

サボニウス型風力発電の発電量向上へ

大阪府立四條畷高等学校

1. Abstract

Wind power generation has been attracting attention recent years, and we are conducting research using a vertical Savonius wind turbine which is different from the propeller type. The experiment is being conducted to overcome the weakness of Savonius wind turbines, which is the small amount of power they generate.

2. 研究背景

次世代エネルギーの開発が急務である現代社会において、実用化が進むプロペラ型風車は、風向や風速に発電効率を左右され、安定した発電量を得ることができない(1)。

3. 研究意義

サボニウス型風車とは円筒を縦で半分に分け、切断面に沿って半円筒をずらした構造の風車である。羽根に風が当たれば、風向に依存せず、弱い風でも回転が可能である。しかしながら、発電量が少ないというデメリットがあるため、発電量の向上を試みる。

4. 仮説

風速を変えて発電量を得る実験を行い、自作した風車のパワー係数(風の動力を発電に活かすことのできる割合)を求めようと考えた。そこで、以下の風車の発電量を示す数式を使用した(2)。左辺にパワー係数Cpを取ると、小さい風速で発電するほどCpは大きくなり、発電効率は上がると言えるのではないだろうか。

P: 発電量 [W]

Cp: パワー係数

ρ : 空気密度 [kg/m³]

A: 受風面積 [m²]

V: 風速 [m/s]

H: 羽根の高さ [m]

s: サボニウス型風車の羽根を重ねる長さ [m]

d: 羽根の直径 [m]

・オーバーラップ比: s/d(6)

(本実験で使用する固定値)

$\rho=1.2\text{kg/m}^3(25^\circ\text{C}, 1\text{気圧}, \text{乾き空気})(3)$

$A=H \times d=0.33 \times 0.10=3.3 \times 10^{-2}\text{m}^2(4)$

オーバーラップ比 = 0.25

$$P = \frac{1}{2} C_p \rho A V^3 \dots (1)$$

$$C_p = \frac{2P}{\rho A V^3} \dots (2)$$

6. 結果

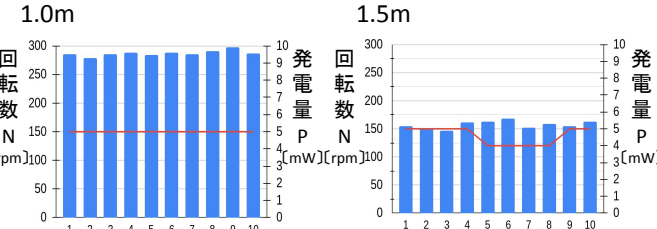


図3. 風車と扇風機の距離と回転数 N・発電量 P の関係

・回転数 N と発電量 P の平均は、1.0m で 287.1 回、5mW

1.5m で 157.4 回、4.6mW となった。

・パワー係数 Cp は、1.0m で 2.7×10^{-3} 、1.5m で 5.7×10^{-3} となった。

8. 今後の予定

正確に実験が行える装置を制作し、加えて発電量に関する式を用いて最適な風車の形状を考えていく。

発電量 P を表す式として $P=(2\pi TN)/60$ (T=トルク [N・m], N=回転数 [rpm])(5) が挙げられるが、回転数と発電量の関係を明確にするため自作したサボニウス型風車のトルクを求めたい。

また、風車が回転するような風速が発生する環境を見つけて、屋外計測の実験を行うことを検討している。

5. 実験手法

【サボニウス型風車の製作方法】

直径 0.10m の VU 管を高さ 0.33m に切断し、その円柱を縦に切断する。そこに回転軸、土台、発電用のモーター(日精電機, LJ536)、風車の安定化のために椅子を取り付けた。本実験では、自作した風車の受風面積は $3.3 \times 10^{-2}\text{m}^2$ 、オーバーラップ比は 0.25 にした(仮説参照)(図 2)。

【扇風機を用いた実験】

風車を扇風機から 1.0m と 1.5m で離れた場合で、風車の回転数と風車に取り付けたモーターでの発電量を計測した。②の数式に用いるための、各距離での風速は風速計(株式会社マザーツール, LM-8000)で計測した結果、1.0m で約 4.56m/s、1.5m で約 3.42m/s である。

回転数と発電量は以下の表のような手法で求めた。

	測定方法	記録方法
回転数	動画撮影	1分間での回数
発電量	spark(株式会社島津理化, 304815A.1)	1分間の平均

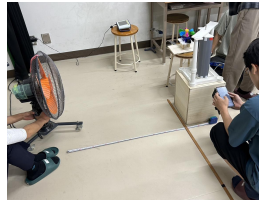


図1. 実験の様子

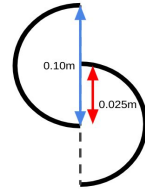


図2. 上から見た風車の図

7. 考察

扇風機からの距離を 1.0m から 1.5m に変えることで、風車の回転数が減少し、発電量の平均も減少したことは、妥当な結果であると考えられる。距離を離すことで、回転数は 45%、発電量は 8% 減少したが、発電ではモーターの回転が発電量に直結するため、ともに減少したと思われる。

また風車のパワー係数は風速に影響し、1.5m のときの方がより小さい風速でも回ることができたため、発電量よりも風速の減少の割合が大きくなり、パワー係数は向上したと言える。一般的なサボニウス型風車のパワー係数は 0.15 程度とされているため(5)、自作したサボニウス型風車のパワー係数は比較的低かった。その理由は、自作した風車と発電環境に無駄が多かったことだと考えられる。②の数式より、パワー係数は受風面積やそのときの風速にも影響があることが言えるため、自作したものは適した受風面積、風速下で実験できていなかったと思われる。つまり、自作した風車と発電環境の改善でよりパワー係数が向上すれば、発電量も向上するだろう。

9. 参考文献・引用文献

- (1)群馬県(1996)、「吉岡風力発電所(廃止)発電電力量 - 群馬県ホームページ(発電課)」2023 <https://www.pref.gunma.jp/page/12098.html>. 2024/9/3
- (2)大橋秀雄 黒川淳一 秋葉雅史 井上雅弘 菊山功嗣 久保田喬 坂口淳一 長藤友建 山口信行 山本和義(1998). 『流体機械ハンドブック』朝倉書店
- (3)Xserver株式会社(2016)、「空気の物性値 | 科学技術計算ツール」. <https://cattech-lab.com/science-tools/properties-air/>. 2024/9/10
- (4)伊藤淳(2000)、「サボニウス型風車における羽根枚数による性能比較と実験4-6」株式会社グローバルエナジー(2002)、「風力発電について株式会社グローバルエナジー」. <https://www.globalenergy.co.jp/windpower.html>. 2024/9/20
- (6)牛山泉 長井浩 篠田仁吉(1985)、「サボニウス風車の最適設計形状に関する研究」4:8