21009 つば付き小型風車に関する基礎研究

A Basic Study on Small Wind Turbine with Brim

○ 木部 健太郎 (千葉工大) 正 南 和一郎 (千葉工大)

Kentaro KIBE, Chiba Institute of Technology, 2-17-1, Tsudanuma, Narashino, Chiba
Kazutiro MINAMI, Chiba Institute of Technology

As a method to utilize wind energy effectively, the improvement of wind turbine efficiency was tried by a propeller wind turbine shrouded a casing (a straight pipe) and installed brim backward based on structure of a shrouded wind turbine equipped with a brimmed diffuser and let the wind velocity in a casing have an increase speed by an effect by brim in this study. In an experiment, the good shape of casing and brim was clarified by changing a shape of casing and brim, and the result that windmill efficiency improved was provided. Furthermore, it is thought that can be expected improvement of wind turbine efficiency by designing and using wind turbine blade which is suitable for a wind turbine with brim.

Key Words : Wind Turbine, Wind Energy, Separation, External Flow, Turbomachinery

1. 緒言

風から風車を得ることのできるエネルギーは風車の受風面積、または風速の3乗に比例する。一般に大気中において風速を増大させることはできないので、より大きなエネルギーを得るためには受風面積を大きくすることになる。しかしながら本研究では受風面積を大きくするのではなく風速を増大させる方法として、風車にディフューザとつばを取り付ける風レンズ風車におけるつばの効果に着目し、つばのみの効果による増速効果から風車性能の向上を試みる。そこでケーシングとつばの最適な形状を明らかにすることを目的とする。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 つば付風車

図1に示すように、つば付風車は風レンズ風車におけるディフューザの代わりにプロペラをケーシング（ストレート管）で覆い、後方につばを取り付けた構造となっている。ケーシング外部を流れる風の流れがつばにあたることにより、つば後方ではく離する。そのため、ケーシング出口の圧力がケーシング内部の圧力より低くなり、ケーシング内の風速が上がる。

2.2 実験装置

実験装置は図2のように主にプロペラ、発電機、ケーシング、つば、前ハブから構成される。本実験において表1に示すプロペラ3種、表2に示すケーシング及びつばを用いた。

2.3 実験方法

実験に使用した風洞の形状は1.2m×0.9mであり、プロペラ(i)、(ii)においては風速V=8m/s、(iii)においては風洞による形状効果を考慮し風速V=5m/sとした。

Fig.1 summary of wind turbine with brim
(propeller(i),(ii))

Fig.2 experimental device summary (propeller(i),(ii))

Table.1 Propeller shape

	blade number	diameter	blade angle
(i)	5 blades	113[mm]	66[°]
(ii)	7 blades	113[mm]	70[°]
(iii)	5 blades	300[mm]	65[°]

Table.2 Casing and brim shape

	D	L	h
(i),(ii)	115[mm]	0.26D,0.35D, 0.43D,0.70D	0.17D,0.26D, 0.35D,0.43D
(iii)	310[mm]	0.27D,0.34D, 0.66D	0.13D,0.16 D, 0.35D,0.44D

ケーシングとつばの組み合わせを変え、風車の性能試験を行った。負荷として発電機に抵抗つなぎ、その抵抗値を変えることにより回転数を変化させた。そのときの図2のように測定機器を配置し、プロペラの回転数、発電機の出力電圧を測定し、総合効率 $\eta_T = W/L_w$ とし、発電機の効率 $\eta_G = W/L_s$ とから風車のパワー係数 $C_p = \eta_T / \eta_G = L_s/L_w$ を得た。

ここで、 $L_w[W] = \rho A V^3 / 2$ は風動力、 $L_s[W] = T \omega$ は風車出力、 $W[W] = IE$ は発電機出力とする (ρ [kg/m³]: 空気密度、 A [m²]: 受風面積、 T [N·m]: トルク、 ω [rad/s]: 角速度、 I [A]: 電流、 E [V]: 電圧)。

3. 実験結果及び考察

得られた主な結果の比較として性能曲線を図3~6に示す。横軸は周速比 $r\omega/V$ (r [m]: プロペラ半径)、縦軸はパワー係数 C_p となっている。

3.1 つばの高さ

図3~5よりプロペラ(i)(ii)においてつば高さ $h=0.17D \sim 0.35D$ ではプロペラの場合に比べ約1.4倍のパワー係数の向上が見られる。また $h=0.43D$ においては約1.55倍となった。プロペラ(iii)においても $h=0.35D$ では約1.4倍、 $h=0.44D$ では約1.5倍となった。一方で $h=0.13D, 0.16D$ ではパワー係数の向上は見られていない。このことからつばの高さ $h=0.35D \sim 0.44D$ が、つばの効果によるケーシング後方の負圧の発生に適していると考えられる。さらにつばの高さを大きくする方法も考えられるが、大きさがプロペラのみ倍以上となることから、 $h=0.35D \sim 0.45D$ が最適であると考えられる。

3.2 ケーシングの長さ

図6よりケーシングの長さは短いものほどパワー係数の向上が見られ、実験装置の構造上、限界の長さであるケーシング $L=0.26D$ において最も良い効率が得られる結果となった(プロペラの厚み: $x=0.13D$)。これはケーシングの長さが短いほど管路損失が低減するためと考えられる。このことからプロペラのみを覆う長さでも十分であると考えられる。

4. 結言

つばによる増速効果によって風車のパワー係数を向上させることができ、以下のことが明らかになった。

- ・つばの高さは $h=0.35D \sim 0.45D$ が適している。
- ・ケーシングの長さは短いほどよい。

上記の結果を踏まえ、さらにつば付き風車に適した羽根を設計し用いることにより、より風車性能の向上が期待できると考えられる。

Fig.3 performance curve(propeller (i), L=0.35D)

Fig.4 performance curve(propeller (ii), L=0.35D)

Fig.5 performance curve(propeller (iii), L=0.34D)

Fig.6 performance curve(propeller (i), h=0.43D)