

小型風力発電システムの構築と高効率 PCS の検討

Development of a Small Wind Turbine Generation System and a High Efficient Power Control System

上坂博亨，安藤満，吉牟田裕

UESAKA Hiroyuki, ANDO Mitsuru, YOSHIMUTA Yutaka

要約

自然エネルギー利用研究の一環として 1.5kW クラスの小型風力発電装置を設置した。風車は回転直径 2.7m の 3 翼プロペラ型で、地上高 11m の鉄製ポールに設置した。発電によって得られた電力は実証研究として駐車場内に設置した LED ライトを用いた夜間照明装置に利用した。風車近傍の風況は風車設置ポールに取り付けた風向風速計を用いて測定し、また騒音計を用いてブレードの回転騒音なども計測した。富山国際大付近は年間平均風速が 3.8m/s と弱く、また乱流も多いため風車による発電効率は高いとは言えない。そこで弱い風でも効率よく充電できるようにするための新しい PCS (Power Control System) を検討した。その結果、発電時間に関して約 40% の効率向上が期待できることがわかった。

1. はじめに

石油、石炭、天然ガス、ウランウムといった化石燃料を主体とするエネルギー生産および利用の社会的構造は、エネルギー源そのものの持続性の観点から近い将来大きな変革を迫られる可能性が高いと言われている。これに関して再生可能な新エネルギー開発の必要性が高まっており、少なくとも 10 年以内には新エネルギーを主体とする社会構造へと徐々に社会基盤を変革していく必要があると言われる。しかし現実的には化石燃料減退への危機感が社会的に十分認識されておらず、それと併に新エネルギーの開発意欲や社会基盤整備に対して十分な検討がなされているとは言いがたい状況である。

現段階での新エネルギーとして、一般的に太陽光・風力・廃棄物・バイオマスが検討されている。いずれの分野でも熱利用と電力利用とに分類されておりさまざまな研究開発が計画されている。特に電力利用においては、従来の火力発電、原子力発電に代わる発電方式としての研究が盛んであり、これについては電力系統への安定した電力供給の必要性から電力品質の向上が求められている。しかし一方、家庭消費型の電力においては系統電力のような高品質は要求されず、むしろ低コストで持続型の特徴が重視される。これを実現するには大規模集中発電、遠距離送電、広域給電という従来の電力構造から、小規模分散発電、近距離伝送、地産地消といった新しい構造への変革が必要と考えられる。しかしこの分野の研究は緒についたばかりで未だ十分な調査研究は行われていない。そこで本プロジェクトでは小型風車を用いた自然エネルギー利用型発電と運用の実証実験を通して、風況・発電量・環境負荷などの基礎データを集積し、問題点の明確化と近い将来に向けた調査開発を実施する。

2. 小型風力発電システムの設置

小型風力発電装置

風車はナセル部に可動マグネット式発電機を内蔵する3翼プロペラ型(ウインドパワー社製)で,地上高11mの鉄製ポール上に設置した(写真1)。本機の緒元について表1に示す。風車部は全長2.4mで,尾部には垂直尾翼が取り付けられている。垂直尾翼は回転するシャフトでナセル部に接続されており,横風を受けると軸が回転する仕組みとなっている。これによって横からの突風による力を逃がす構造になっている。ブレードは長さ1.3mで,回転直径はナセル部も合わせて2.7mである。また風車装置全体の重量は38.6Kgである。

本機はナセル部に発電機を内蔵する。発電機は可動多極マグネット型で,軽量のフェライトマグネットをブレード付け根のカラー部内側に接着してある。ブレードが回転するとマグネットがカラー部とともに回転して,中心に固定してある

コイルの周りを周回することで発電する。このようにすると可動コイル型に比べて回転部の慣性モーメントを少なくすることができる。これによって本風車は風速1.8m/sの弱風でも回転を始めることが特長である。

本機の発電特性について図1に示す。本機は1.8m/sから回転を開始し風速約12m/s付近で最大発電に達する。その後徐々に失速状態となり,風速18m/s付近で尾部の受動的自動水平偏向によってファールリングする。設計上の耐風速は60m/sである。発電した電力は送電ケーブルを介してパワーセンター(蓄電装置を収納した鉄製箱)に導入した。

風況測定システム

本システムには風況測定用の風向風速計(Weather Station: DAVIS Instruments)を設置した(写真3)。風向風速計は風車のブレードによる乱流の影響を受けないよう,鉄製ポールの中間部(地上高約7m)に設置した。風向風速計で計測したデータは通信ケーブル

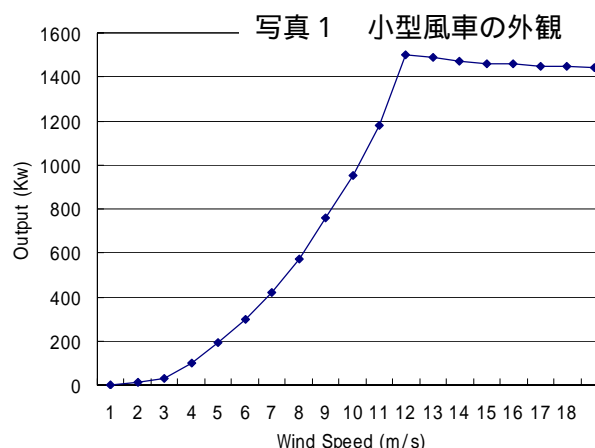


図1 風速と出力の関係

表1 小型風車の緒言

Specifications	
Length(spinner to tail)	2.4m
Rotor diameter	2.7m
Weight	38.6Kg
Start up wind speed	1.8m/s
Max output	1.5Kw
Rated wind speed	12m/s
Faring wind speed	18m/s
Current	Rectified DC



写真 3 風況データ収集用の風向風速

写真 2 駐車場に設置した 2 基の外灯

を使ってパワーセンター内の受信装置 (Weather Link: DAVIS Instruments) に導入した。受信装置には記録装置が無いので連続記録はできないが、風況データが液晶パネルにリアルタイム表示されるようになっている。

充電コントロール装置 (PCS)

風車の発電装置は PCS (Power Control System : charge /load controllers C40: e-Marine, Inc) を介してバッテリーに接続されている。バッテリーは直流 24V の鉛蓄電池を 2 本用いており、PCS の制御のもとで連続的に充電される。PCS には風力発電装置と太陽光発電装置の両方から電力が給電される。しかし本装置の弱点は給電電圧が 24V を越えた場合にのみ充電される点にあり、本件については後述する。

外灯 (照明装置) の設置

発電した電力は大学内の駐車場の夜間照明に利用するため、2 基の照明灯を設置した (写真 2)。照明灯は系統電力からは完全に分離し、風車の発電電力のみで運用することとした。照明灯には LED アレイの外灯を使用した。本 LED アレイ装置の定格電圧は 12V、低格消費電力は約 9W で、2 基の照明灯の合計で低格消費電力が 18W である。

3. システムの運用状況

発電システム運用概況

小型風力発電システムは 3 月から発電運用を開始した。風車の設置場所は本学駐車場の東北部に位置し近隣に高い建物は少ないが、周囲は杉山のため風況は必ずしも良好ではない。しかし風車の回転開始風速が低いので春先から夏にかけては順調に発電した。7 月から 10 月にかけては無風日が多く消費量が発電量を上回った。期間を通じて風向は頻りに変化しているが風車は風向

の変化に追随している。また台風などの強風時には頻繁にファールリングし風車の損傷は無かった。

外灯（照明装置）運用状況

外灯の運用を通じて問題点がいくつか明らかとなった。外灯を設置した7月末ごろは無風状態が続いたが、消費電力の少ないLED照明のためバッテリーのみで約1週間の運用が可能であった。夏季においても1週間に1回程度はバッテリーを満充電する程度の風が吹くため、連続的に運用が可能と考えられた。しかしバッテリー電圧が一旦低下するとLED照明の自動点滅器内のリレーの動作が不安定となり連続通電の状態になる事も判明した。これを避けるために電圧低下時の回路遮断リレーの導入も試行したが電力消費が発生するため、さらに回路の見直しを行うこととなった。現在回路の検討を行っている。

またバッテリーの過放電対策も重要である。本システムは系統電力から完全に切り離れた独立システムとして構築しているため、電力消費が過多となるとバッテリー（鉛蓄電池）が過放電して充電能力が著しく低下する。本システムには過放電対策として太陽光発電装置も併設しているがバッテリーを保護するには不十分であることも明らかとなり、現在対応策を検討している。

風車騒音の測定

一般に風車騒音には、ブレード（羽）の風切り音とナセル部からの騒音がある。本学規模の小型風車においてはブレードからの騒音が問題とされている。小型風車の普及を図っていく上で、ブレードの風切り音についての騒音測定が必要と考え風車騒音を測定した。人のアノイアンスや睡眠影響との対応に優れているとされる騒音レベル（等価騒音レベル（ $L_{Aeq,T}$ ））を、小型風車から5mの直近において高さ1.2mの騒音について間歇測定した（表2）。今後風速、ブレード回転数、騒音の測定を並行して実施し、小型風車の騒音特性を明らかにする予定で準備を進めている。

表2 ブレード回転に伴う騒音レベル

状況	騒音レベル
ブレード無回転時騒音	42dB
ブレード回転時騒音	61.6dB ~ 73.3dB
暗騒音（ブレード以外の騒音）	53.1dB ~ 53.7dB
自動車走行時騒音	75.9dB ~ 79.9dB

4. 高効率充電制御装置の検討

本学周辺は年間を通じての平均風速が約 3.8m と弱く、効率よく発電することがかなり困難であることも明らかとなってきた。図 2 に本研究で用いた発電機の風速に対する発電特性を示す。本研究の発電装置は風速 1.8m/s から回転を始め、このときの発電機の開放電圧は約 13V である。しかし本システムで用いている鉛蓄電池は起電力が 24V であるため、この風速ではまだ充電が始まらない。発電機の出力量は風速とともに上昇し、風速約 3.5m/s を超える付近でようやく充電電圧の 24V に達する計算となる。

ここで大学付近の風況（図 3）を見ると、風速分布は 2m/s 台の出現頻度がもっとも高く約 22%、次いで 3m/s 台が多く約 18% である。さらには風速 1 m/s が多く 17% 程度もあるが、この風速では風車が回転しないため充電はできない。ここで前述の充電開始速度を考慮すると、発電機が充電可能電圧の 24V を出力するためには約 3.5m/s 以上の風速が必要であることから、図 3 の風速 4m/s 以上の風が実用域と考えることができる。ところが風速 4m/s 未満の風の出現頻度は累積で 60% ほどもあり、すなわち 6 割以上もの時間はたとえ風車が回っていても充電が行われていない時間と予測できる。これでは風力発電装置の発電効率が悪く実用に耐えないといわざるを得ない。

風力発電を行うにはまず風況が良いことが望ましい。しかし小型風力発電においてはいつでも風況の良い場所が得られるとは限らない。例えば本学のように風力発電には最適とは言えない立地条件下においても効率よく風力発電を行うため

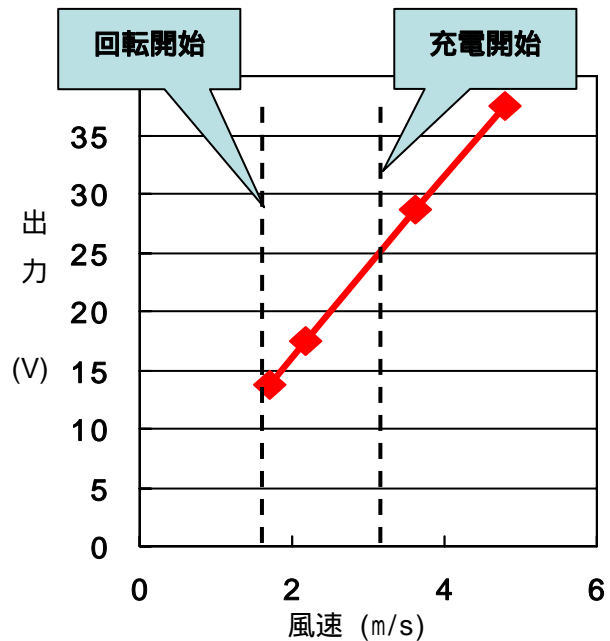


図 2 回転開始速度と充電開始速度

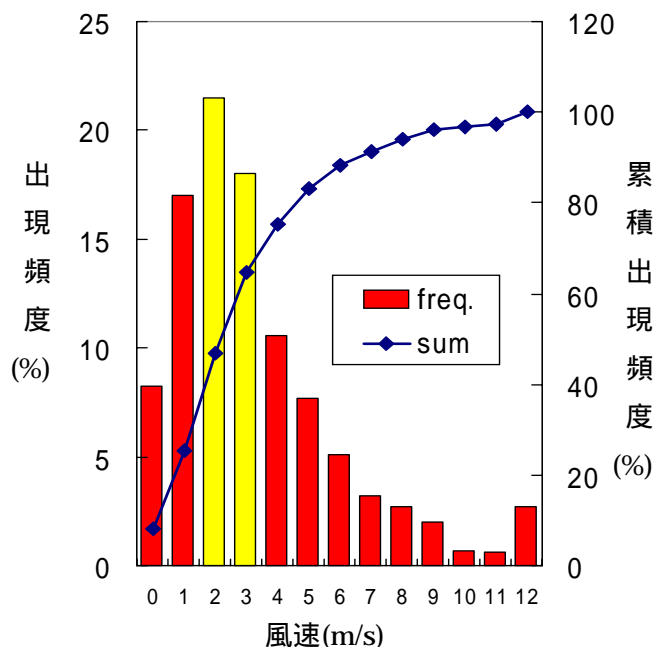


図 3 大学付近の風速分布 (NEDO 風況データより)

には、効率のよい充電コントローラの開発は重要な課題である。そこで本研究では株式会社ウィンドパワー（福島県）と協力して弱風の中でも充電を可能にする PCS の開発を試みた。この PCS 装置では、風力発電装置からの給電直後にチョッパを用いた昇圧回路を内蔵しており、入力された電圧はいったん 100V まで昇圧されその後 28V に降圧される。これによって入力電圧によらず常に 28V の充電電圧を確保することができることがわかった。

この PCS 装置を用いて、本研究の風力発電システムを運用すれば、従来までは充電電力に寄与しなかった風速 2m/s 台から 3m/s 台の風からも電力を取り出すことができると考えられる。これによって発電時間にして約 40% の効率改善が見込まれる。

分散型発電システムにおける情報システムの検討

分散型発電システム運用のためには広域的な局所風のリアルタイムな風況モニターと予測が重要な要素技術となると考えられる。風況モニターのためには気象データの簡便な遠隔伝送システムが必要である。現在、気象データの遠隔伝送については携帯電話・PHS・衛星通信など各種の方法がある。しかしこれらは、計測器・データロガー・通信装置・電源装置などを組み合わせてシステム構築する必要があり一般に多機能で大掛かりであるため住宅地での風況調査には不向きである。そこで風向・風速計測器に、通信機能を有するPDAを接続し、TCP-IP手順によってデータ送信させる簡便な装置を検討することが望ましいと考えられる。このシステムでは太陽光発電パネル等によって自立電源を確保し、携帯性が高く、簡便に設置可能であることが重要である。またTCP-IP通信によってデータ通信させることから既存のインターネットインフラが利用可能であり、将来のコビキタスコンピューティングに適合したセンサーネットへの発展性もある。このような簡便な局所風況測定システムは、今後の分散電源開発においては重要な要素技術となると考えられる。また分散型発電においては、発電量と需要量のバランスをいかに保つかが重要な問題となっている。分散型発電においては発電容量が一般に小さいため、少しの負荷の増減がグリッド全体の電力品質におおきな影響を与える。そこできめ細かな需要家ごとの消費電力予測とそれに併せた発電能力の制御が必須の技術である。この場面においてもTCP-IPをベースとするセンサーネットワークが必要となると考えている。

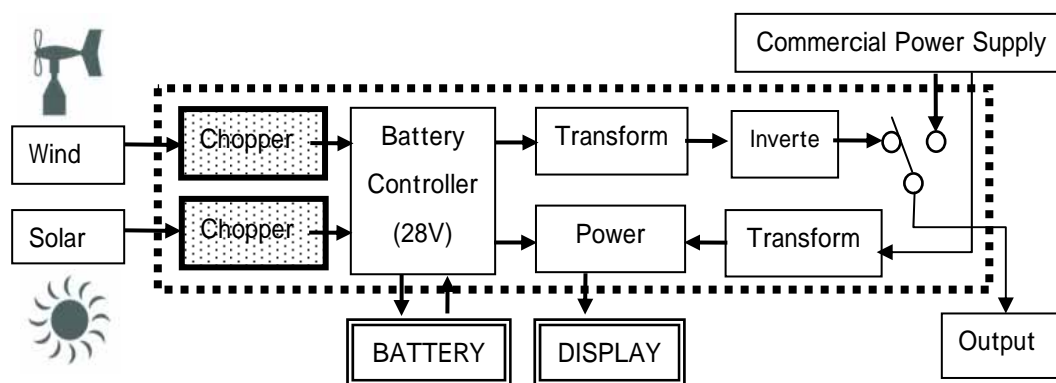


図4 チョッパ回路を内蔵した PCS のブロックダイヤグラム

5. 謝辞

本研究は、日本交通興業株式会社（富山県魚津市）より寄贈された小型風車設備一式と、石坂昭三先生の寄付金により賄われた外灯およびその設置工事によって完成した小型風力発電システムを用いたものである。寄贈および寄付を頂いた同社と石坂先生に深く感謝の意を表する。さらに PCS の改良にあたっては株式会社ウィンドパワーの多大なるご協力を得た。ここに感謝の意を表する。

6. 参考文献

- 1) 石井吉徳, 大矢暁, 内田盛也; 豊かな石油時代が終わる, 日本工学アカデミー・環境フォーラム編, 1-70 (2004).
- 2) 石井吉徳, 脱石油時代に生きる地方の知恵, http://ecosocio.tuins.ac.jp/ishii/opinions/kanazawa_industry.html, (2003).
- 3) 安井至, 市民のための環境学ガイド, <http://www.ne.jp/asahi/ecodb/yasui/> (2004)
- 4) 牛山泉, 風車工学入門, 森北出版 (2002)
- 5) Fred, G. and Andrew, R.; People Power Reinventing the power Grid- , *News Week*, **Sep. 6/13**, 40-46 (2004).

