

ネパール高所非電化農村地帯向け風力主体ハイブリッド発電機の実証実験

三沢一浩¹， 桐原悦雄¹， 村越英樹¹， 鴨川仁²

1. 産業技術大学院大学 2. 東京学芸大学

1. はじめに

ネパールの国土は約 40%が無電化であり，特に過疎の村では送電線もなく電気がない生活を余儀なくされている。

高所山岳地域では 3000 m を越える高所であることから，送電線を必要としない小型再生エネルギー発電が求められている。高所では天候によって風向きが変化すること，そして高所山岳地域特有の風が吹くことから，どの方向からでも風を受けて回転できる風力発電が必要とされている。

この課題解決を目的に，図1に示す高所向け持ち運び可能な風力主体でサブとして太陽光を持つ発電システムを試作し，ネパールの高所に近い環境である富士山測候所に於いて発電機の運搬，設置，運転試験を行った。



図 1. 持ち運びできる風力発電と太陽光発電概要

2. 風力発電の設置と特徴

試作した風力発電システムは，高所山岳地域での使用を考慮して，どの方向からでも風を受けて回転できるように図2に示す垂直軸型パドル式の羽根とし 360°どの方向から風を受けても回転するものとした。なお，風力発電の主流は水平軸型のプロペラ式のものであるが，発電効率は良いものの風を受ける方向が単一方向と制限されるため今回は採用していない。運搬と設置に関しては，富士山山頂に機材を運び上げ，約1時間で設置を完了し風力と太陽光による発電により小型バッテリーに充電が出来ることを確認した。運転試験での計測項目として，風向き，風速，風力発電回転数，積算発電量を記録した。

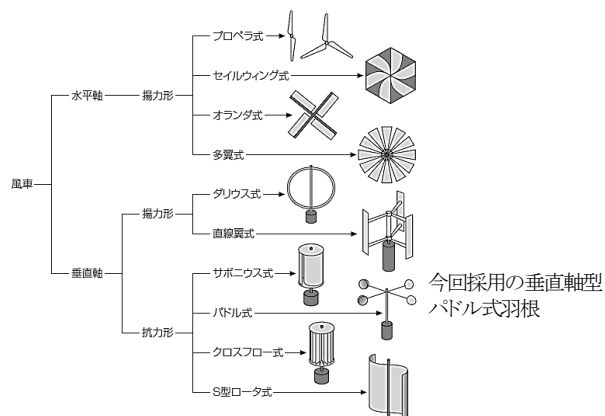


図 2. 風力発電 羽根型式一覧 参考文献 3) 6 ページ

また，合わせて発電システムの運転状態を無線 WEB カメラによりインターネットを利用して遠隔監視も実施し，図3に示す WEB カメラによる状況写真の撮影も行った。撮影間隔は遠隔設定により任意で調整が可能で撮影データは，クラウド上に保管することで地上にいても機器の監視に加えて周辺の気象変化についても確認することが出来た。なお，当該カメラは計測者の管理の下で実施した。



図 3. WEB カメラシステムによる状況写真

3. 風力発電運転試験結果

山頂測候所での運転試験は，2018 年 7 月 23, 24 日の二日間連続して実施したが，一部計測機材の不備もあり採取出来たデータから一部の抜粋結果を纏めたものを以下に示す。なお，風向き，風速の気象データは山頂での計測データを使用している。

富士山山頂の風向きデータを図4に示す。2018 年 7 月 24 日の富士山山頂での風向きの結果から，北側から吹く風(0度および 360 度方向)が中心であるものの約 90 度の範囲で風向きは常時変化している。10:48 以降は更に風向きの範囲の変化幅は拡大している結果であった。

このことから，特に高所山岳地域での風力発電に関しては，広い範囲で風を受けて発電できる羽根形状が必要になる。風力発電の羽根形状に関しては，水平型と垂直型に大別されるが，風向きが変化する高所では垂直型の羽根を有する風力発電が有利である。

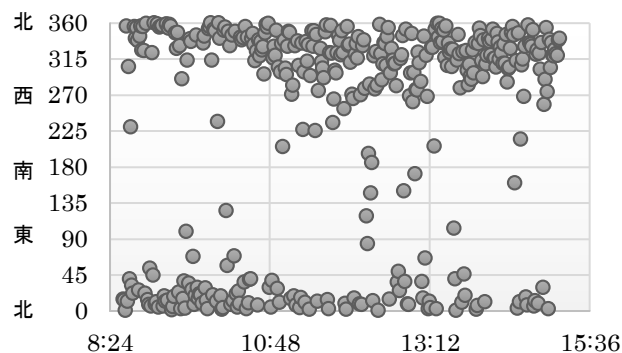


図 4. 2018 年 7 月 24 日 富士山頂 風向

次に、山頂の風速データを図 5 に示す。計測結果から、8:24 から 15:36 までの計測値として、最小 0.7 m/s、最大 6.6 m/s、平均風速は約 2.1 m/s であった。また、各時間においても風速の変化がみられ、12:00 を過ぎると変化幅も増加する結果であった。

このことから、持ち運びが可能な小型風力発電用の羽根としては、風速が低速であっても回転することが出来る垂直型の抗力タイプが有効である。更には構造を簡易的なものとする事で、羽根の質量を低減することも有効となる。従って、今回採用した垂直軸の羽根を選択したことが妥当であることが分かった。

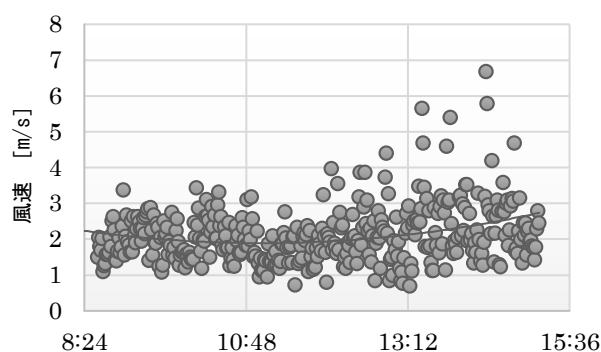


図 5. 2018年7月24日 富士山頂 風速

次に、富士山山頂での風力発電システムの羽根回転数データを図6に示す。試験の結果から、8:24から15:36までの羽根回転数計測値として、最大回転数が70 rpmで平均回転数は約20.8 rpmであった。これは、高所山岳地には時折、突風が吹くことがあり午後から夕方にかけて、風速の変化は大きかった。

また、風速との関連性についても風速が増加することで羽根回転数も同様に増加する傾向を示し、風向きが方向が広範囲となっても羽根形式が垂直型であることによる効果を確認できる結果であった。

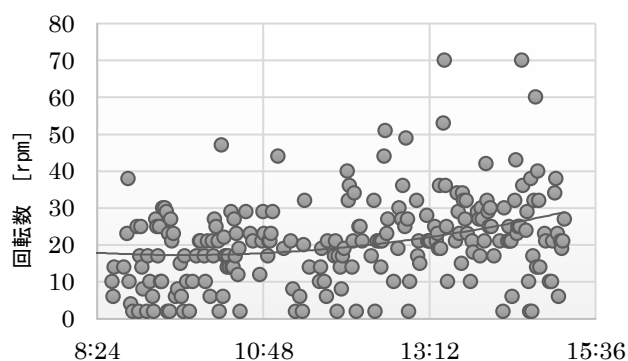


図 6. 7月24日風力発電 羽根回転数

最後に、山頂で行った風力試験による発電量データを図 7 に示す。6 時間で約7.0 Whの出力となり1時間当たりの発電量は、約1.16 Whであった。これは、平均風速が約2.1 m/s程度であっても確実に電気出力が得られることを確認した。時

間あたりの発電量は発電機の回転数特性に大きく依存し、今回使用した発電機は100 rpmから出力が増加するものを使用しており、使用条件においては発電機の選定も重要な要素となる。

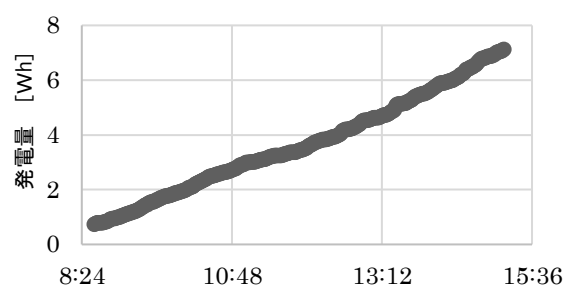


図 7. 7月24日 風力発電量積算値

4. おわりに

富士山測候所に風力発電機、太陽光発電パネルを測候所の水槽上に設置し風と太陽によるハイブリッド発電システムの運転試験を行った。風力発電は高所山岳地域での使用を考慮して、風を広範囲で受けることの出来る垂直型の羽根を採用し、360度どこからの風でも回転させ運転することが出来た。

試験結果からは、広範囲から吹く平均風速約2.1 m/sの風を捉えて、風速の変化に追従しながら羽根回転数も平均で約20.8 rpmの結果となった。発電機出力は、回転数に比例し1時間当たりの発電量は、約1.16 Whの結果となった。風力エネルギーにおいて、風車で得られる動力は $P=C_p \times 1/2 \times \rho \times A \times V^3$ となる。

課題としては、より羽根の回転数を上げる事、発電機に関しては50から100 rpmの帯域で効率の良いものを選定する必要があり今後の検討を要する。

今回の結果を考察し高所に適した発電システムの研究を進め、ここで得られた知見をネパールを含め広く国内外の関係機関との連携そして共有を目指す。

5. 謝辞

本研究に関する資金の一部は、日本エネルギー設備保安推進協会 (Japan Energy Safety Association) の寄付により行われた。御協力に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 桐原悦雄, マハラジャン ナレス, 片岡信弘, 前田充浩 ”ネパール貧困農村のための風力発電導入パイロットプロジェクト”, IEICE SWIM2017-13, pp. 27-32.
- 2) 土器屋由紀子, “2009 年富士山測候所報告書(速報)”NPO 富士山測候所を活用する会, 2010 年.
- 3) 国立研究開発法人 産業技術総合開発機構 風力発電導入ガイドブック(2008 年 2 月改訂第 9 版).