

垂直軸型風車の性能に及ぼす風車形状パラメータの影響

徳島大学大学院 学生員 ○篠宮 章 徳島大学 正員 長尾 文明
 徳島大学 正員 野田 稔 徳島大学 正員 宗田 和之

1. はじめに

垂直軸型風車は水平軸型風車と違って風向依存性がないため、日本のように複雑な地形や日々の気圧配置の変化によって頻繁に風向が変化するような地域でも有効利用が可能であると言える。しかしながら、垂直軸型風車の研究や普及は水平軸型風車に比べて遅れているのが現状である。そこで、本研究では直線翼を用いた垂直軸型風車の基本性能について検討するため、翼の形状ならびに風車の形状が垂直軸型風車の性能にどのような影響を与えるかについて検証している。

2. 風車諸元

本研究では写真-1に示す外径30mm、内径24mmのステンレス製パイプを軸とし、直線翼を用いた垂直軸型風車を使用している。なお、風車の回転半径 R は300mm、450mm、600mmと三段階のものに取替えることができ、翼枚数 N も2枚、3枚、4枚と変化させることができるようになっている。

使用した翼の断面図および寸法を図-1、表-1に示す。それぞれの翼は翼弦長 c を変化させているが、最大翼厚比 t/c が一定となるよう同時に翼厚 t も変化させている。このため、いずれの翼もNACA0012を基準とした対称翼である。なお、翼長 l はすべて900mmとなっている。

3. 実験概要

実験に用いた風洞は徳島大学工学部の室内還流式風洞実験装置であり、測定胴部は高さ1.5m、幅1.5m、長さ10.7mとなっている。測定胴内上流から2.2mの位置にピトー管を、8.125mの位置に風車を配置し、他の測定機器は図-2に示すように設置する。実験ではモーターによって風車を一定速度で回転させた状態で風速を変化させつつ、風車に作用するトルク T (N・m) と風車回転数 n (rpm) および動圧 h (mmH₂O) を測定する。

実験条件は表-2に示すとおりである。ソリディティ $\sigma (=Nc/2\pi R)$ の影響について検討するため、それぞれ翼弦長、回転半径、翼枚数を変化させている。

なお、本実験では翼の性能のみに注目するため、翼を取り付けていない状態の風車に作用するトルクを測定し、全体のトルクから差し引くことで翼によって発生させたトルク T を求めている。また、風車の回転による影響で実風速と見かけ上の風速に誤差が生じてしまうため、別途これらの関係を調査し補正を行っている。

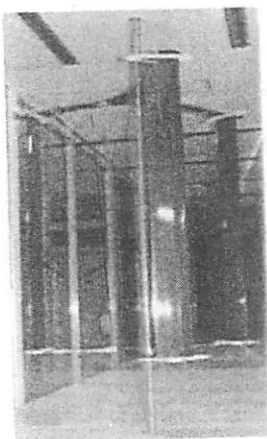


写真-1 垂直軸型風車

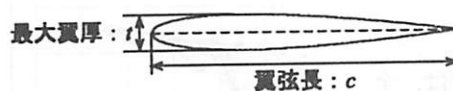


図-1 翼の断面形状

表-1 翼の寸法

blade-No.	t (mm)	c (mm)	t/c
I	13.5	112.5	0.12
II	18.0	150.0	0.12
III	22.5	187.5	0.12
IV	27.0	225.0	0.12

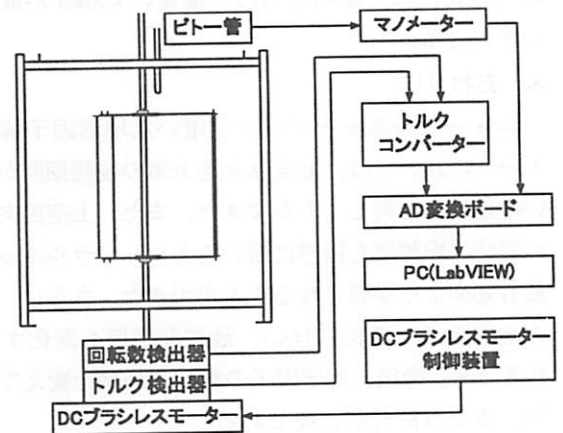


図-2 垂直軸型風車および測定機器の設置状況

表-2 実験条件

(a) c を変化させるケース

c (mm)	R (mm)	N	σ
112.5	450	3	0.119
150.0	450	3	0.159
187.5	450	3	0.199
225.0	450	3	0.239

(b) R を変化させるケース

c (mm)	R (mm)	N	σ
112.5	600	3	0.090
112.5	450	3	0.119
112.5	300	3	0.179

(c) N を変化させるケース

c (mm)	R (mm)	N	σ
112.5	450	2	0.080
112.5	450	3	0.119
112.5	450	4	0.159

4. 実験結果及び考察

測定された回転数から周速 $V(\text{m/s})$ を、動圧から風速 $U(\text{m/s})$ を求め、トルクとあわせて風車効率 $C_p(=\frac{2\pi nT}{60} / \frac{\rho U^3 A}{2})$ (ρ : 空気密度, A : 受風面積) ならびに周速比 $\beta(=V/U)$ を算出し、この関係を表したものが図-3 である。いずれも $V=8.5\text{m/s}$ になるように回転数を調整したときの結果を示している。(a)~(c) いずれの実験からもソリディティが増加するにしたがって、高い風車効率を示す周速比の範囲が低周速比側に移行していることが分かる。

図-4 にはそれぞれの実験条件において周速を三段階に変化させ、風車効率の最大値 $C_{p_{max}}$ およびそのときの周速比 β_{peak} とソリディティの関係を示している。(a) については $\sigma=0.16$ のときを除くと、ソリディティが変化しても最大風車効率はあまり変化しないが、(b) と (c) についてはソリディティの増加に伴い、最大風車効率は低下する傾向にある。また、(a)~(c) いずれの実験においてもソリディティが増加することで最大風車効率を示す周速比は小さくなる。すなわち、ソリディティが小さいほど低風速域で高い風車効率を発揮することができ、逆にソリディティが大きい場合は、風車効率で劣るとしても高風速域での回転には有利であると言える。

なお、(a) のケースでは翼の大きさを変化させる必要があるため、(b) と (c) のケースに比べて翼の端板を大きくしている。このため、(a) と (b) または (c) における $\sigma=0.119$ のときの結果は異なっている。

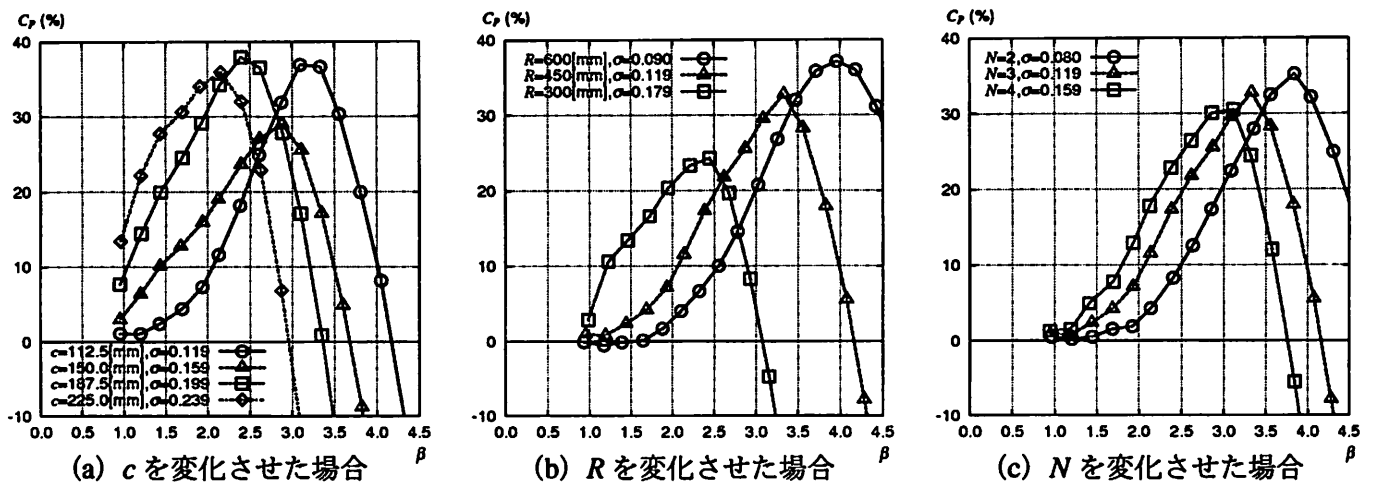


図-3 風車効率と周速比の関係に対するソリディティの影響

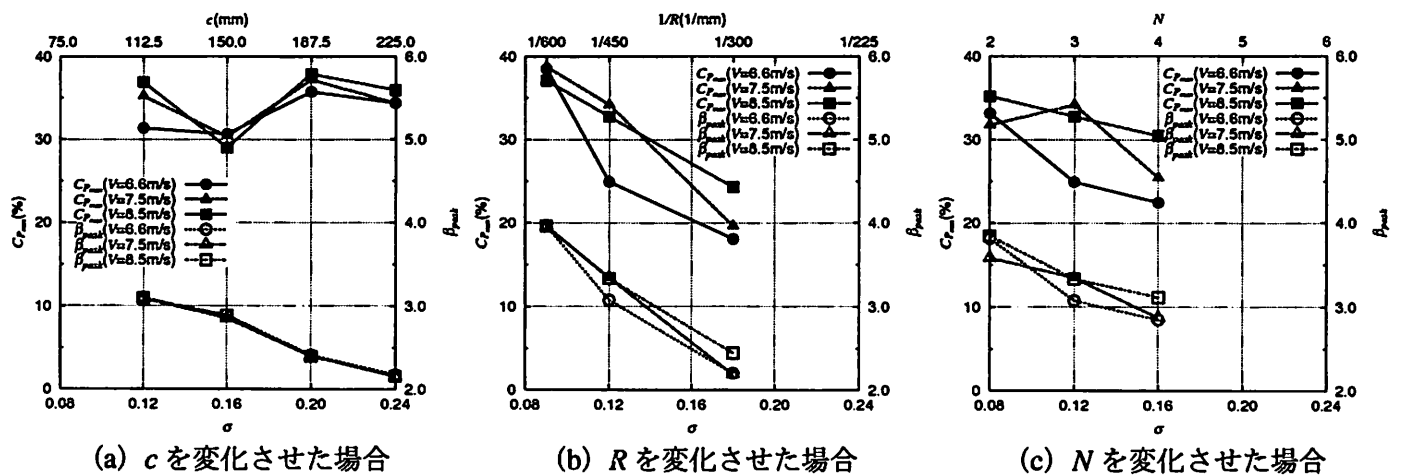


図-4 最大風車効率および最大風車効率を示す周速比

5. おわりに

本研究では3種類のパラメータを変化させることでソリディティを増減させ、それによって風車の性能にどのように影響を及ぼすのかについて検討した。しかしながら、これがソリディティの増減のみによる影響であるのか、もしくは回転半径や翼枚数の変化そのものによる影響であるのかは断定できない。今後、ソリディティを増減させずに回転半径や翼枚数を変化させることで検証を行う必要があると言える。

謝辞

本研究を行うにあたり、徳島大学工学部（研究当時）の岡野智久氏、とくしま環境科学機構にご協力いただきました。ここに記して感謝いたします。