

CMI 報告

自然エネルギーの活用

天野 俊明

1. はじめに

2005年2月に京都議定書が発効し、日本には温室効果ガスの排出量を1990年の水準より6%削減することが義務づけられた。温室効果ガスの約90%を占めるCO₂のうち、約4分の1は発電の過程で排出される。この発電の過程で排出されるCO₂を削減する手段として、近年、自然エネルギーに熱い視線が注がれている。中でも風力発電は、デンマーク、ドイツなど欧州各国で導入が進み、特にデンマークでは総発電量の10%強をまかなうに至っている。日本でも風力発電は急速に普及しているが、その発電量は全体の1%にも満たない。風力発電は今後さらに普及が進むことが期待されているが、そうした中、定格出力1kW程度のマイクロ風力発電機が各社から競って発売され、注目を集めている。そこで、このマイクロ風力発電機について、データ収集、機能評価、改良を行い、独立電源として利用することを検討した。なお、本報告は国土交通省近畿技術事務所からの委託により行った業務をもとに作成した。

2. 垂直軸風車概要

今回は、マイクロ風力発電機の中でも、垂直軸風車に絞って検討を行った。垂直軸風車の写真を写真-1に示す。垂直軸風車は、地面と垂直な軸に翼を4枚程度取付けた風車であり、翼の揚力を推進力として発電する。出力数百kW以上の大型風車では、そのほとんど全てがプロペラ風車であり、マイクロ風力発電機についても、従来はプロペラ風車が先行して普及してきていた。しかし、垂直軸風車には以下のような特徴があることから、最近では垂直軸風車の発売が相次いでいる。

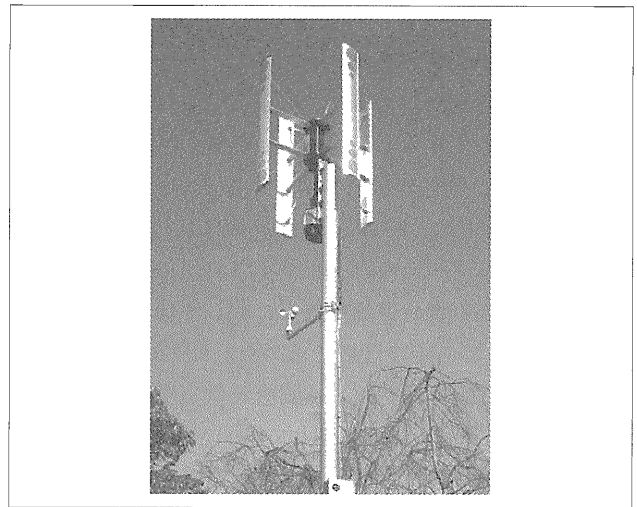


写真-1 垂直軸風車の外観

① 風向変化に影響されない

垂直軸風車は360度どの向きから風が吹いても、同じ出力を発生することができる。内陸部や都市部のような風向きが頻りに変わる場所では、効率的な発電が期待できる。

② 低騒音である

プロペラ風車と比較すると、翼の速度が低いため、風切り音が小さい。そのため、住宅地に設置した場合にも、騒音問題が起りにくい。

3. 小型垂直軸風車の機能評価

市販の小型垂直軸風車の機能を評価するため、実際に風車を設置して1年間にわたって測定を行った。用いた風車は、定格出力760W（風速12m/s）の垂直軸風車である。

今回の計測は、データ収集を目的として、風況の優れないことを承知のうえで、技術事務所のある近畿地方の内陸部で行った。そのため、年間の平均風速は1.2m/sと、大型風車の設置基準となる平均風速5.0m/sと比較するとかなり低めであった。そして、年間発電電力は15.1kWhであった。これは、一般家庭の1日分の消費電力である（風車自らの制御用電力が必要となるため、実際に取出せる電力はさらに小さくなる）。

4. 設置時の風況調査

風力発電において、風車が風から取出すことのできるエネルギーは、風速の3乗に比例する。これは、わずかな風速の違いが大きな発電量の違いにつながることを意味する。例えば、風速が1.26倍になれば発電量は2倍になるのである。このような背景から、風力発電を行ううえで最も重要な点は、風況の少しでも優れた地点に風力発電装置を設置することである。ただし、採算の点を考慮すると、大型

風力発電の場合と異なり、小型風力発電では長期間にわたる独自の事前調査を行うことは不可能である。そこで、小型風力発電独自の、風車設置に適した地点を探す方法について検討した。

まず大局的に風況に優れた地点を探す方法として、既存の風況データを用いる方法がある。既存のデータとしては、NEDO 風況マップ、気象庁の観測データがある。

次にこのデータを裏付ける手段として、既存の大型風車の設置場所、稼働状況を調べる方法がある。大型風車の設置にあたって入念な事前調査が行われており、大型風車の存在は優れた風況の証でもあるからである。そして、局地風について調べるという方法もある。電力需要のある時期と、局地風の吹く時期が一致した場合、年間平均では風況の優れた地点でも、風力発電の利用が可能となる。さらに、ある程度地域を絞込んだうえで、シミュレーションによって地形の影響を考慮することも有用である。

5. 自動車の走行風と建物、構造物による風

小型風車を導入するにあたって、最も重要な点は、風況の優れた地点に風車を設置することである。自然風に限定した場合、海岸付近、山頂付近、風の通り道となっている谷間などがそれにあたる。しかし、高度に都市化が進んだ現代社会においては、至る所で人工物によって起こされる風（人工風）が発生しており、この人工風を活用することにより、従来風力発電に適さないと考えられてきた地域への風力発電の導入が可能となる。ここでは、人工風の中でも、車両によって起こされる風（車両風）についてシミュレーションと実地試験により検証した。

実地試験は、施工技術総合研究所内テストコースで、25 tトラックを走行させて行った。また、シミュレーションはソフトウェアクレイドル社のシミュレーションソフト

「ストリーム」を用いて行った。

両者の結果はほぼ一致したため、ここではシミュレーション結果を用いて説明する。

図-2 に、左から右に時速 50 km/h 走行時の、トラック（全長 12 m、車高 3.7 m、全幅 2.4 m）の側面から 1 m における風速のシミュレーション結果を示した。風速は黄緑色の部分が最大で、その風速は約 3 m/s である。継続時間が 0.5 s 程度であることから、単独で発電に用いるには適さないが、起動アシストの役割は果たすと考えられる。

6. 活用箇所の検討

風力発電機を用いて取出したエネルギーは、道路、河川の維持管理に使うことが検討されている。ここでは、地滑り監視センサー、水門の開閉を取上げ、その実現の可否を検討する。なお、定格出力 760 W の風力発電機を用いた場合、強風域では年間 150~200 kWh 程度の発電が期待される。

(1) 地滑りセンサー

国内には数多くの地滑り危険地域が存在する。これらの地域では、地滑りセンサーを設置して、24 時間体制での監視が必要となるが、山間部であるため、センサー用電源として商用電源を用いることが困難である。

そこで、独立電源として、風力発電機を用いることの可否を検討した。1 台の無線端末に 10 機の変位計を接続した場合、1 回の測定、送信の消費電力は 2 Wh 程度である。1 時間おきに測定、送信した場合、その消費電力は 1 日 48 Wh、1 年で 17.5 kWh である。ある程度の強風域であれば、小型風力発電機 1 基でまかなうことができる。

(2) 水 門

小型の樋門の多くは、手動で開閉されている。小型とはいえ、その質量は 1 m×2 m のもので 0.7 t に達し、これを手動で開閉することは、大変な労力を要する。また、水門は河川の堤防に設置されていることが多く、風況に優れている。そこで、樋門開閉用電源として、風力発電機を用いることの可否を検討した。水門 1 回の開閉に要する電力は 45 Wh、開閉作業を夜間に行うとした場合、照明の消費電力 320 Wh（40 W の蛍光灯を 8 時間点灯）であり、合計 365 Wh となる。これを 1 週間に 1 回行うとすると 1 年間の消費電力は 19 kWh となる。これは地滑りセンサーの消費電力とほぼ同等であり、風力発電の採用が可能であると考えられる。

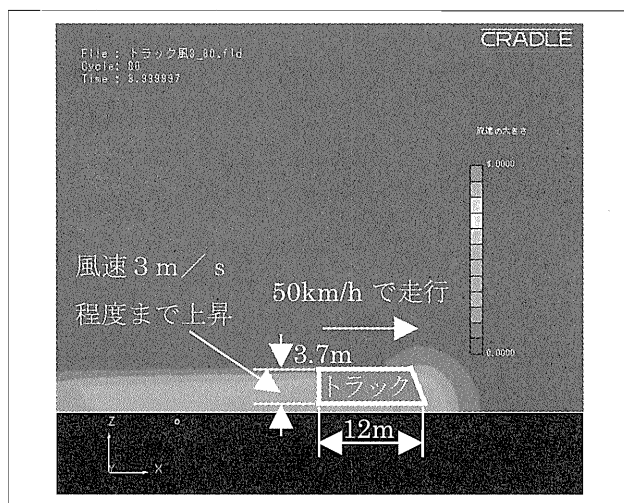


図-2 トラック走行風のシミュレーション結果

7. エネルギー蓄積技術の検討

風車の機能評価において検証したように、小型垂直軸風車の年間発電電力は15.1 kWhであった。これは、設置地点の平均風速が1.2 m/sと低かったことも一因であるが、風速に見合った発電がなされないことによるところも大きいと考えられる。そこで、風速と回転数の関係について調べ、改善策を検討した。

(1) 現状の問題点

図-3に現状の風速と風車回転数の関係と、周速比（風速と翼速度の比）2としたときの風車回転数の理論値を比較して示した。現状では、回転数が風速の変化に追随しておらず、かつ、風速一定のときも回転数が理論値まで上昇していない。これは、発電機とバッテリーが直結されており、電圧と電流の関係が適正に制御されていないため、風車の軸トルクが過大になっていることが原因である。また、この状態では、風車は失速状態で発電するため、十分な出力が得られない。

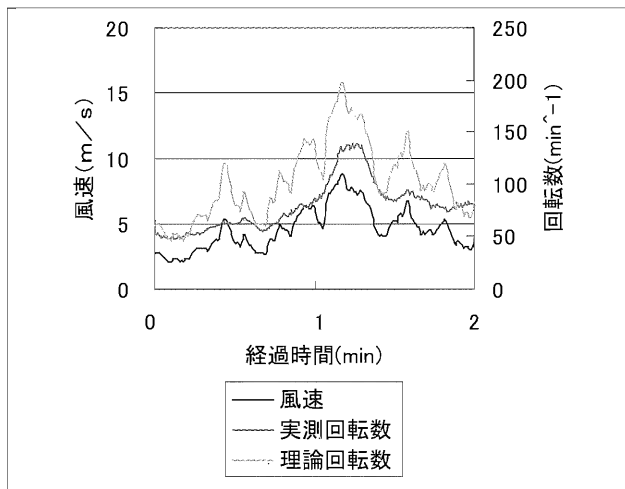


図-3 風速と風車回転数の関係（実測値と理論値）

(2) 改良方法とその効果

風速に応じた発電電力を得る方法として、電圧、電流を制御しキャパシタを用いて充電する方法を検討した。この方法によると、翼が失速状態に陥ることが少なく、より効率的に発電することができる。この改良を行った場合の発電電力を、シミュレーションを用いて計算した。

図-4に改良前後の1時間平均風速と発電電力の関係を比較して示した。各風速において、発電電力は80%以上増大することが期待される。

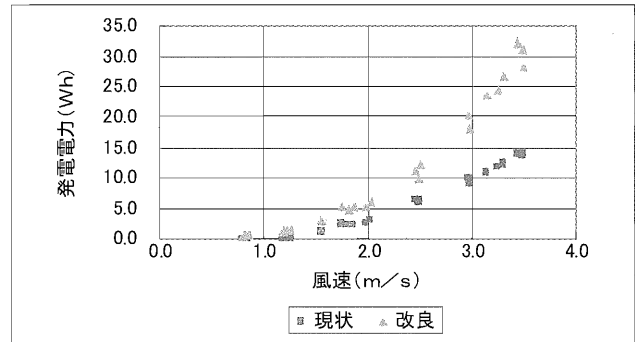


図-4 風速と発電電力の関係（現状と改良後）

おわりに

昨今のエコロジーブームに乗って、小型風力発電の普及はめざましいものがあり、街中においても公園や屋上に設置されているのを見かけることも多い。ただし、今回検討したように、継続的な強風が存在しない市街地では、アウトプットはほとんど期待できずモニュメントと化しているのもまた事実である。

このブームが一過性のものとならないように、今後の更なる技術的発展に貢献していきたいと考えている。

JCMMA

【筆者紹介】

天野 俊明（あまの としあき）
 社団法人日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第四部
 主任研究員