204 鳥翼型垂直軸風力タービンに関する研究 (第3報 三枚翼実寸モデルの性能評価実験)

Study of a Vertical Wind Turbine Using Mechanism of Bird Wing (Part 3 Experimental Study of the Three Sheet Wing Full Scale Model)

○丹澤 祥晃 (日本工大)
橋詰 匠 (早 大)

佐藤 隆夫 (藤井精密工業)

Yoshiaki TANZAWA, Nippon Institute of Technology, 4-1 Gakuendai Miyasiro-machi, Saitama
Takao SATO, Fujii Precision Industries, Ltd.
Takumi HASHIZUME, Waseda University

Many birds increase by flapping the wing and the whole wing is flexibly moved this time. This movement produces a difference in the air resistance. The air is grasped enough, when the wing is moved in the downward direction. The air is released from the clearance of the wing, when the wing is moved upward. It is considered to apply this mechanism to the bird type wing of the wind turbine. In the paper, the verification of the effect of bend motion of the thin plate which constitutes the bird type wing for the wind turbine and performance evaluation experiments of a three sheet wing turbine generator system are discussed. A worthwhile knowledge is obtained on operation of the wind turbine.

Key Words: Energy Conversion, Renewable Energy, Wind Power Generation, Vertical Wind Turbine

1. まえがき

大型の風力発電機は各地に建設されているが、住宅等に設置する小型の風力発電機については、安定・安全性および運用上の問題から実用例は多くない。本研究は、独自の垂直軸型タービンを用いた、住宅等に設置することができる小規模な風力発電機の開発を目的とするもので、前報までに^{(1), (2)}、鳥翼型垂直軸風力発電機（第一号試作機）について、翼形状等と性能評価実験の結果、翼モジュールの取り付け位置や数の効果、風力タービンに直結する自作発電機の性能実験の結果を報告した。本報では、これらを踏まえて制作した三枚翼実寸モデルの性能評価実験の結果について報告する。

2. 鳥翼型タービンの原理と概略

多くの鳥はその羽根を羽ばたかせて上昇する。例えば、カラスが羽ばたく様子を観察すると、翼はそのつけ根のみが動くのではなく、翼全体がフレキシブルに動いて、羽根を上向きに動かすときと下向きに動かすときとで、空気に対する抵抗の違いを作り出している。

このような動きを風力タービンに応用すべく、まずは、風速計として普及している風杯型の風力タービンに着目し、そこに鳥の羽根の動きを応用することを考えた。図1に示すように、薄板を「く」の字に折り曲げた形状の翼を、180[deg]の相対角をもって、垂直軸の両側に取りつける。風が図の矢

Fig. 1 Wind turbine using mechanism of bird wing

印の方向から吹いた場合、翼Aの方が翼Bよりも抵抗が大きく、タービンは上から見て左回りに回転する。このような鳥翼型翼の場合、翼の内側に風が吹き込むと薄板（羽根に相当）がしななって開き、さらに抵抗を増す。逆に翼の外側に風が当たると翼がしななって閉じ、抵抗がさらに小さくなる。このように、ここに取り上げる翼は、羽根部分に薄い金属等の板を用い、風の力でそれが変形することによって翼の抗力の差を大きくするものである。

第一号試作機では、図1の上翼、下翼からなる翼を受風面積約0.07[m²]の翼モジュールとして12個取り付けしたが、三枚翼実寸モデルでは、これに中翼、外翼を加えて図2に示す構成とした。中翼、外翼は、一辺が240[mm]のほぼ正方形の薄板で、回転軸に近い一辺のみをフレームに固定している。中翼の回転軸から遠い辺は、上翼、下翼がしななって開くときには、隣の中翼に接して風をしっかり受け止め、上翼、下翼がしななって閉じるときには、隣の中翼との間に隙間ができ、風を逃がす。

Fig. 2 Wind turbine of three sheet type and generator

3. 性能評価実験

三枚翼実寸モデルの中翼の開閉動作および翼の中央のすきまの影響の確認のため、図3に示す3つの翼を用意し、まずは、回転軸に取り付け風を受けた場合の静止トルクの測定を行った。また、三枚翼実寸モデル (Type 1) については、翼の開きも調査した。ここでは、風速は図3の矢印の向きを正とし、そのときに生じるトルクの向きを正としている。また、逆向きに風を受けた場合に生ずる静止トルクの向きを負とし、このときに中翼の開きも測定した。

Fig. 3 Outline of the wings

結果を図4、図5に示す。三枚翼実寸モデル (Type 1) の中翼を開かないように固定した Type 2 を Type 1 と比較すると、翼の開きは風速 9[m/s] で 10[cm] ほどになっているにもかかわらず、負の向きに風を受けた際の静止トルクには、風速 9[m/s] で若干差異を見るにすぎない。また、翼中央に 20~30[mm] ある隙間を塞いだ Type 3 (中翼は開かないように固定している) を Type 2 と比較すると、正の向きに風を受けた際の静止トルクが若干大きくなっているのを認める。

Fig. 4 Measurement of the standstill torque

Fig. 5 Edge displacement of the middle wing

つぎに、負荷実験について述べる。

発電機は、外径 510[mm]、高さ 210[mm] の円筒状で、ロータにフェライト磁石 32 個、ステータには素線径 0.32[mm]、巻数 2500 のコイル 12 個を有する自作のものを用いた。12 個のコイルは、3 組に分け、整流器 (新電元: S20VT60) 一つに三相に接続し、直流にした電圧、電流を測定する。発電機の出力は、定格 100V-7W~80W の電球を適宜組合せて負荷とし、直流電流、電圧の積を発電機出力とする。

Fig. 6 Relationship between current and voltage

Fig. 7 Relationship between current and generator output

風速 9[m/s] において得られた電流と電圧、電流と発電機出力の関係をそれぞれ図6、図7に示す。Type 1 と Type 2 との比較では、どちらの図にもさほど違いが現れていない。Type 2 と Type 3 との比較では、Type 3 を用いた際の発電機出力が約 10% 大きくなっている。すなわち、中翼の効果は、風速 9[m/s] 以下では、静止トルクの実験結果にも負荷実験の発電特性にもほとんど現れず、むしろ、翼中央の隙間を無くす、あるいは、小さくする工夫が必要と言える。

4. あとがき

鳥翼型垂直軸風力発電機 (三枚翼実寸モデル) について、中翼の効果の確認と性能評価実験を行った。中翼の効果は、風速 9[m/s] 以下では確認できず、むしろ、翼中央の隙間を小さくする工夫が必要であることが確認できた。風力タービンの詳細な特性調査は、発電機に関するものと併せて、後日、報告の機会を持ちたい。また、風速 20[m/s] までの実験調査を行っているので、その報告の中で、中翼の効果について検討する予定である。

最後に、本研究は文部科学省革新的技術開発研究推進費の補助を受けて行われた。関係各位に謝意を表する。

参考文献

- (1) 丹澤, 佐藤, 橋詰, 機講論, No. 01-4 (2001), 225-226.
- (2) 丹澤, 佐藤, 橋詰, 機講論, No. 020-4 (2002), 181-182.