

風力発電により適した風レンズ風車について

群馬県立高崎高等学校
岩田真 有坂武倫 矢部来輝

要旨

風レンズ風車とは、集風体(ディフューザー)を備えることで、風速を局所的に増加させ、発電効率の向上を図るものである。(これに関しては後に説明する)我々は、より高い出力ができる風レンズ風車について、風レンズの形状とプロペラの形状の2つの観点について調査した。風レンズの形状については、風レンズの傾き、ネズミ返しに近い構造の有無による出力変化を、その結果傾きが小さくネズミ返しに近い構造があるものが最も出力が大きかった。プロペラの形状については、プロペラの羽の横幅(0.5cm、1.0cm、1.5cm)、羽根の枚数(3枚、6枚、12枚)、羽の長さ(3cm、4cm、5cm)について、風レンズの有無による出力変化を調べた。その結果、羽の横幅については1.0cmのもの、羽根の枚数については3枚のもの、羽の長さについては3cmのものがそれぞれ得られた電圧が最も大きいという結論を得た。

1. はじめに

小型風力発電機は、一般に風力発電で用いられている風力発電機と違い、設置場所を選びやすく、家庭でも使用可能などといったメリットがある。しかしその一方で、大型風力発電機よりも発電量が小さく、騒音やバードストライクなどの問題に悩まされるというデメリットも存在する¹⁾。

そこで利用されるようになったのが、風レンズ風車というものである。風レンズとは、九州大学の大屋裕二氏によって開発された、特殊なダクトを取り付けることで大幅に出力を向上させた風力発電機である²⁾。風レンズ風車は、ブレードの外周にディフューザー状の集風体を装着した構造を有する。この集風体は、風の流れを収束・加速させる効果を持ち、風車ブレードに当たる風速を増加させる。さらに、集風体の後方には錨(つば)を設けることで、後流に低圧域を形成し、吸引効果を高める。これにより、風車全体としての出力係数(C_w)が向上し、従来型風車と比較して高効率な発電が可能となる³⁾。また、騒音の抑制、バードストライクの防止などといったメリットも存在する。以下は、風レンズの仕組みである

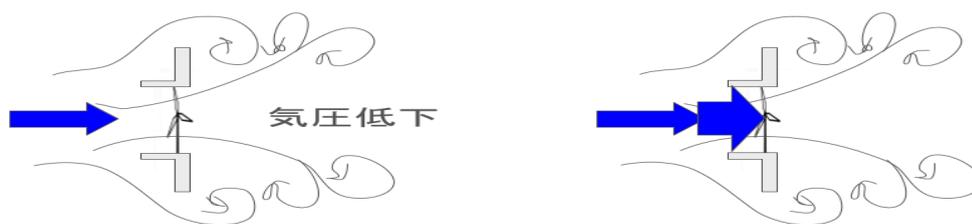


図1 風レンズの仕組み

プロペラ周りに風レンズを取り付けると、風レンズのつばまわりに強い風の渦が発生し、その渦により風車後ろの気圧が低下する。その結果、低い圧力へ風が吸い込まれ、風レンズ内の風速が1.3倍～1.5倍まで増加し、発電量が増える。

先行研究については、風レンズの形状について研究をしているものはいくつか存在した⁴⁵⁾。しかしながら、それらはいずれも難解で少々分かりづらかった。また、風レンズ風車におけるプロペラの形状についての研究はこれらの研究には見当たらず、また風レンズにおけるプロペラの形状を主として研究しているものもほとんど存在しなかった。よって、本研究ではどのような風レンズの形状、そして風レンズ風車においてどのようなプロペラの形状が最も効率よく発電できる(=発電量が最も大きい)かを調べることを目的として実験を行った。

2 予備実験

2.1 予備実験の目的

この予備実験では、私達は小型風力発電機においても風レンズによって出力される電圧に増加が見られるか、また風レンズの効果がどの程度影響があるのかを調べた。

2.2 実験方法

まず、送風機(風速7.0m/sの場合はブロワーを使用)とプロペラを用意する。プロペラには電圧計を接続し、20秒間で出力される電圧の平均値(特に得られた電圧が安定していなかった場合)について計測する。なお、予備実験では風速3.0m/sの条件下で、プロペラは長さ約5.0cm、幅約3.0cmを使用した。



図2 実験の簡易的な様子

2.3 予備実験結果

風レンズありの時では4.0～4.5V、風レンズなしの時では3.5Vであった。以下はそれらを示したグラフである。

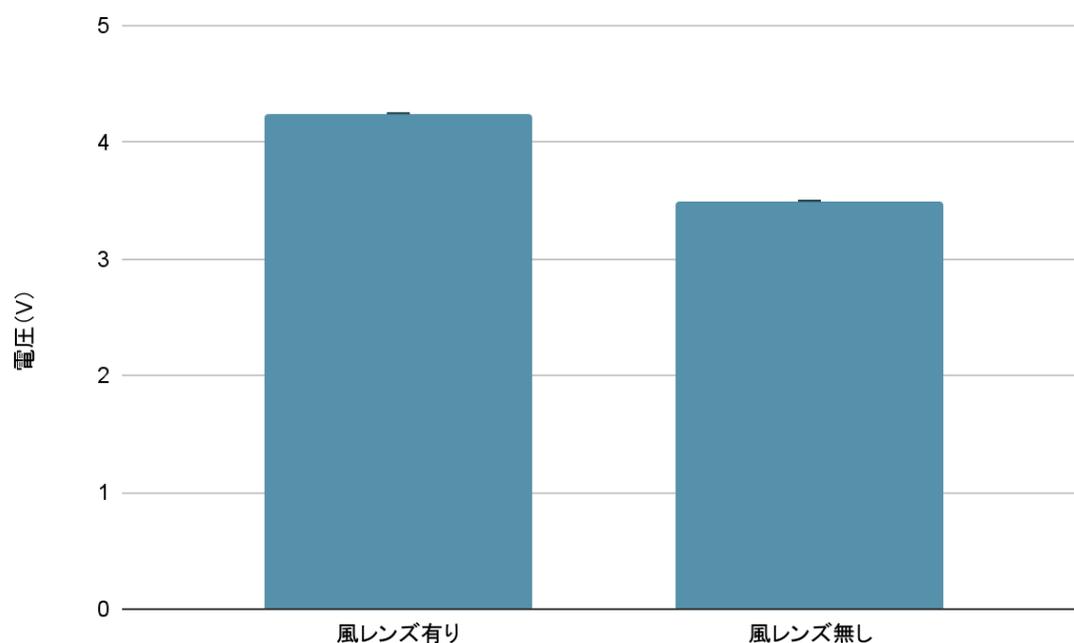


図3 予備実験結果の棒グラフ

2.4 予備実験考察

この予備実験において、小型風力発電機においても風レンズありのときでは無しのときよりも約1.2倍程度電圧が増加したことが確認された。また、風レンズありのときでは電圧の計測値に少しばらつきがあった。これについては、風レンズにより生成される渦の強さにばらつきがあり、気圧の低下具合とならなかったためと考えられる。

3 実験1(風レンズの形状に関する実験)

3.1 目的

取付時の電気出力が最も大きい、また出力の上昇幅が最も大きいものについて、風レンズなしの状態と4種類のそれぞれ異なるタイプの風レンズを取り付けた状態で検証を行う。風レンズのタイプについて、

タイプA…ディフューザの傾き大

タイプB…ディフューザの傾き小

タイプC…ディフューザの傾き無し

タイプD…タイプB+ネズミ返しに近い構造

という種類である。また、比較対象については、ディフューザの傾きによる電圧変化を調べるため風レンズのタイプA、B、Cを比較し、ネズミ返し構造の有無による電圧変化を調べるため、風レンズのタイプB、Dを比較する。なお、実験方法は予備実験のときと同じであるが、風速7.0m/s下で行うものとする。



図4 風レンズタイプA



図5 風レンズタイプB



図6 風レンズタイプC



図7 風レンズタイプD

3.2 実験結果

実験の結果、

- ・風レンズ無し:7.5V
- ・タイプA:9~10V
- ・タイプB:9.5~10.5V
- ・タイプC:10V
- ・タイプD:10~10.5V であった。

また、以下はその実験の結果を示したグラフである。

風レンズのタイプと電圧

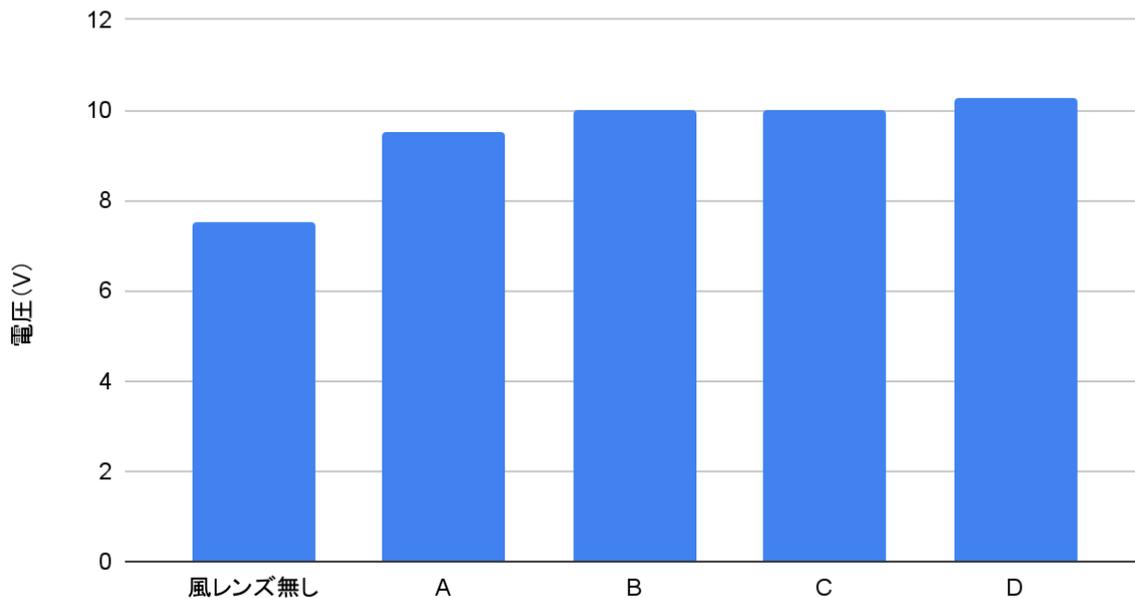


図8 風レンズのタイプと電圧の関係

3.3 実験1の考察

どのタイプの風レンズでも、風レンズなしの時と比べて約1.25~1.35倍程度得られる電圧が増加した。これは予備実験、先行研究通りであった。また、 $B=C > A$ で得られた電圧が大きかった。これは、先行研究から、傾きがある程度大きくなると、風レンズの斜面に当たる風の勢いが弱くなり、生成される渦が弱くなるためと推測される。また、 $D > B$ で得られる電圧が大きかったのは、風の入り口を大きくしたことで風の流入量が増加したためだと考えられる。

4 実験2(プロペラの形状に関する実験)

4.1 実験の目的

この実験2では、実験1で得られた電圧が最も大きかったタイプBの風レンズを用いて、プロペラの横幅、羽根の枚数、羽の長さについて、風レンズの有無による出力変化を調べる。

4.2 実験2・甲

羽の横幅に関する実験

4.2.1 実験の目的及び方法

羽の横幅が風レンズの取り付けによる電圧変化にどれほどの影響を与えるかを調べるため、羽の横幅を1.5cm、1.0cm、0.5cmと変化させ、それぞれについて風レンズの有無による得られる電圧の変化を計測し、最も得られた電圧が大きいもの及び変化が最も大きいものを調べる。なお、風速7.0m/s下で、羽根の枚数は8枚、羽の長さは4cmに固定する。また、実験方法は予備実験・実験1と同様とする。

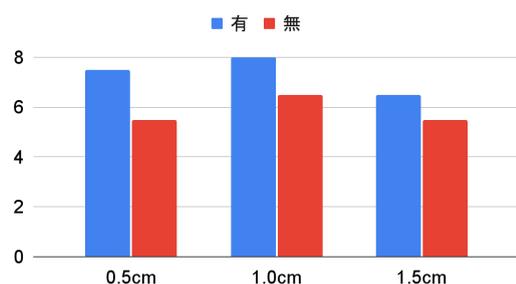
4.2.2 実験結果および考察

以下は、羽の横幅に関する実験の結果である。

	0.5cm	1.0cm	1.5cm
風レンズ有り	7.5V	8.0V	6.5V
風レンズ無し	5.5V	6.5V	5.5V

図9 羽の横幅に関する実験の結果

風レンズの有無による電圧変化



風レンズの有無による電圧変化

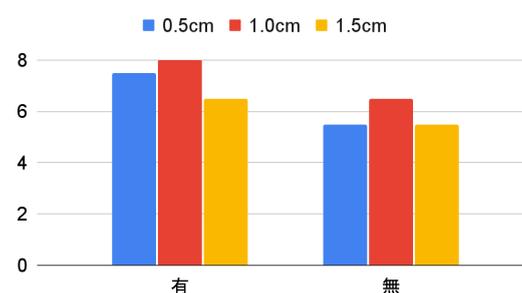


図10・11 羽の横幅に関する実験の結果のグラフ

風レンズ装着後では、1.0cmの横幅のプロペラが最も得られた電圧が大きかった。これについて先行研究では、「羽根の幅が広いほど風を受ける面積が大きくなり発電量が増加するが、羽根が広すぎると風の抵抗が増加し回転速度が低下する可能性がある⁶⁾」とある。今回の実験における最適の幅がこれだったと考えられるその一方で、0.5cmの幅のプロペラを

用いた風車では、風レンズ装着後の変化が最も大きく、約1.35倍の変化があった。これについて先行研究では、「幅が狭いプロペラでは、風の抵抗が少なくなるため回転速度が大きくなる」⁶⁾という記述があった。風レンズ内の風速が増加したことによる回転速度の増加を大きく受けたためと考えられる。

4.3 実験2・乙

羽根の枚数と電圧の関係

4.3.1 実験2の目的及び方法

羽の枚数が風レンズの取り付けによる電圧変化にどれほどの影響を与えるかを調べるため、羽根の枚数を12枚、6枚、3枚と変化させ、それぞれについて風レンズの有無による得られる電圧の変化を計測する。なお、風速7.0m/s条件下で、羽の横幅は1.0cm、羽の枚数は6枚固定とする。実験方法は上と同様である。

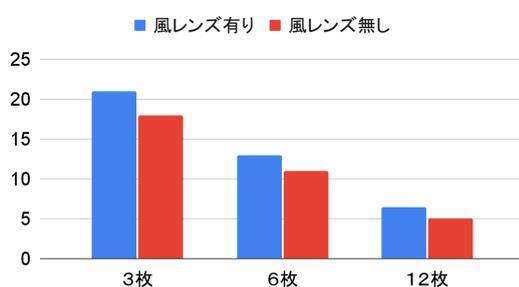
4.3.2 実験の結果及び考察

以下は、実験の結果である。

	3枚	6枚	12枚
風レンズ有り	21V	12V	6.5V
風レンズ無し	18V	10V	5.0V

図12 羽根の枚数に関する実験の結果

3枚、6枚、12枚



3枚、6枚、12枚

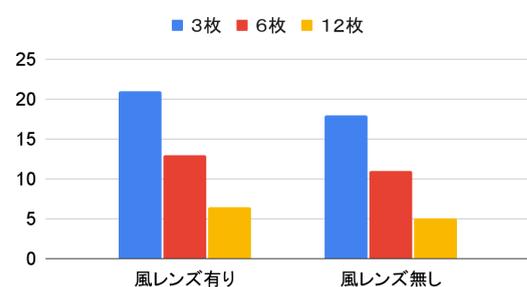


図13・14 羽根の枚数に関する実験の結果のグラフ

風レンズ有りでは、羽が3枚のときは21V、6枚のときは12V、12枚のときは6.5Vと、羽が3枚のときが一番得られる電圧が大きかった。これについて、「風レンズなしの時点で3枚が最も出力が大きくなる」という先行研究⁷⁾があった。これを参考にすると、風レンズ有りのときも同様となった可能性が考えられる。また風レンズの有無による電圧の変化は、3枚では約1.15倍、6枚では約1.2倍、12枚では1.3倍と、羽の枚数が多いほど得られる電圧の変化が大きかった。これは、おそらく風レンズ無しの時点で回転速度が異常に大きく、風レンズ装着後もあまり回転速度が増加しなかったためと考えられる。

5 まとめ

5.1 結論

実験1・2を通して、最も得られた電圧が大きいと考えられるのは、傾きが小さくネズミ返し構造がある風レンズを使用し、プロペラに関しては、理論的には羽の枚数が3枚・横幅1.0cmのものである。また、全体を通して、プロペラに関するそれぞれの条件変化により得られる電圧の上昇割合の違いは見られたが、風レンズなしの時点で最も得られた電圧が大きいものは、風レンズ有りでも電圧が最も大きく、そういった点に関してあまり違いが見られなかった。これに関しては先行研究¹⁾より、風レンズはあくまで内部の風速を増加させるものであるため、違いは見られにくいと考えられる。

5.2 今後の展望

今回の研究では実験方法について少し正確性に欠けていた部分があったので、改善の必要性を感じた。また、今回の実験で検証した以外の条件の調査や、計算式を用いた検証も興味深い。

参考文献

1)一般家庭での小型風力発電機の導入のメリットとデメリット

<https://eco-denki-service.jp/small-wind-power-generation-merit-demerit/>

2)株式会社ウィンドレンズ

<http://windlens.com/>

3)リアムウインド

<https://riamwind.co.jp/>

4)風レンズ風車の開発と今後の展望

<http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00561/2009/12-0003.pdf>

5)1034 風レンズ風車の翼車と風レンズの連成最適設計

※https://www.istage.jst.go.jp/article/jsmefed/2013/0/2013_1034-01/pdf

6)An Experimental Investigation for the Effect of Blades Material and Geometry in Wind Turbine Performance using Small Turbine

<https://www.ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT24FEB1165.pdf>

7)風力エネルギーには軽さと重さが重要

※<https://www.buschvacuum.com/jp/ja/newsletters/wind-energy-needs-lightweight-giants.html>