

羽の形状と発電効率の関係性について

3632 氷室和亮 3529 原侑吾 3532 三浦太一

要旨

私たちは、効率良く発電できる風車の羽の形状を探っている。私たちは第一に羽の質量と発電効率の関係を探るために実験を行った。その結果として、質量の大きい羽の方が、風車の起電力が大きかった。第二に、羽の長さによる発電効率の違いを探るために実験を行った。5.0 cm, 10.0 cm, 15.0 cmに分けて実験を行い、今回使用した風洞装置の条件では、5.0 cmの工作用紙の羽で作成した風車の起電力が大きかった。

1. 目的

今、再生可能エネルギーとして様々なエネルギーが注目されている。その中でも私たちは、風力発電に目をつけた。この実験で効率の良い羽の形状を見つけ、今後の生活に活かせるようにする。

本研究では、発電時の起電力の大きさが大きいものを発電効率が良いものと定義する。

2. 使用した材料, 器具, 装置

・風車の材料

工作用紙 発泡スチロール つまようじ
竹串

・器具, 装置

モーター ストッパー (モーター用)
導線 電圧計 風洞装置 スタンド

3. 実験 1

(1) 目的

羽の材質や質量による発電効率の違いを調べる。

(2) 仮説

羽全体の質量が小さい発泡スチロールの羽の方が、よく回り発電効率が良い。

(3) 方法

1. 発泡スチロール, 工作用紙で 10.0 cm の羽をつくり, 3 枚羽の風車をそれぞれ 4 個ずつ作成した。(図 1)

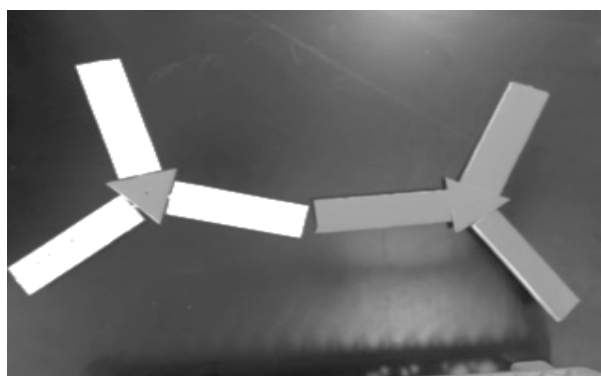


図 1 作成した羽

(左：工作用紙 右：発泡スチロール)

2. 作製した羽をモーターに取り付け, 導線で電圧計と接続した。
3. 羽から 50 cm 離れた所に風洞装置をおき羽に風を当てる。
4. 風洞装置の目盛を, 順に 6.0、7.0、8.0 というように風力を変化させた時の電力を比較する。

(4) 結果

図 1 のような形状の風車を製作した。質量は, 工作用紙 9.4g 発泡スチロール 4.2g となった。

表 1 実験 1 の結果それぞれの羽の発電量

風洞装置の目盛	6.0	7.0	8.0
羽の材質			
工作用紙	0.19V	0.20V	0.21V
発泡スチロール	0.17V	0.19V	0.20V

表の通りわずかではあるが、工作用紙の羽のほうがより発電効率が良いことが分かった。

(5) 考察

結果の表のとおり、少し質量のある工作用紙の羽がより発電していた。その原因として、発泡スチロールの羽は、工作用紙よりも軽すぎるため回す力が工作用紙よりも弱かったからだと考えられる。

4. 実験 2

(1) 目的

材質をそろえた状態で、羽の長さによる発電効率の違いを調べる。

(2) 仮説

羽の長さが 5.0 cm, 10.0cm, 15.0cm の 3 種類で比較すると、最も大きい 15 cm の羽が、一番風を受ける面積が大きくなるため、発電効率が良くなると考えられる。

(3) 方法

実験 2-① 新しい風洞の作成

今回の実験は羽の大きさを変化させるため、新たな風洞が必要だと考えられる。そのため新たな風洞を作成した。

1. 大きめのビニール袋を切り開き、その上に針金を三本乗せて固定した。

(図 2 参照)

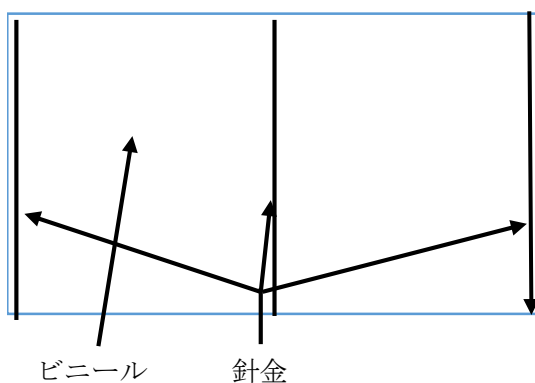


図 2 切り開いたビニール袋と針金

2. 針金を曲げてアーチ状にした。

(図 3 参照)

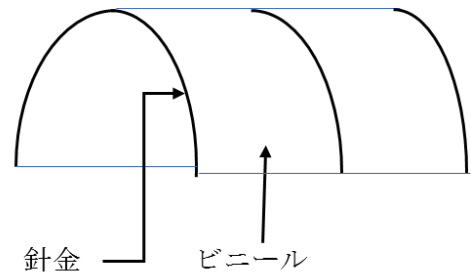


図 3 図 2 をアーチ状に変形したモデル図

3. 風の出る部分と針金で形を整えた部分との隙間をビニール袋で接続した。

(図 4 参照)



実験 2-②

1. 羽の大きさが 5.0 cm, 10.0cm, 15.0cm の羽根をそれぞれ 2 つずつ、計 6 つの羽を作成した。

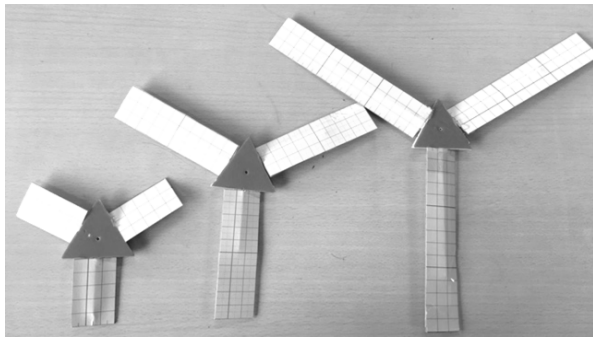


図6 実験2で作成した羽
(左より長さ 5.0cm, 10.0cm, 15.0cm の羽)

- 作成した風洞の中にスタンド(図6)を立て、モーターとつないだ羽を設置した。



図7 実験2で使用したスタンド

- モーターと電圧計をつなげ、風の出る部分から、スタンドを 50 cm 離して設置した。

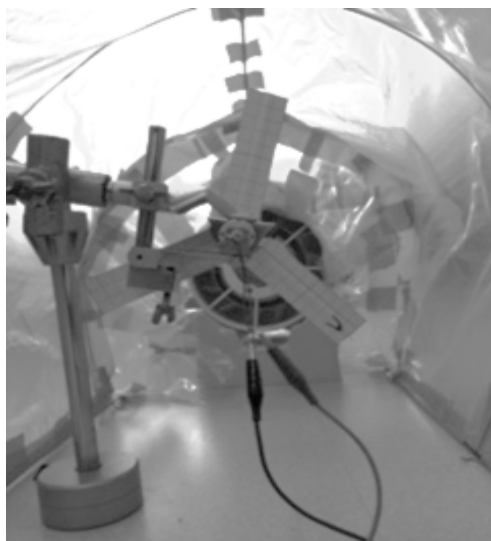


図8 風洞内部の様子

- 風の強さを、風洞装置の目盛で 8.0, 9.0, 10 と徐々に大きくしていきその時の発電した起電力を測定した。
- この操作を 2 回繰り返し平均の発電量を調べた。

(4) 結果

表2 実験2で得られたそれぞれの発電量

風洞装置の目盛 羽の長さ		風洞装置の目盛		
		10	9.0	8.0
5.0 cm		0.79V	0.70V	0.59V
		0.73V	0.66V	0.58V
10.0 cm		0.46V	0.40V	0.34V
		0.45V	0.41V	0.35V
15.0 cm		0.11V	0.16V	0.09V
		0.16V	0.15V	0.12V

大きさの一番小さい 5 cm の羽が、発電効率が最も良いことが分かった。

(5) 考察

仮説とは異なり長さ 5.0 cm の羽が、一番発電量が大きいことが分かった。このような結果が出た原因として以下の点が考えられる。

- 風洞装置本体の形状上 15 cm の羽に風が全体的に当たらなかった。これが原因の場合、風洞装置の改善が必要になる。
- 羽の大きさと質量には最も回りやすい比がある。今回の実験では 5.0 cm の羽が最もその比に近かった。これが原因の場合 5.0 cm の質量を測定し羽の大きさと質量の比を出してその比に基づき 15.0 cm の羽を作成してみる。
- 小さい形状の羽のほうが回りやすい。この結果をもとに実験を進めていく。

実験の結果より①の改善方法として、風洞装置の中心を尖らせてみた。こうすることで中心にも風が行き均等に羽に風が当てられると考えた。風洞を改善したうえで実験3とし

て同じ実験を行った。

また、②の羽1枚の大きさと質量の関係性について調べてみた。今回の5.0 cmの羽の大きさと質量の比は羽の大きさが5.0 cm、質量が4.8gだったことから、5.0:4.8になった。もし、羽の大きさと質量の大きさに最適な比があるのなら、15.0 cmの羽にしたとき、質量が、13.4gにすれば、5.0 cmと同じように回ることが分かる。しかし、今回実験に用い15.0 cmの羽の大きさと質量の比は羽の大きさ15.0 cm、質量が13.1gだったことから、15.0:13.1になり、これら二つの羽の大きさと質量の比はほぼ変わらないことが分かり、羽の大きさ:質量の比が実験結果に影響を与えたとは考えにくい。このことを検証するために次の実験3を行う。

5. 実験3

(1) 目的

羽の質量と大きさの間に適切な比があるのかを調べる。

(2) 仮説

実験2の5.0 cmの羽の発電効率より質量を大きくしたもののほうが効率は悪くなり、15.0 cmの発電効率と同じぐらいになる。

(3) 方法

羽の大きさと質量の関係性について実験2で使用した5.0 cmの羽の質量を、実験2で使用した15.0 cmの羽の質量である13.0~14.0gにして実験2と同様の方法で実験を行った。

(4) 結果

表3 実験3で得られたそれぞれの発電量

風洞装置の目盛 羽の質量	10	9.0	8.0
4.8g	0.79V 0.73V	0.70V 0.66V	0.59V 0.58V
13.0g	0.64V 0.62V	0.52V 0.56V	0.42V 0.47V

(5) 考察

実験の結果より実験2の5 cmの羽と比較して発電効率は悪くなった。だが15 cmの羽の時よりは発電効率はかなり良かった。

よって羽の質量と大きさの比はわずかしき影響を与えないと考える。

6. 実験4 羽の角度と発電効率の関係

(1) 目的

同じ材質の羽について、羽の設置角度を変えたときの発電量の違いを調べる。

(2) 仮説

角度が小さければ、風の当たる表面積が大きくなるのでより羽で風が受けることができ、発電効率が良くなると考えられる。

(3) 方法

5.0 cmの羽を8個作成し、発泡スチロールに、発泡スチロールと羽根のなす角度が10~80度になるように取り付ける。その後、実験2と同様の方法で実験をする。

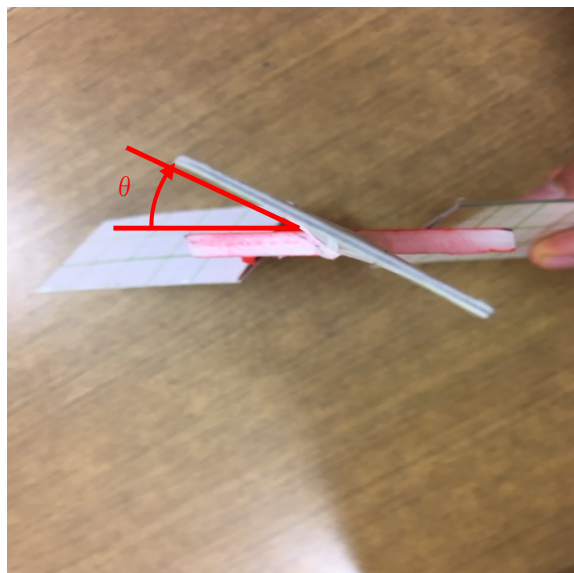
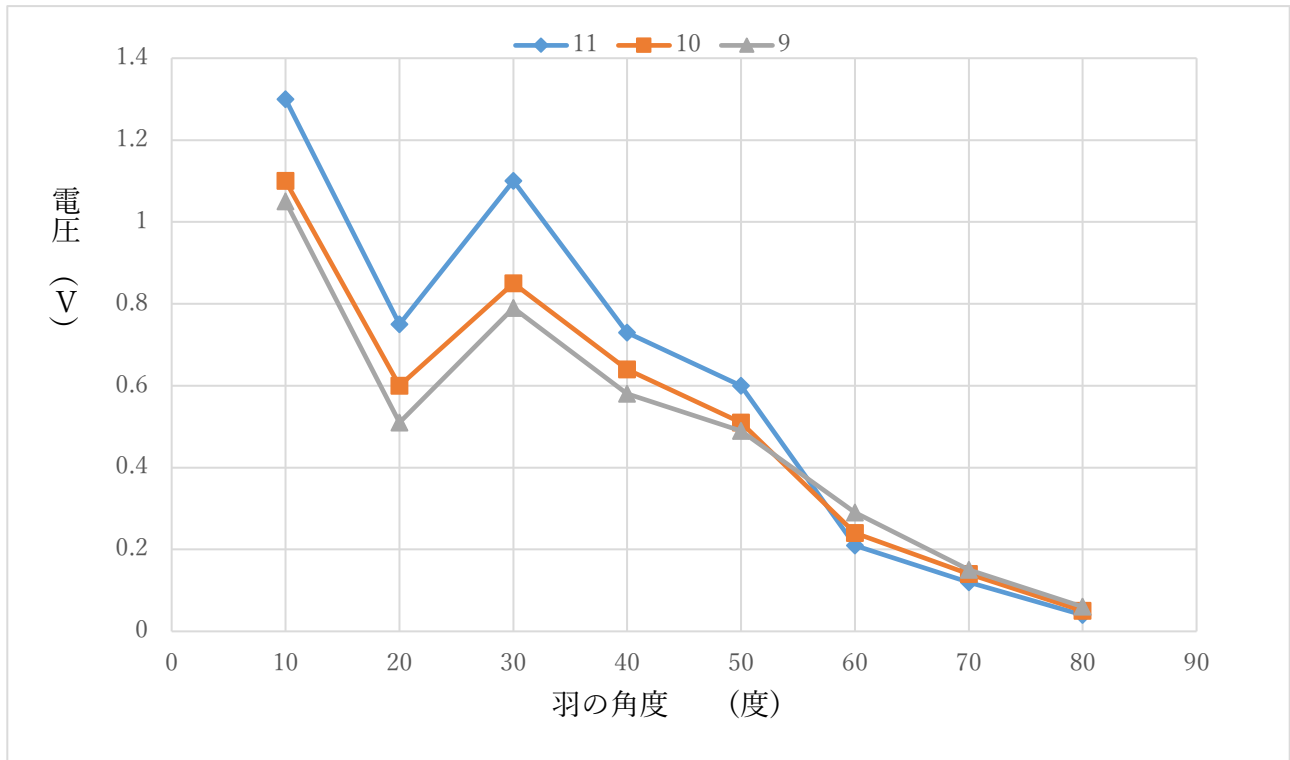


図9 作成した羽の側面

この発泡スチロールと画用紙の間の角度 θ を10度~80度へと変え、8つの羽を作る。

グラフ 1 羽の角度と発電量



(4) 結果

表 4 羽の角度と発電量

風洞装置の目盛 羽の角度	11	10	9.0
10 度	1.30V	1.10V	1.05V
20 度	0.75V	0.60V	0.51V
30 度	1.10V	0.85V	0.79V
40 度	0.73V	0.64V	0.58V
50 度	0.60V	0.51V	0.49V
60 度	0.21V	0.24V	0.29V
70 度	0.12V	0.14V	0.15V
80 度	0.04V	0.05V	0.06V

(5) 考察

上記のグラフと表から、表面積が小さい 80 度から表面積が大きい 10 度へと角度を下げていくにつれて、発生した電圧の大きさも小さくなっていくことが分かる。

この結果から、風の当たる面積が大きければ大きいほど発電効率が良く、小さければ小さいほど発電効率が悪くなるということが考えられ

6. 結論

実験 1 ～ 4 より下記の結論が得られた。

- ・発電効率は羽の長さに大きく依存し、羽の長さが短いほど良くなる。
- ・発電効率は羽の質量が小さいほど良くなる。
- ・発電効率には羽の質量：羽の長さの比が多少ではあるが影響している。
- ・発電効率は羽の取り付け角度が小さければ小さいほどよくなる。

7. 今後の展望

今回までの実験ではおおまかに角度、長さ、質量の 3 つの観点から実験を進め、それらについて考察を立てることができた。だが、羽の重さと長さの比の理想の値や、垂直式風車について調べることができなかった。そのため今後このような実験をする方にはその 2 つの観点について調べたい。

8. 参考文献

風洞制作

contest.japias.jp/tqj17/170009/fudoseisaku.html

風レンズ レンズ風車 WINDLENS

www.riam.kyushu-u.ac.jp/windeng/Windlensturbine.html

垂直軸風車のベルシオン 垂直軸型風車

www.globalenergy.jp/product/product2.htm