

マイクロ風力発電システムの出力特性に関する計測手法の検討

正会員○ 内海 航介*¹ 同 野々村 善民*²
同 小林 信行*³ 同 平原 裕行*⁴

風洞実験 風力発電 風速分布
制風システム 基準風速

1. はじめに

市街地における風環境の制御方法として、筆者らは、量産型のマイクロ風車（直径 50cm の風車と小型発電機から構成）を開発している。風車直径が 1m 未満のマイクロ風力発電システムは風洞装置を用いた風速と発電量の関係についての試験方法は確立されていない。本報告では、①2種類の風洞実験と実測から計測したマイクロ風車の全エネルギー回収効率、②単体のマイクロ風車周辺の風速分布について報告する。

2. 屋外フィールドにおける実証試験（実測）

実測方法の詳細については文献¹⁾を参照のこと。マイクロ風車は屋外に長期間設置している。1年間の解析期間で算出した全エネルギー回収効率（ C_A ）は 0.19 になっている。

3. 風洞実験（実験）

風洞実験の詳細については文献¹⁾を参照のこと。（株）フジタ技術センターの風洞装置は風洞の側壁位置を変えることにより、以下の2種類の風洞実験が実施できる。

①ゲッチングン型（回流型）：マイクロ風車は測定胴内に設置。②エッフェル型（開放型）：マイクロ風車は屋外に設置。測定部が気開放となるゲッチングン型風洞の実験結果は上記の2種類の実験結果の間になると思われる。

表2に風洞実験の測定条件を示す。基準風速は風洞測定胴内の中心付近においてピトー管により計測している。

3.1 2種類の風洞装置による単体マイクロ風車の出力特性 図1に2種類の風洞装置を用いた、単体のマイクロ風車の風車回転数と全エネルギー回収効率（ C_A ）を示す。発電機に接続した電気負荷抵抗は 50Ω である。

表1 記号表

V	各測定点の風速(m/s)	V_0	基準風速(m/s)
ρ	空気の密度(kg/m ³) 1.25 kg/m ³	D	風車直径(m)、0.5m
P	発電量(W)	P_0	基準風車の発電量(W)
R	電気負荷抵抗(Ω)	A	風車受風面積(m ²)
X	気流の主流方向の距離(m)	Y	気流の鉛直方向の距離(m)
E	風車を通過する風の全エネルギー(W)(m ² kg/s) $E = \frac{1}{2} \times \rho \times V_0^3 \times A$		
C_A	全エネルギー回収効率(-) $C_A = \frac{P}{E}$		

風車回転数が約 1000rpm となるエッフェル型の C_A と実測の C_A は 0.19 になり、概ね同じになっている。

風車回転数が約 1000rpm でゲッチングン型の C_A は 0.25 になり、エッフェル型と実測の場合に比べ約 1.3 倍になっている。風車回転数が約 1000rpm の風速は、ゲッチングン型で 9.13m/s、エッフェル型で 10.50m/s になっている。

3.2 単体のマイクロ風車周りの風速比

図2に単体のマイクロ風車周りにおける風速比を示す。ゲッチングン型で $y=2D$ の位置における風速比（ V/V_0 ）は、約 0.95 で概ね一定になっている。

ゲッチングン型で $y=0.8D$ で $X/D \leq 4$ の領域における V/V_0 は、0.95~1.0 になっている。 $X/D \geq 5$ の領域では、風車との距離が長くなるほど、 V/V_0 は小さくなる傾向にある。

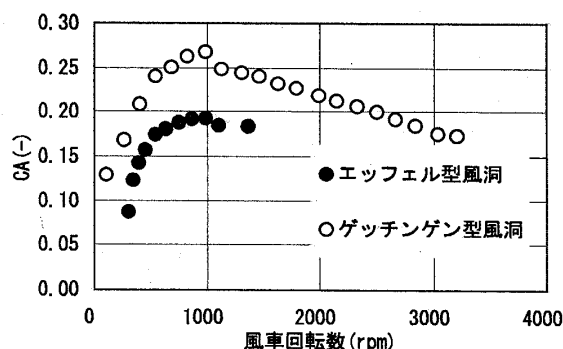
図1 風車回転数と全エネルギー回収効率の関係
(風洞実験、電気負荷抵抗 50Ω)

表2 風洞実験の測定条件(出力特性)

	エッフェル型	ゲッチングン型
測定座標 (X)	0.5D~6.9D (0.25m~3.45m)	1.56D~7.4D (0.78m~3.7m)
測定座標 (Y)	2.0D (1.0m)	0.8D (0.4m) 2.0D (1.0m)
使用した風速計	I型熱線風速計 500Hz, 30sec	多点サーミスタ 風速形 20Hz, 30sec

表3 風洞実験の測定条件(風速分布)

	エッフェル型	ゲッチングン型
基準風速 (V_0)	5.75m/s	7.58m/s
基準発電量 (P_0)	4.7W	12.8W
電気負荷抵抗 (R)	50Ω	50Ω

エッフェル型で $y=2D$ で $X/D \leq 4$ の領域における V/V_0 は、約 1.0 となっている。 $X/D \geq 5$ の領域において、風速が弱くなる原因は風洞の噴出し口からの距離減衰の影響が強くなることによる。本報告の風洞装置を用いた場合、風車を通過する風の全エネルギー (E) を算出するための基準風速の測定箇所は、風車の先端中心から Y 方向に $0.8D$ 以上にする。主流方向の距離は、風車先端中心部から $4D$ 以内とする。

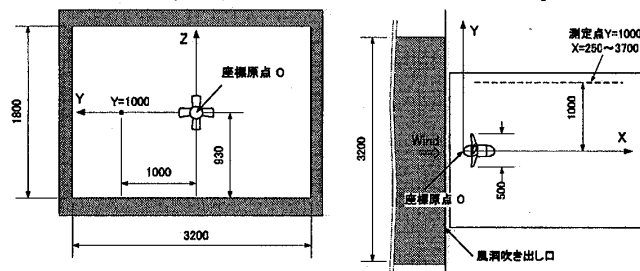
3.3 単体のマイクロ風車後流における Y 方向の風速分布

図 3 に単体のマイクロ風車後流における Y 方向の風速分布を示す。単体のマイクロ風車後流における平均風速は、エッフェル型と比べ、ゲッチングン型の方が大きくなる。エッフェル型で $X/D=0.56$ における風速比 (V/V_0) は約 0.6 になっており、 $Y/D=-0.4$ におけるゲッチングン型の V/V_0 は、約 0.8 になっている。

4. まとめ

本報告はマイクロ風車 (直径 0.5m) の出力特性に関する実験手法および代表風速の計測位置について検討を行った。マイクロ風車の出力特性は、次に示す 3 つの手法で計測した①実測、②ゲッチングン型風洞装置、③エッフェル型風洞装置の 3 種類の方法により、全エネルギー回収効率および風車周りの風速分布を計測した。以下に得られた知見を示す。

- ①風車回転数が約 1000rpm である場合、ゲッチングン型風洞装置を用いたマイクロ風車の全エネルギー回収効率 (C_A) は 0.25 になり、エッフェル型風洞装置を用いて計測した場合に比べ、約 1.3 倍になっている。
- ②エッフェル型風洞装置を用いてマイクロ風車を大気開放状態で設置した場合、 $C_A=0.19$ になり、実測の場合 ($C_A=0.19$) とほぼ同じとなっている。
- ③マイクロ風車を通過する風の全エネルギー (E) を算出するための基準風速は、風車の先端中心から Y 方向に $0.8D$ 以上になる箇所まで計測する。主流方向の距離は、風車先端中心部から $4D$ 以内とする。
- ④単体のマイクロ風車の風下側における平均風速は、エッフェル型と比べ、ゲッチングン型の方が大きくなる。



(1) 立面図

(2) 平面図

図 4 エッフェル型風洞の形状

エッフェル型 ($X/D=0.56$) で $Y/D=-0.4$ における風速比 (V/V_0) は約 0.6 になっており、 $Y/D=-0.4$ におけるゲッチングン型の V/V_0 は、約 0.8 になっている。

謝 辞

本研究の一部は、平成 12 年度革新的技術開発研究推進費補助金 (環境分野)、「建築物を利用した風力発電技術に関する研究」(代表者 川橋正昭教授 埼玉大学工学部機械工学科)によるものである。研究実施に当たって、東 昭名誉教授 (東京大学) のご指導を頂き、埼玉大学大学院生の笹沢哲也殿に多大な協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 野々村善民、平原裕行、小林信行: 建築物を利用した風力発電技術の開発、日本建築学会技術報告集、第 20 号、pp.151-156、2004 年 12 月
- 2) 野々村善民、中山昌尚、平原裕行、小林信行: 建築物を利用した風力発電技術に関する研究 (その 6) プロペラ後流域の気流性状、日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海)、pp.697-698、2003 年 9 月
- 3) 野々村善民、中山昌尚、小林信行: 建築物を利用した風力発電に関する研究 (その 5)、マイクロ風力発電システムの出力特性、日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸)、pp.513-514、2002 年 8 月

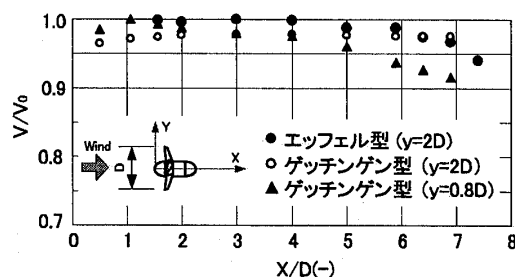


図 2 単体のマイクロ風車周りの風速比

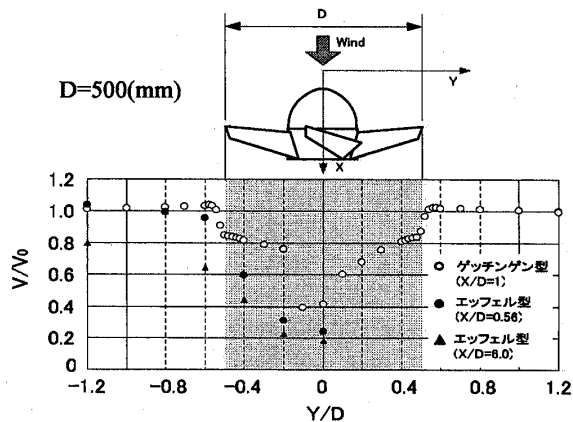


図 3 単体マイクロ風車風下側における Y 方向の風速分布



(1) エッフェル型

(2) ゲッチングン型

図 5 実験の様子

*1 埼玉大学大学院 大学院生
*2 東京工芸大学大学院 (株式会社フジタ技術センター)
*3 東京工芸大学 工博
*4 埼玉大学工学部機械工学科 助教授 工博

*1 Graduate student, Saitama University
*2 Graduate student, Tokyo Polytechnic University, (Technology Development Division, Fujita Corporation)
*3 Dr.Eng., Tokyo Polytechnic University
*4 Associate Prof, Dept of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Saitama University