点)

Study of Wind Turbine System for Antarctica

(1st Report, Utility of Alternative Energy and its Problems in Antarctic Stations)

石 沢 賢 二^{*1} 木 村 茂 雄^{*2} 高 永 敏 行^{*3} 藤 井 石 根^{*4}
Kenji ISHIZAWA Shigeo KIMURA Toshiyuki TAKANAGA Iwane FUJII

Abstract

The Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) tried to utilize wind energy since early stage of the expedition, but most turbines were broken and/or did not work under the best condition. In order to build up a reliable turbine system for usage in Antarctica, the investigation of wind turbine system suitable for use in Antarctica was started from 1988. The study has been carried out with the following four purposes. 1. Research on potential of alternative energy, characteristics of wind, blowing snow and the causes of wind turbine accidents operated in the Antarctic. 2. Design of an optimum turbine for an inland station. 3. Operation of the turbine and data acquisition of the related matters at the antarctic station. 4. Evaluation of the results. At first this chapter discusses the following matters. Amount of wind and solar energy at Syowa, Asuka and Dome Fuji Stations were calculated respectively and it turned out that Asuka Station was the most suitable site for wind turbine operation and that Dome Fuji Station was for photovoltaics. In order to design new wind turbines suitable to operate at Asuka Station, we studied up causes of the turbine troubles frequently observed for the machines used by JARE. Consequently, they are revealed to be chiefly based on structural defects as blade vibration and others induced by severe climate condition such as the intense cold, strong wind and blizzard.

Key Words ; Wind turbine, Antarctica, Alternative energy, Photovoltaics, System analysis, Energy saving

1. はじめに

1957年に始まった日本の南極観測は、一時期(1962年2月~1965年12月)中断したが、昭和基地を中心にして現在にいたるまで継続されてきた。そして、この観測を維持するためのエネルギー源は、日本からはるばる砕氷船で持ち込んだ化石燃料にすべてを頼っている。この燃料は、主に基地のディーゼルエンジンや暖房用のボイラーあるいは内陸調査旅行用の雪上車などに使われている。

砕氷船での物資の補給は年に1回だけであり、燃料と食糧の確保は、基地の生活にとって最優先の課題で、文字通り死活問題である。そのため、全輸送量に占める燃料の量は約50%にもなり、他の物資の持ち込みを制約している。また、これらから排気されるガスは、きれいな南極の環境に悪影響を与えている。

そのため、日本から持ち込む燃料を少しでも少なくし、現地の自然エネルギー(風力エネルギーと太陽エネルギー)を活用する試みは、第一次隊より小規模であるが続けられてきた。しかし、風力エネルギーの利用については、本報告の実験以

*1 国立極地研究所

*2 神奈川工科大学

*3 (株) 関電工

*4 明治大学理工学部

原稿受付 平成9年11月23日

National Institute of Polar Research

Kanagawa Institute of Technology

Kandenko Co., Ltd

Meiji University

前に行われた風力タービンのほとんどに何らかの不具合が生じ、長期間、安定して運転できたことはなかった。また、太陽エネルギーの活用も、最近では、昭和基地にディーゼル発電機との連系運転を目指した数10kW規模の太陽光パネルが設置され始めたが、これまで長期間運用されたのは、観測器のテレメータ電源に利用されている例が1件あるに過ぎない⁽¹⁾。と言うのも、南極の自然エネルギーの潜在量は非常に多いにもかかわらず、低温や強風などの厳しい付帯的条件があるため、これがそれらの活用を妨げてきたと言える。そのため、筆者らは、これらの悪条件を克服して、風力発電機の長期間に亘る確実な運用を目指した総合的な研究を実施してきた。具体的には、最初に、南極での自然エネルギー利用の有効性を調査した。この結果をもとに風力エネルギーの活用目的を絞り、これまで南極で運用を試みた風力タービンの不具合点を調べ、その原因を明らかにした。さらに、その結果をふまえ、国内での各構成要素の試験を実施し、新たな小型風力発電システムを開発した。それを南極あすか観測拠点に設置し、1991年より試験運用を行いデータを取得している。

本報では、南極での風力および太陽エネルギーの潜在量と、風力タービンの運用による化石燃料の節約量、それに、これまでに南極に設置した風力タービンの問題点について論じている。

2. 自然エネルギー活用の必要性と潜在量

2.1 活用の背景

図1に示すように日本の南極観測基地は、無人のものも含めて4カ所(昭和基地、あすか観測拠点、みずほ基地、ドームふじ観測拠点)に散在している。このうち、みずほ基地とドームふじ観測拠点は、昭和基地から雪上車を使って物資を補

給することができる。あすか観測拠点は昭和基地から離れているので、まず砕氷船からヘリコプターで大陸の拠点まで物資を空輸した後、雪上車を使って基地まで輸送しなければならない。これらの基地に運び込む燃料の量は、全輸送量の50~70%に達する。

昭和基地には船が直接接岸し、物資を陸揚げすることができるが、他の3カ所の内陸基地へは、ヘリコプターや雪上車を使って燃料を輸送する以外に方法はない。そのため、内陸基地での生活や観測のためにディーゼルエンジン発電機を運転するには、エンジンの燃料の他に、その燃料の入ったドラム缶を輸送するための雪上車用燃料も相当な量になる。ここでは、ドームふじ観測拠点とあすか観測拠点について、現地でディーゼル発電機を運転するために必要な燃料の量をまず検討している。表1には発電に使用する年間燃料消費量、ヘリコプターの拠点から基地までの距離、輸送に使う雪上車の燃料消費量、輸送燃料の発電燃料に対する割合などを示す。輸送距離が1000kmもあるドームふじ観測拠点では、輸送用の燃料が、現地での発電用燃料の26%にも達している。これにより、内陸基地で自然エネルギーを利用できればいかに燃料の節約、ひいては輸送量の低減に貢献するかがわかる。

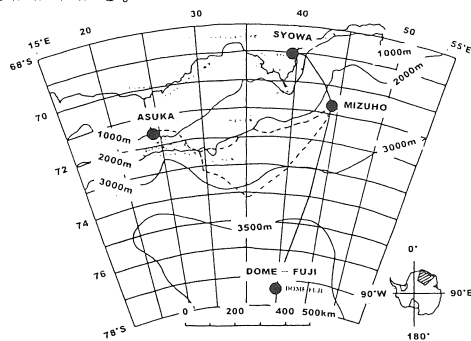


図1 各基地の位置

表1 内陸基地での発電用燃料とこれを輸送するための燃料

Station	Fuel for diesel generator		Distance of transportation (km)	Mileage of vehicle (l/km・t)	Fuel for transportation of Q ₂ (kl)	Ratio of transportation fuel to generation (%) Q ₂ /Q ₁ × 100
	Annual consumption Q ₁ (kl/year)	Weight including sledges for transportation Q ₂ (t)				
Asuka	42.26	57.56 ⁽¹⁾	73.30	0.28	1.17	2.8
Dome Fuji	35.45	48.25 ⁽²⁾	1003.35	0.19	9.20	26.0

(1) SM50 type vehicles with 18 sledges(850kg/each) (2) SM100 type vehicles with 15 sledges(850kg/each)

2.2 自然エネルギーの潜在量

南極で利用できる自然エネルギーとしては、太陽光、風力、海洋温度差、などが考えられるが、ここでは現時点で利用の可能性が高い太陽光と風力エネルギーについて検討する。

(a) 風力エネルギー

南極大陸は、東南極に中心を持つ高原氷床地形であり、この地形によって斜面を下る局地風はカタバ風 (katabatic wind) と呼ばれ、定常的に同じ方角から吹くのが特徴である。ドームふじ観測拠点のような高原内陸部では、あすか観測拠点などの高原斜面や沿岸部に比べて相対的に風は弱い。また、昭和基地は、海に接しているため、低気圧の影響を受け、時々強風が吹く。そこで、これらの基地に、ある特定の風車を設置したときに期待される発電量を計算した。年間発電量 P (Wh) は以下の式で求められる。

$$P = H \int_{V_{cutin}}^{V_{cutout}} pt(V) \cdot f(V) \cdot d(V) \quad (1)$$

ここで

H : 年間総時間 (=8760) [h]

V : 風速 [m/s]

$pt(V)$: 風力タービン出力 [W]

$f(V)$: ある地点での風速出現頻度 [(m/s)⁻¹]

V_{cutin} : カットイン風速 [m/s]

V_{cutout} : カットアウト風速 [m/s]

上式の風力タービン出力 $pt(V)$ は、空気密度に比例する。ある地点の空気密度は、気圧、水蒸気圧、気温の関数であり⁽²⁾、各基地の平均空気密度を計算すると表2のようになる。

表2 各基地の平均空気密度

Station	Mean air pressure (hPa)	Mean vapor pressure (hPa)	Mean air temperature (°C)	Mean air density (kg/m ³)
Syowa	986.80	2.20	-10.4	1.308
Asuka	872.01	1.23	-18.4	1.192
Dome Fuji	598.20	0.40	-53.9	0.951

Syowa (1961-1990), Asuka (1987-1991), Dome Fuji (1995-1996)

ところで、南極の基地で実際に使われている数 kW 以上の風力タービンには、Northern Power Systems 社の HR3 型と Vergnet 社の GEV7.10 型の 2 種類があるが⁽³⁾、ここでは、GEV7.10 型機を各基

地に設置したと仮定したときの年間発電量を計算する。この風力タービンを選んだ理由としては、図2に示したように定格出力が 10 kW で、ナセルの重量は 550 kg と規模の点で手頃であり、弱風域から強風域まで利用できる風速範囲が広いこと、また、耐風速が 90 m/s で、昭和基地でこれまで観測された最大瞬間風速の 61.2 m/s にも充分も耐えられるのからである。無論、この程度のものならば、昭和基地の露岩はもちろん、内陸基地でも最小限の重機の使用で建設は可能である。

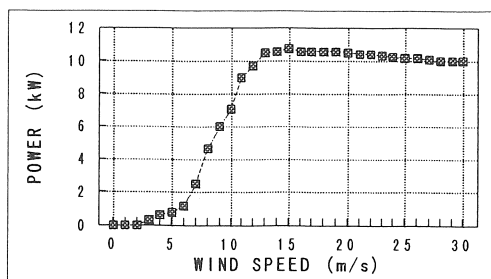


図2 Vergnet 社製 GEV7.10 型風力タービンの出力

風速出現頻度分布 $f(V)$ は、各基地で測定された数年間の風速データから、1 m/s 毎のそれぞれの風速出現頻度を求めて得られる。風速のデータは 10 分間平均風速を用いた。昭和基地、あすか観測拠点、ドームふじ観測拠点の気象データ⁽⁴⁻¹⁰⁾より計算した風速出現頻度分布をそれぞれ図3~5に示す。図より、昭和基地では 10 m/s 以下の風が卓越しているが、海に近い低気圧の影響を受けることが多く、30 m/s に達する強風も多いことがわかる。また、あすか観測拠点は、12~13 m/s のカタバ風が卓越し、昭和基地に比べ内陸に位置するため、低気圧による強風も少ない。ドームふじ観測拠点は、昭和基地から 1000 km もの内陸に位置しているため 10 m/s 以上の風速頻度は低く、7 m/s の風が最も卓越している。図2の風力タービンの出力とそれぞれの基地の風速出現頻度分布から(1)式を用いて計算した年間発電量を表3に示す。風力タービンの発電量は空気密度に比例するので、この表の発電量は、表2で求めた各基地の平均空気密度から、昭和基地の出力を 1 としたとき、あすか観測拠点は 0.91、ドームふじ観測拠点は 0.73 として求めた。この表から、風力タービンの運転にはあすか観測拠点が最も恵まれた場所で、ディーゼルエンジン発電量の約 44% を賄うことがで

き、発電燃料を輸送するための雪上車用燃料も考慮すると、年間に19.1klも節約できることがわかる。この量は、年間発電用燃料の45%に相当する。一方、昭和基地はディーゼル発電量が多いため、風力発電が占める割合は2.4%に過ぎない。他方、ドームふじ観測拠点は、風が弱く発電量も最も少ないが、基地の規模が小さく、ディーゼル発電量も少ないので、風力発電量は13.2%に達し、輸送も考慮すると総節約量は5.57klにもなる。これはディーゼル発電用燃料の15.7%に当たる。

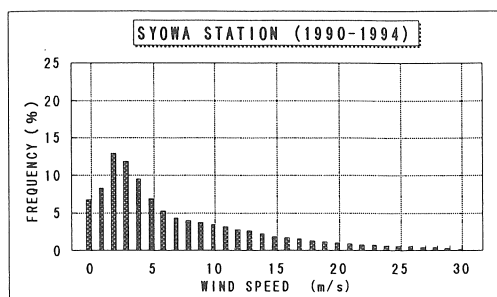


図3 昭和基地の風速頻度分布

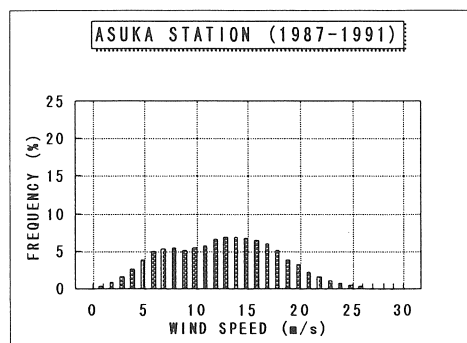


図4 あすか観測拠点の風速頻度分布

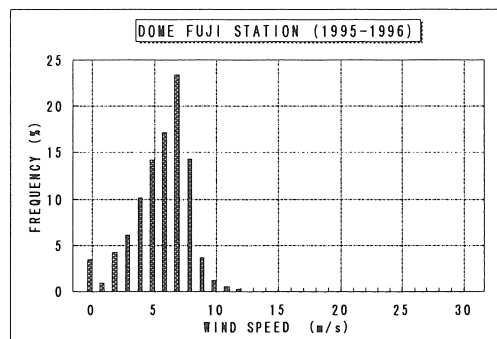


図5 ドームふじ観測拠点の風速頻度分布

表3 風力タービンの年発電量と節約燃料

Station	Wind turbine Q_1 (kWh/y)	Diesel generator Q_2 (kWh/y)	Ratio of wind to diesel Q_1/Q_2 $\times 100(\%)$	Saved fuel by wind (kl)
Syowa	29,656	1,222,020	2.4	9.55
Asuka	62,549	141,036	44.3	18.72 (19.10)
Dome Fuji	13,181	99,864	13.2	4.68 (5.57)

() : including transportation fuel

The following data were used.

Station	Average power of diesel generator (kW)	Annual fuel consumption (kl)
Syowa	139.5	397.76
Asuka	16.1	42.26
Dome Fuji	11.4	35.45

(b) 太陽光エネルギー

南極は、高緯度で太陽高度も低いいため、自然エネルギーとしての太陽光利用はあまり期待できないと思われがちであるが、実際には日本国内と同程度の日射量がある。ただ、太陽の沈まない時期と出ない時期があり、日積算値の格差が大きいことが、利用上の不都合な要因になっている。図6は、南極の3基地と札幌・東京・那覇の全天日射量(日積算値の月平均値)⁽¹⁰⁾である。南極の冬期には太陽光による発電はほとんど期待できないが、夏期には日本の夏のほぼ2倍の日射量がある。Sheinstein and Bardin⁽¹¹⁾は、南極大陸全域の日射量分布図をつくり、東南極内陸部が太陽光利用に最も適していることを示した。その理由として、極冠高気圧の影響で晴れの日が多いこと、雪からの反射が大きいことなどをあげた。図7に南極の各基地と日本の都市のそれぞれの全天日射量の年積算値を示す。ドームふじ観測拠点は、那覇とほぼ同じ日射量があることがわかる。

しかし、実際に太陽光パネル(PVパネル)を南極の基地に設置するには、現地が低温であること、地吹雪などの影響で雪の吹き込みが多いことなどの理由により、自動追尾など大がかりな装置の設置は困難であり、最適傾斜面に固定せざるを得ない。したがって、利用可能なエネルギーを見積もるためには、最適傾斜面を設定し、設置場所

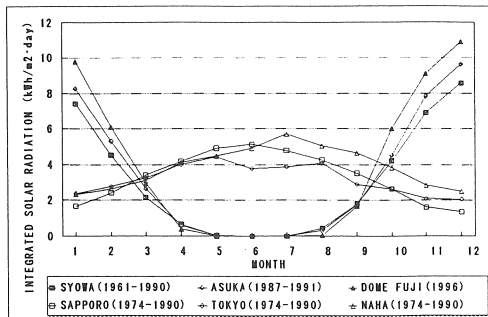


図6 南極基地と日本各地の全天日射量
(日積算値の月平均値)

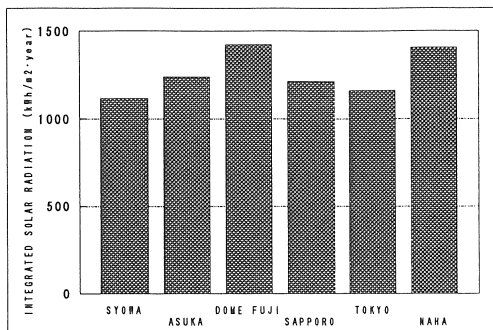


図7 年積算全天日射量

の雲量を考慮して実際に得られるエネルギーを計算する必要がある。P V パネルを真北に向け、しかも水平面からの傾きをその地点の緯度の角度に固定したときの電力 I は、次式により求められる⁽¹⁾。²⁾

$$I = \eta \cdot ((I_n \cdot \cos(\theta - \theta_p) + I_r \cdot \cos(\theta + \theta_p)) \cdot \sin(\beta) + I_f) \quad (2)$$

ここで

η : P V パネルの変換効率 = 10% と仮定

I_n : 直達光成分

θ : 太陽高度角

θ_p : パネルの傾斜角 (垂直軸から)

β : 太陽の方位角 (真東から北向きに測る。)

I_r : 雪面からの反射成分 $I_r = 0.4 I_n$ と仮定

I_f : 散乱成分 $I_f = 0.1 I_n$ と仮定

以下に実際の計算過程を述べる。地表におい

て太陽光線に垂直な面で得られる直達光成分の日射強度 I_n は、

$$I_n = I_d \cdot \exp(-mB) \quad [W/m^2] \quad (3)$$

ここで、

I_d : 上層大気を通過した日射強度 $[W/m^2]$

B : 下層大気の吸収係数

m : 標高 E (m) でのエアーマス

$$= m_0 \cdot \exp(-E/30000)$$

m_0 : 海拔0 (m) でのエアーマス

$$= 1/\sin(\text{太陽高度角})$$

また、経験的に求めた I_d と B の値は表4の通り⁽¹⁾で、各月毎にこの値を使って計算する。

表4 月毎の日射強度と吸収係数

	$I_d(W/m^2)$	B		$I_d(W/m^2)$	B
Jan	1231	0.142	Jul	1086	0.207
Feb	1215	0.144	Aug	1108	0.201
Mar	1187	0.156	Sep	1152	0.177
Apr	1136	0.180	Oct	1193	0.160
May	1105	0.196	Nov	1222	0.149
Jun	1089	0.205	Dec	1234	0.142

実際に傾斜したP V パネルの直達光成分は(2)式中の $I_n \cdot \cos(\theta - \theta_p) \cdot \sin(\beta)$ の項である。また、南極においては、雪面からの反射率はアルベド (albedo) と呼ばれ、0.8から0.99と見積もられている。そのうちの一部は散乱光となる。ここでは、P V パネル面の反射光成分は、(2)式中で $I_r \cdot \cos(\theta + \theta_p) \cdot \sin(\beta)$ で計算され、 $I_r = 0.4 I_n$ と仮定⁽¹²⁾する。さらに、散乱光の一部がP V 面に到達する散乱光成分があり、 $I_f = 0.1 I_n$ と仮定⁽¹²⁾する。

(2)式で求めた電力は、空に雲がないと仮定したときの発電量である。図8に刻々変わる太陽高度角と方位角を用いて、1時間毎に計算したそれぞれの基地の月積算発電量を示す。

高緯度にあるドームふじ観測拠点 (南緯77度19分01秒) と低緯度の昭和基地 (南緯69度00分22秒) を比べると、年積算値はそれぞれ179.94、184.83 kWh/m²・yearとなり昭和基地の発電量が多い。しかし、実際の発電量は、その地点の晴れの日数で決まる。雲量1.5未満の日の日積算発電量を I_{cl} と書き、昭和基地での実測結果 (未発表) をもとに雲量の違いによる発電量を以下のように仮定す

る。

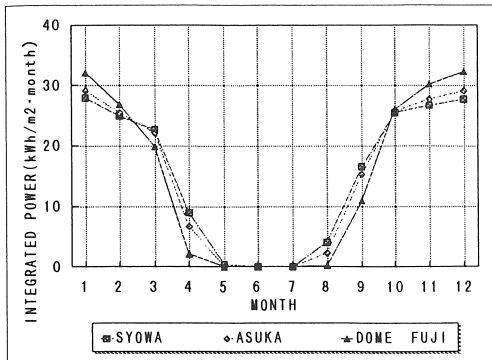


図8 PVパネルによる各基地の発電量
（毎日快晴と仮定したとき）

$$\cdot 1.5 \leq \text{曇量} < 8.5 \text{ の日の日積算発電量} = 0.8 \cdot I(c1) \quad (1)$$

$$\cdot 8.5 \leq \text{曇量} \text{ の日の日積算発電量} = 0.6 \cdot I(c1)$$

よって、実際の発電量の月積算値 $I(\text{sum})$ は以下の式で表される。

$$I(\text{sum}) = I(c1) \cdot (N1 + 0.8N2 + 0.6N3) \quad (4)$$

[Wh/m² · month]

ここで、 $N1$: 曇量1.5未満の日数

$N2$: 曇量1.5から8.5の日数

$N3$: 曇量8.5以上の日数

各基地の $N1$ 、 $N2$ 、 $N3$ の値⁽⁴⁻¹⁰⁾から、晴天に当たる曇量8.5未満の日数をそれぞれの基地について示すと図9のようになる。内陸の基地ほど晴天の日が多いことが明瞭にわかる。曇量を考慮して各基地の発電量を計算したのが図10である。内陸のドームふじ観測拠点は、昭和基地に比べて年積算発電量が10.6%も多い。

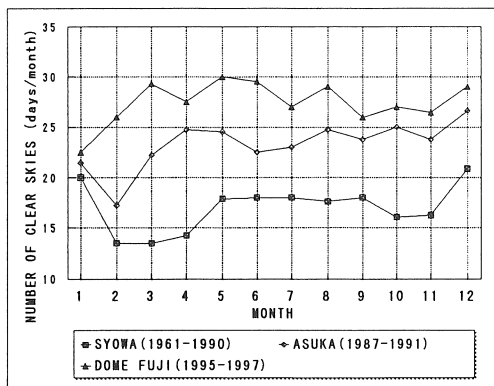


図9 曇量8.5未満の日数

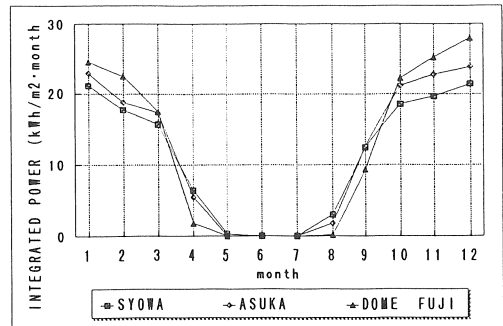


図10 PVパネルによる各基地の発電量

2.3 風力と太陽光エネルギーの比較

出力10kWの風力タービン（GEV7.10）の重量は、ナセルとタワーを含めて2580kgである。一方、1996年に昭和基地に持ち込んだPVパネルは架台も含めて、51.2kg/m²であった。よって10kW風力タービンと同重量のPVパネルを持ち込むとすると、パネルの面積は50.4m²となる。これによる年間発電量は、それぞれの基地で表5のようになる。風力タービンの発電量に対して昭和基地で23.2%、あすかで11.8%、ドームふじで57.8%となり、輸送を考慮した重量で比較する限り、風力タービンが断然有利なことがわかる。以上の考察により、今回の研究を風力タービンだけに絞り、その建設場所を3基地の中で最も風況の良いあすか観測拠点到に設定し、その条件に適した風力タービンを設計・試作して実験および現地での運転を進めることにした。

表5 風力タービン、PVパネルによる年間発電量

	Syowa	Asuka	Dome Fuji
Wind turbine Q1(kWh)	29656	62549	13181
PV panel Q2(kWh)	6885	7398	7613
Ratio of Q2 to Q1(%)	23.2	11.8	57.8

3. 南極での風力発電の実施例と問題点

3.1 日本隊が持ち込んだ風力発電システムとその問題点

南極地域の風況が風力発電にとって非常に良好なことから、日本隊は第1次隊以来多くの実験機を持ち込み、風力エネルギーの活用を試みてきた。しかし、強風・低温・地吹雪など、極地特有の厳しい自然条件のため、長時間運転できたのはごく少数の機種に限られていた⁽¹¹⁾。失敗の主な原因

は二つに集約できる。ひとつは、現地の風況を良く調べなかったこと。二つめは、持ち込んだ風力タービンシステムの特性を良く把握してなかったこと、である。要するに、風力タービンシステムをあたかも完成されたものとして扱い、その電力利用のみに興味を持たれてきたのである。例えば、南極大陸は広大なために有人の観測基地は少ない。そこで、無人の気象観測地点を維持するのに風力エネルギーを使うことが試みられた。しかし、機器を設置して数ヶ月後に行ってみると、発電システムは破損していたというケースが最も多い。風力タービンの設置場所が無人であるために故障の原因を特定するのも難しく、改良する努力もなされなかった。そこで、これまでの故障の原因を探り、耐久性のある機器を開発するために、過去に観測隊が持ち込んだ機器とその運用状況を調査した。

3.1.1 故障の原因

以下に不具合の主なものを列挙する。

- ・ある風速でブレードが大きく振動した。
- ・電力取り出しのスリップリング部に雪が入り込み、凍結した。
- ・ナットがゆるんでブレードが落下した。
- ・増速機機構の部分に雪が入りタイミングベルトが凍結した。
- ・ステアを充分取らなかったため、発電機本体が転倒しブレードが破損した。
- ・無人観測機器とバッテリーを収納した小屋が水素ガスの爆発により破損した。
- ・低温により電力ケーブルが硬化、断線した。
- ・ヨー制御の尾翼のネジが振動によりゆるんで落下し、ヨー制御ができなくなった。
- ・振動により発電機本体がタワー上部より脱落した。
- ・弱風時に励磁電流を蓄電池から流し続けたため、蓄電池が過放電した。
- ・振動によりブレードが破損した。
- ・ブラシが異常摩耗し整流子が破損した。
- ・振動による界磁コイル接続部が断線した。
- ・振動により出力ケーブルが断線した。
- ・ブレードが過回転になり振動で破損した。
- ・低温でグリースが硬化し、起動できなくなった。
- ・地吹雪によりブレード前縁が摩耗した。
- ・電磁ブレーキが加熱しコイルが焼損した。

・振動によりブレードの取り付けボルトが脱落した。

・振動により尾翼が折れた。

あるシステムが運用できなくなるのは、複数の原因によることが多い。故障の原因は最終的にはそれを予測しえなかったという意味では、すべて人為的なことに帰するが、南極に特有な過酷な環境として低温・地吹雪・強風によるものがあった。また、システムそのものの欠陥として、ブレードの振動に起因した破損とその他の構造的欠陥があった。

低温では、電線の硬化による破損がある。地吹雪に関しては、ブレードの摩耗と増速機部への雪の侵入があった。凍結では、スリップリングに雪が入り、融解し再凍結したものがある。強風では、タワーが倒壊したりブレードが破損したケースがある。最も多いのが、ブレードの動的アンバランスによる振動であった。また、風車システムの構造的欠陥も多い。当初は、南極特有な自然現象によるものが多いと予想されたが、風力タービンシステムの構造的な欠陥が半数以上を占めていることがわかった。

3.1.2 対策

南極に特有な原因による故障の対策をまとめてみると以下のようなことが考えられる。

(a) 低温対策：電線の破壊は、被覆の材質にかかわっており、低温性能の良いものを選べば充分対処できる。また、回転摺動部のグリースなども低温グリースを使用すれば解決する。

(b) 地吹雪対策：氷粒子によるブレード前縁部の摩耗があるが、前縁部へのカバーの取り付けや、地吹雪強度は、雪面からの距離によって急速に減衰するので、タワーを高くすることなどが考えられる。

(c) 凍結対策：比較的気温の高い昭和基地で起きており、雪の侵入を防げば解決する。

(d) 強風対策：ステアを充分に取らなかったためにタワーが倒壊したものと、過回転でブレードが破損したものがある。内陸部ではタワーを雪面に設置し、支持支柱も雪中に取ることが多いので、雪を支持地盤としてとらえ、ブレード・タワー・地盤の相互作用を考慮した力学的・振動論的研究が必要となる。

(e) その他：バッテリーからの水素ガス発生による引火爆発の事故もあるので、低温下での充電

特性も調べる必要がある。また、地吹雪時には氷粒子の衝突による静電気の発生が顕著で、充電制御装置に使われている電子機器の損傷なども起きているので、その対策も必要とされる。

3.2 外国基地での使用例

1996年、南極で越冬観測を行っているのは、18カ国35基地にのぼるが、風力タービンをディーゼル発電機に系統連系し運用しているところはまだない。ドイツが積極的に開発を進めていた⁽¹⁴⁾が、実用にはいまだ至っていない。オーストラリアは、Vergnet社のGEV7.10で系統連系すべく実験を重ねている⁽³⁾。また、アメリカ合衆国は、マクマード基地の近くの島で通信基地の電源として太陽光・小型ディーゼルとのハイブリッド発電を小規模に行っている⁽¹⁵⁾。

4. まとめ

本研究を実施するための手始めとして、ここでは南極観測隊の観測活動を支える基地のエネルギー源を、少しでも現地の自然エネルギーで賄うことを目的に、風力タービンとPVパネルによるエネルギー量を計算した。その結果、(a)内陸のカタバ風地帯では風力エネルギーの利用が相当期待できる、(b)PVパネルによる発電も日本並のエネルギー密度があり、特に内陸奥地に入るほど条件が良い、(c)風力と太陽光のエネルギーを輸送を考慮した重量の点から見ると、風力エネルギーが勝っている、等の事柄が明らかになった。さらに、これまで観測隊が実施してきた風力発電機の運用における問題点を分析した結果、トラブルの原因は南極に特有な強風、低温などの他に、ブレードの振動など基本的な事項に起因していることがわかった。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたり住友精密工業株式会社の市川恵通氏にご支援いただいた。また、国立極地研究所の各位には現地での風力発電機の運用に関して貴重な情報を提供していただいた。総合研究大学院大学の青山雄一氏には太陽の高度角・方位角の計算に関して教えていただいた。これらの方々に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 山岸久雄 (1989): 南極基地における電気設備 6 観測用機器に関する問題点 電気設備学会誌 Vol 9, No.1, pp.840~846
- (2) 東京天文台編 理科年表 (1996) 丸善 pp.443
- (3) Guichard A., Magill P., Godon P. Lyons D. and Brown C. (1996): Potential for significant wind power generation at antarctic stations. Symposium on Antarctic logistics and operations, Cambridge, England August 1996
- (4) Yamanouchi T., Shibuya K. and Sakai R. (1988): Meteorological Data at Asuka Camp, Antarctica in 1987 JARE DATA REP. No.140 (Meteorology 21) National Institute of Polar Research
- (5) Aoki T. (1989): Meteorological Data at Asuka Station, Antarctica in 1988. JARE DATA REP. No. 150 (Meteorology 23) National Institute of Polar Research.
- (6) Meshida S., Azuma N., Yukimatsu A. and Yamanouchi T. (1991): Meteorological Data at Asuka Station, Antarctica in 1989. JARE DATA REP. No.164 (Meteorology 25) National Institute of Polar Research.
- (7) Iwasaki A. and Yamanouchi T. (1992): Meteorological Data at Asuka Station, Antarctica in 1990. JARE DATA REP. No.179 (Meteorology 29) National Institute of Polar Research.
- (8) Sukegawa Y. et al (1993): Meteorological Data at Asuka Station, Antarctica in 1991. JARE DATA REP. No.190 (Meteorology 30) National Institute of Polar Research.
- (9) Japan Meteorological Agency (1996): Antarctic Meteorological Data Vol.36 Meteorological Data at Syowa Station and Dome Fuji Station in 1995. Published by the Japan Meteorological Agency Tokyo 1996.
- (10) 国立天文台編 理科年表 (1996) 丸善 pp.263
- (11) Sheinstein A. and Bardin V. (1991): Regional determinants and ecological norms for Antarctica. Final Conference Proceedings Report of the IDEEA One. University of Houston. November 12-15, 1991. pp.439-442
- (12) Peeran S.E. (1994): Performance of PV panels for solar energy conversion at the south pole. Proceedings of the 6th. Symposium on Antarctic Logistics and Operation. Rome, Italy August 29-31, 1994. pp. 139-155
- (13) 石沢賢二 (1988): 南極における風力発電機開発の意義と日本南極地域観測隊が使用した実験機の問題点 南極資料Vol. 32, No2, pp.140~162
- (14) Heidelberg, G., Kohnen, H., Kromer, I. Lehman, D. and Zastrow, F. (1990): Vertical axis wind turbine with integrated magnetic generator. Proceedings of the Forth Symposium on Antarctic Logistics and Operations, Sao-Paulo, 16-18 July 1990, pp. 72-82.
- (15) Chiang E. (1994): Antarctic alternative energy summary. Proceedings of the 6th. Symposium on Antarctic Logistics and Operations, Rome, Italy 1994