L-53

# 昭和基地における風力発電機の発電性能と電力系統への影響

### Power Performance of Wind Power Generator and Effects on Electric Power System in Showa Base

○杉本寛太¹, 西川省吾² \*Kanta Sugimoto¹, Shogo Nishikawa²

Abstract: A lot of fossil fuels are used as the necessary energy at the Showa Base in the South Pole. However, it costs a lot of money to carry a fossil fuel. Therefore, wind power generators are installed to reduce the volume of consumed fuel. On the other hand, it has many problems about fluctuation of frequency and voltage. In this paper, we report relationship between average wind speeds and the active power and fuel amount of reduction by the wind power generator.

#### 1. はじめに

現在、南極の昭和基地では、必要なエネルギーの大部分を化石燃料によって賄っている。しかし、これらの化石燃料は、輸送可能量に制限があり、かつ輸送コストが大きくかかる。

そこで、新しい取り組みとして、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの導入を進めている.

昭和基地は、冬季の3か月の間が極夜のため太陽エネルギーが無く、風力発電システムが有望視されている.しかしながら、風力発電の出力変動は太陽光発電以上に激しく、小規模な昭和基地の電気系統に大量の風力発電を連系すると、周波数変動や電圧変動が懸念される.

本研究では、風力発電の利用による燃料削減量を推定すること、実際の運転データから風力発電機の発電性能、出力変動、系統の周波数変動を明らかにすることを目的とする.

本稿では、平均風速と有効電力の関係を調査し、また、風力発電機とディーゼル発電機の有効電力の関係から燃料削減について検討したので報告する.

#### 2. 昭和基地の気候

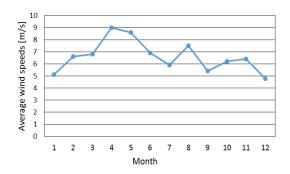


Figure 1. Average wind speeds of Shouwa Base

図1に平成27年の昭和基地の月別の平均風速を示す. 図1をみると、1年を通して、最低でも風速4.5m/s以上の風が吹いている.カットイン風速が4.5m/sなので、どの月も安定して電力を出力できていると考えられる.

### 3. 風力発電機の仕様

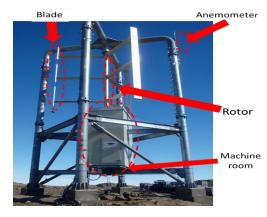


Figure 2. Wind power generator

昭和基地に設置した風車は、図2に示している垂直 軸型風車の1つであるダリウス型風車である.表1に、 この風力発電機の仕様を示す.

**Table1.** Specification of wind power generator

Rated maximum output[kW]	20
height[m]	13
width[m]	6.5
Rotor diameter[m]	6.3
Length of a windmill blade[m]	6.3
Number of windmill blades	3
Cut in wind speed[m/s]	4.5
Rated wind speed[m/s]	15
Cut out wind speed[m/s]	22.5
Revolution speed of rotor[min <sup>-1</sup> ]	115
Output voltage[V]	200/220

#### 4.システム構成

昭和基地では、2台の風力発電機が同系統の下で稼働している。また、風力発電機の出力変動による周波数変動を防ぐために、風力発電機によって出力された電力は、マトリクスコンバータを通して周波数変換される.

マトリクスコンバータとは,直接式周波数変換機の1つで,交流電源を違う周波数の交流電源に直接変換することができる。

#### 5. 風力発電機の出力

風車の出力 P[W]は次式で与えられる.

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 C p \tag{1}$$

ただし, ρ: 空気密度[kg/m³]

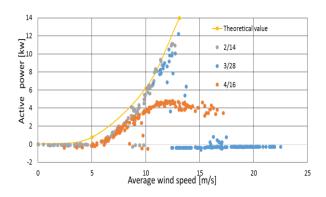
A: 受風面積[m²],

V:風速[m/s]

Cp: パワー係数

ここで、空気密度は気温 0℃で約 1.3kg/m²、パワー係数は風車によって決まり、どちらも変動は小さい、すなわち、風車の出力は風車の大きさと風速に大きく依存していることが分かる。また、出力は風速の 3 乗に比例している。今回、理論値を算出する際、パワー係数は 0.35 とした。

# 6. 平均風速と有効電力の関係



**Figure 3.** Relationship between active power and average wind speeds (Ten minute average)

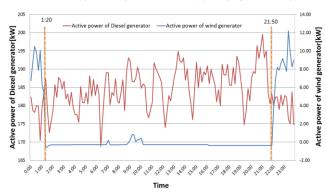
図3に有効電力と平均風速の関係を示す. 昭和基地では1秒間隔でデータを計測しているが,図3は10分間の平均値である.図3から定格のカットアウト風速よりも風速が小さい段階で発電を停止していることが分かる.

また, 平成28年2月14日と平成28年3月28日の

データはおおよそ理論値どおりだが、平成 28 年 4 月 16 日のデータは大きく理論値と離れている. 4 月に入ってからのデータにはこのような関係が多くみられ、これは主に周波数変動や電圧変動が起こらないように出力を抑える制御を行っているためである.

しかし制御が行われていないはずの、平成28年2月14日と平成28年3月28日の風速が近い値をとっていても出力が大きく違う点が何点もある、これは風車の回転運動が慣性力だからだと考えられる。それまで吹いていた風が急に止んだとしても、風車の回転はすぐに止まることはない。また、風が吹いてもすぐに回転しない。そのため、同じ風速でも、出力する有効電力に差が生じたと推測できる。

## 7. 風力発電機とディーゼル発電機の有効電力の関係



**Figure 4.** Active power of diesel generator and wind power generator(ten minute average)

図4に平成28年3月28日の風力発電機とディーゼル発電機の有効電力の関係を示す. どちらの有効電力データも1秒ごとのデータから10分平均値を算出した. 図4をみると,風力発電機が発電している0時から1時20分,21時50分から23時59分までの範囲では,ディーゼル発電機の有効電力が低下していて,風力発電により燃料使用量が削減できているといえる.

## 8. まとめ

今回は,風力発電機の有効電力の理論値を算出し, 測定値と比較した.その結果,出力は制御やブレード の慣性力によって,理論値通りの結果にならなかった.

## 参考文献

[1] 甲斐隆章,藤本敏明:「太陽光・風力発電と系統連系技術」,P55~60,2010年

[2]気象庁 HP: 「南極昭和基地の気象」