

416 高性能水平軸小型風車の開発研究

～翼枚数および設計周速比変化の影響について～

○学 宮下 敏幸 (足利工大)

Toshiyuki MIYASHITA, Ashikaga Institute of Technology

正 西沢 良史 (足利工大)

Yoshifumi NISHIZAWA, Ashikaga Institute of Technology

正 牛山 泉 (足利工大)

Izumi USHIYAMA, Ashikaga Institute of Technology

Key Words: Small Wind Turbine, Horizontal Axis, Low tip speed ratio

1. 緒言

代表的な再生可能エネルギーである太陽光と風力との間には季節的および目的な相互補完性が存在する。したがって、小型風力発電機と太陽電池パネルを組み合わせたハイ

ブリッド発電システムは年間を通じて安定した電力が期待できる。さらに、この発電システムを可搬型とすることにより、孤立した被災地や開発途上国の無電源地帯などでは有用な独立電源となりうる。

当研究室では、このようなハイブリッド発電システムを可搬型 BOX に組み込んだ WISH (Wind and Solar Hybrid) BOX を提案している。以前、このシステムに用いた小型風力発電機は市販の先細テーパ翼を用いた高風速域用のタイプであったため、低風速域での利用に難点があった。¹⁾

そこで、本報告では、設計周速比 $\lambda_d=2$ のブレード枚数を 3、4、5 枚と変化させた場合と 5 枚翼の設計周速比を $\lambda_d=2$ 、2.25、2.5 と変化させた逆テーパ形ブレードの供試風車を設計・製作し、これらの供試風車について風洞実験を行った。その結果、きわめて高いパワー係数が得られたのでこれについて報告する。

2. 供試風車の設計

供試風車は、翼素運動量複合理論²⁾をベースにして風車ブレードの簡易設計法³⁾によって設計を行い、逆テーパ形のブレードを製作した。本研究においては、翼枚数および設計周速比による性能評価を目的とするため、各供試風車の翼型、揚力係数、迎角、風車半径には共通の設計値を用いた。

3. 実験装置および方法

本実験に用いた風洞は吹き出し型で、風速 2[m/s]～20[m/s]まで変化させることができる。吹き出し口の断面は 1.05[m]×1.05[m]である。風車への負荷は 200[V]3 相 4 極および 6 極の誘導電動機を用いて、同期周波数をインバータで制御、任意に設定した周波数に対応するトルク及び回転数をトルク変換器、回転計により測定している。

4. 供試風車の翼枚数変化による性能比較

まず、逆テーパ形 3 枚翼のパワー係数を図 1 に示す。パワー係数は風速 4[m/s]～10[m/s]の範囲において周速比 $\lambda=1.5\sim2.5$ の範囲においてほぼ一定の最大値 $C_{pmax}=0.35$ が得られている。

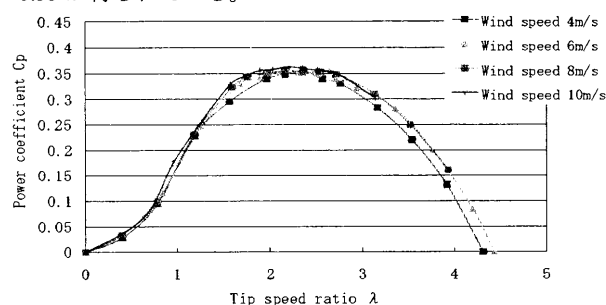


Fig.1 Power Coefficient of Inversely Tapered Type (three pieces wing)

次に、逆テーパ形 4 枚翼のパワー係数を図 2 に示す。パワー係数は風速 4[m/s]～10[m/s]の範囲において周速比 $\lambda=1.9\sim2.6$ の範囲においてほぼ一定の最大値 $C_{pmax}=0.37$ が得られている。

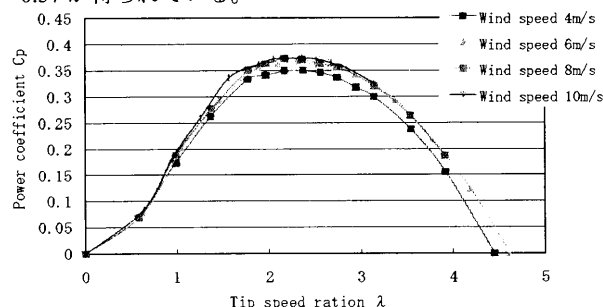


Fig.2 Power Coefficient of Inversely Tapered Type (four pieces wing)

さらに、逆テーパ形 5 枚翼のパワー係数を図 3 に示す。パワー係数は風速 4[m/s]～10[m/s]の範囲において周速比 $\lambda=1.9\sim2.8$ の範囲においてほぼ一定の最大値 $C_{pmax}=0.42$ という高い値が得られている。これにより、高いト

ルク係数とパワー係数を得るためには翼枚数が3、4、5枚の場合、5枚翼が良いことが明らかになった。

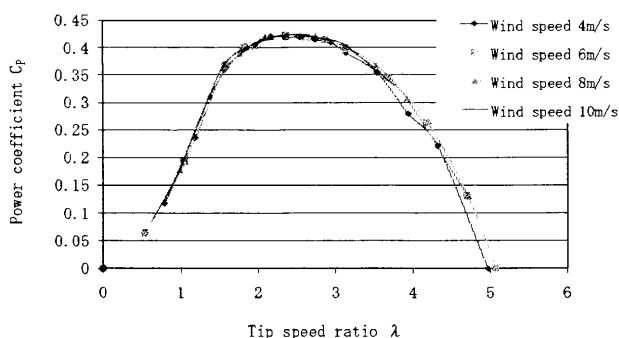


Fig. 3 Power Coefficient of Inversely Tapered Type (five pieces wing)

逆テーパ形 5 枚翼は、パワー係数がいずれも 3 枚、4 枚、5 枚の 3 種類の中で最も大きな値となることが明らかになった。風速に応じて最大値は異なるものの、3 枚翼および 4 枚翼の場合よりもパワー係数は高い値を示している。しかし、パワー係数の最大値は大きいものの、それに対応する周速比の範囲がやや狭くなっている。しかし、他の翼枚数が最大値を越えて周速比が高くなると、急激に減少する傾向にあるのに対して、緩やかに減少するという特徴を持っている。

5. 供試風車の設計周速比変化による性能比較

翼枚数変化による風車の性能比較より、逆テーパ形 5 枚翼が最も大きな値を得られることが明らかになった。

そこで、逆テーパ形 5 枚翼の設計周速比を $\lambda_d = 2.25$ 、2.5 と変化させ、実験により以下の結果が得られた。

まず、設計周速比 $\lambda_d = 2.25$ のパワー係数を図 4 に示す。パワー係数は風速 4[m/s]～10[m/s]の範囲において周速比 $\lambda = 2 \sim 2.8$ においてほぼ一定の最大値 $C_{pmax} = 0.38$ が得られている。

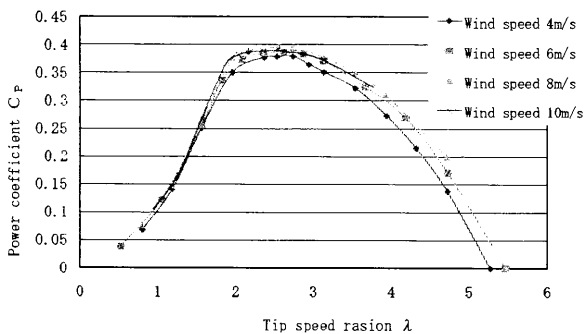


Fig. 4 Power Coefficient of Inversely Tapered Type (design tip speed ratio $\lambda_d = 2.25$)

次に、設計周速比 $\lambda_d = 2.5$ のパワー係数を図 5 に示す。パワー係数は風速 6[m/s]～10[m/s]の範囲において周速比 $\lambda = 2.1 \sim 2.8$ の範囲においてほぼ一定の最大値 $C_{pmax} = 0.37$ が得られている。しかし、風速 4[m/s]では最大値 $C_{pmax} = 0.35$ と低くなっている。0.37 が得られている。しかし、風速 4[m/s]では最大値 $C_{pmax} = 0.35$ と低くなっている。

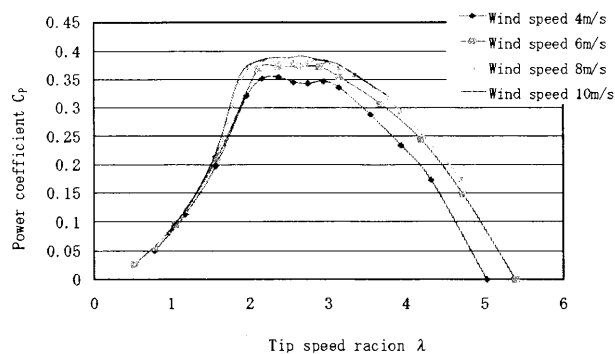


Fig. 5 Power Coefficient of Inversely Tapered Type (design tip speed ratio $\lambda_d = 2.5$)

逆テーパ形 5 枚翼の設計周速比 $\lambda_d = 2$ は、設計周速比 $\lambda_d = 2.25$ 、2.5 の 3 種類の中で最も高いパワー係数を得られることが明らかになった。

6. 結 言

本研究において、翼枚数と設計周速比の変化に関係なくパワー係数は風速 4[m/s]で、最大パワー係数 $C_{pmax} = 0.35$ 以上の値が得られたが、風速 10[m/s]になると設計周速比 $\lambda_d = 2$ の 5 枚翼が最大パワー係数 $C_{pmax} = 0.40$ で最も大きい値が得られた。

設計周速比を変化させるとパワー係数の曲線に不安定な部分が現れ、風車性能の向上は見られなかった。

7. 今後の課題

まず、本研究で翼枚数および設計周速比を変化させた場合、風車性能に及ぼす影響を可視化実験により調べる必要がある。また、可視化実験ではロータ周りと翼周りの流れをそれぞれ調べ、ブレードから発生する渦と風車性能への影響について考察する。

参考文献

- 1) 牛山泉、佐久間宏道他、可搬型 WISH BOX の試作研究、太陽・風力エネルギー講演論文集(1996)、平成 8 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会、(1996-10)、酒田市総合文化センター、pp.209-212
- 2) 西沢良史、牛山泉、水平軸セイルウィング風車に関する実験的研究、太陽／風力エネルギー講演論文集・足利、JSES、JWEA、pp.327-330、(2003)
- 3) 牛山泉、風車工学入門(基礎理論から風力発電技術まで)、森北出版株式会社、pp100～PP107、(2002)、