

# 効率よく発電する風車の条件

3514 喜多川 百華 3628 松林 瞳明

## 要旨

海岸沿いの映像を見ているとき、風車が映っていた。風車の形は細長く、羽は3本であった。私たちが想像する風車は、オランダの風景などでよく見る、家の屋根についている大きな風車であった。よく考えてみれば、大きな風車はゆっくり回るため発電に向かない気がした。発電するということに着目すると、大きさや形はどのようなものが最適であるかということが気になり始めた。そのため、この実験を始めた。より弱い風でよく発電する風車を効率の良い風車と定義して、羽の取り付け角度、本数、幅、長さを変えて流れた電流の値を測定したところ、取り付け角度が大きく、長さが短い羽の風車がよく発電した。

## 1. 目的

より弱い風でよく発電する風車を効率の良い風車と定義し、その風車の条件を見つける。

## 2. 事前実験

### 2-1. 内容

モーターが安定して発電できるものであるか調べる。

### 2-2. 使用した器具・装置

- ・竹串
- ・厚紙
- ・発泡スチロール
- ・ストップウォッチ
- ・電流計
- ・みのむしリード線
- ・モーター（マブチモーターRE260）
- ・送風機

（送風機についている目盛りのうち5と7の強さの風で実験する。風速計で測ってみると5は風速2.9m/s、7は風速3.7m/sであった。）

### 2-3. 実験方法

- ①竹串と厚紙で横4cm×縦12cmの長方形の羽を作る。〈図1〉
- ②作った羽3本を丸く切った発泡スチロール

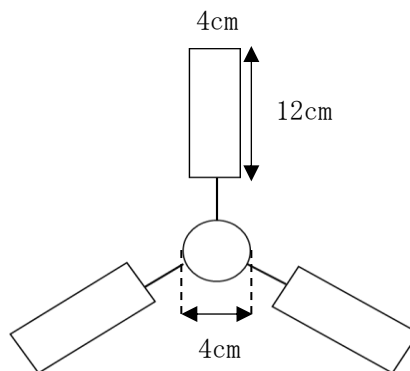
の回転軸に挿して固定する。取り付け角度は $60^\circ$ とする。取り付け角度とは、〈図2〉に示した角度 $\theta$ である。

③モーターと回転軸を両面テープで貼り付け力学スタンドに固定し、モーターに電流計を繋ぐ。〈図3〉

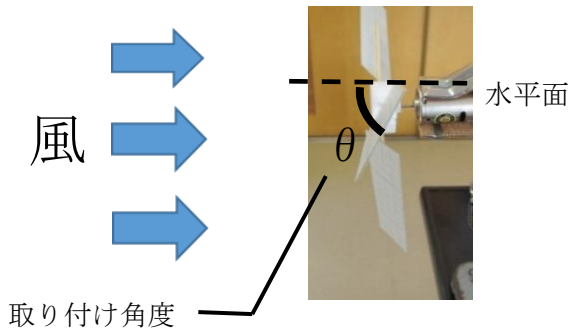
④風車から送風機までの距離は60cmとし、風車に送風機についている目盛りの7の風を当てる。送風機とは一定の強さの風を送る装置である。〈図4〉

⑤風を30分間あて続け、30秒おきに電流計の値を記録する。またその様子をiPhoneのカメラで動画を撮り、1分おきに10秒間の風車の回転数を調べる。

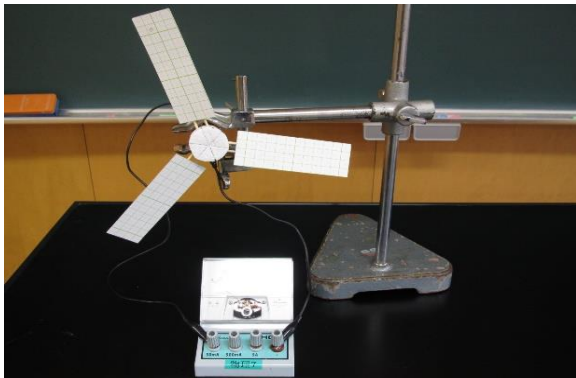
※実験室は無風の状態で行ったため、風の影響はないとする。



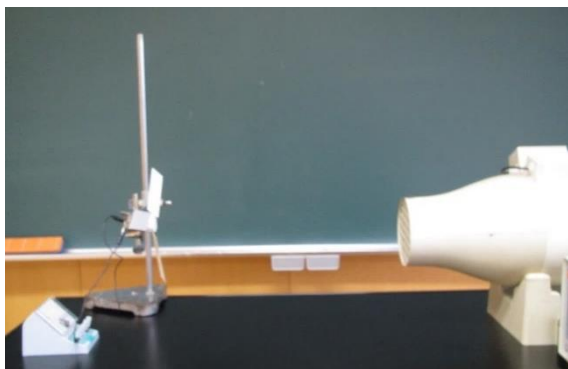
〈図1〉



<図 2>

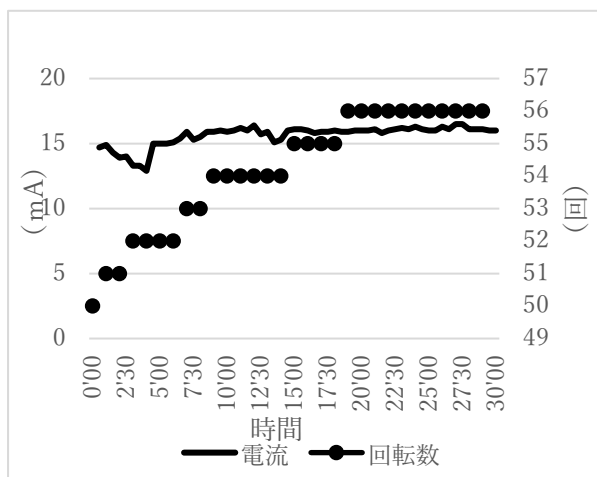


<図 3>



<図 4>

## 2-4. 結果



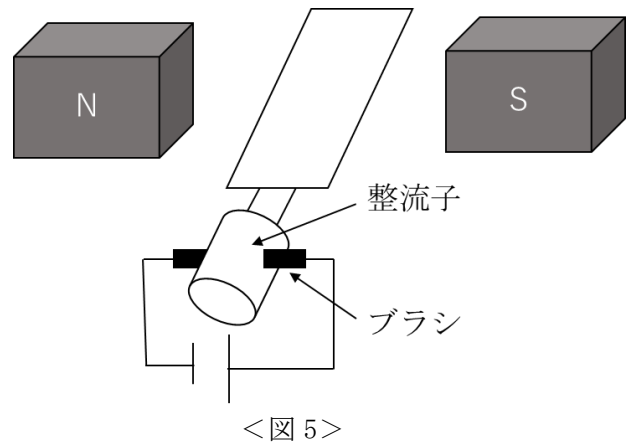
<グラフから読み取れること>

- ・4分30秒ごろから電流の値に変化がない。
- ・回転数が多いほど電流の値は安定している。
- ・回転数は時間の経過とともに増えている。

## 2-5. 結論

4分30秒まで電流の値が安定しないのは、モーターが長い間使用されていなかったためモーターの整流子とブラシの間に酸化被膜があり、接触面積が小さかったからだと考える。<図 5>

私たちは30分間電流を流し続けたことによって整流子とブラシの間の酸化被膜がこすり取れ、接触面積が大きくなって安定した電流が流れるようになったと考え、このモーターを実験で使用することにする。



<図 5>

## 3. 実験 1

### 3-1. 内容

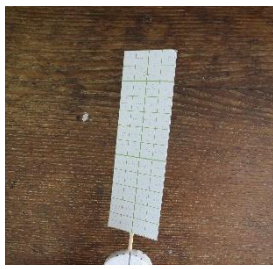
羽の取り付け角度を  $0^\circ$  ,  $30^\circ$  ,  $60^\circ$  ,  $90^\circ$  と変え、流れる電流の大きさを測定する。



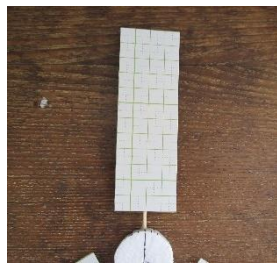
$0^\circ$



$30^\circ$



60°



90°

### 3-2. 使用した器具・装置

事前実験と同様。

### 3-3. 実験方法

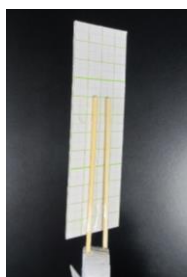
主な実験方法は事前実験と同様に行う。各風車に送風機が目盛りの5と7の風をあて、風を当て始めてから60秒後まで10秒ごとに電流計の値を記録する。結果のグラフはその平均値をとったものである。

<条件>

- ・横4cm×縦12cmの羽を使用する。
- ・羽の本数は3本とする。
- ・羽の取り付け角度を0°、30°、60°、90°と変える。

### 3-4. 仮説

- ・取り付け角度が0°と90°の羽の風車は羽が傾いていないことから風車を回す方向に風の力が加わらないため回らないと考える。
- ・取り付け角度が30°の風車は横から見た羽の面積が大きく、風車を回す方向に風の力が加わりやすいため一番発電する。<図6>



30°

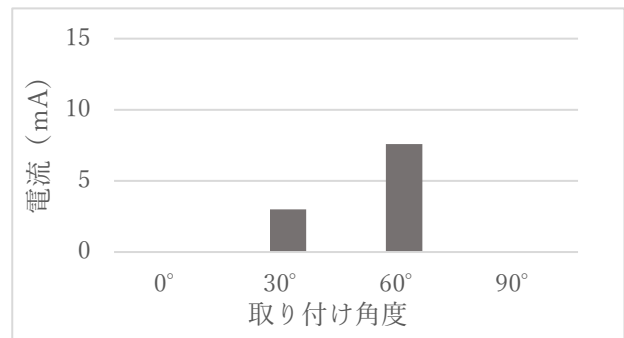


60°

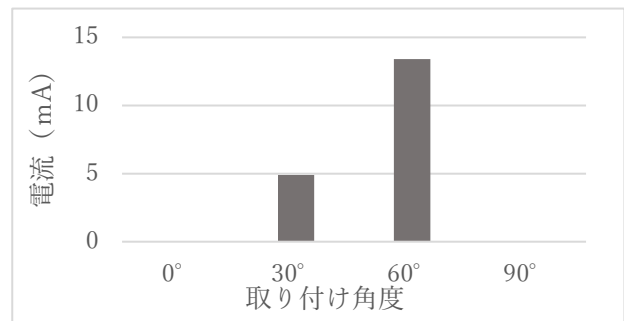
<図6>

### 3-5. 結果

風力が5のときの電流の値 (mA)



風力が7のときの電流の値 (mA)



<グラフから読み取れること>

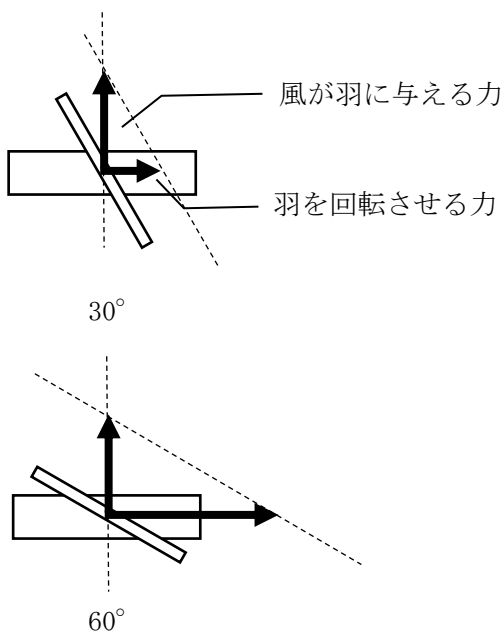
- ・取り付け角度が0°と90°の風車は発電しない。
- ・取り付け角度30°と60°の風車では60°の風車のほうがよく発電する。
- ・風力を大きくすると、流れる電流の値は大きくなる。

### 3-6. 考察

取り付け角度が0°のとき、羽が正面から風を受ける面積が非常に小さいため風車は回らない。取り付け角度が90°のとき、羽は正面から風を受けるのみとなり、風車を回転させる力は働かなかった。

取り付け角度が30°と60°の風車を比べると60°の風車のほうがよく発電していた。風が羽に与える力を任意の方向に分解すると、<図7>のようになる。この図から、羽に当たる風の大きさが同じ場合、60°の羽は30°の羽と比べて、風車を回転させる向きに働く力が大きいことが分かる。

<風車を上から見たとき>



<図 7>

以降、取り付け角度は 60° で実験を行う。

#### 4. 実験 2

##### 4-1. 内容

羽の本数を 1 本～7 本と変えたとき流れる電流の大きさを測定する。

##### 4-2. 使用した器具・装置

実験 1 同様。

##### 4-3. 実験方法

主な実験方法は実験 1 と同様に行う。

<条件>

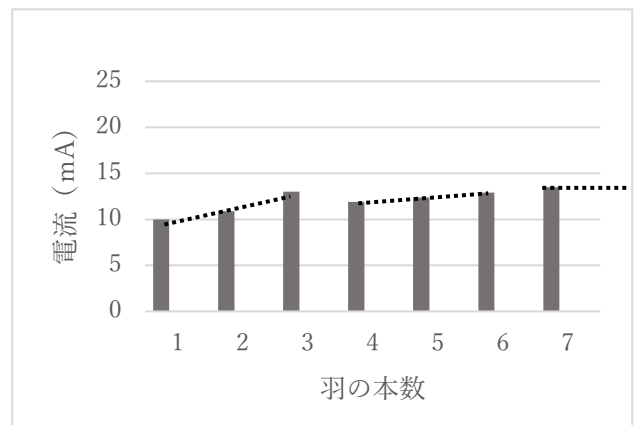
- ・横 4cm×縦 12cm の羽を使用する。
- ・羽の本数を 1～7 本と変える。

##### 4-4. 仮説

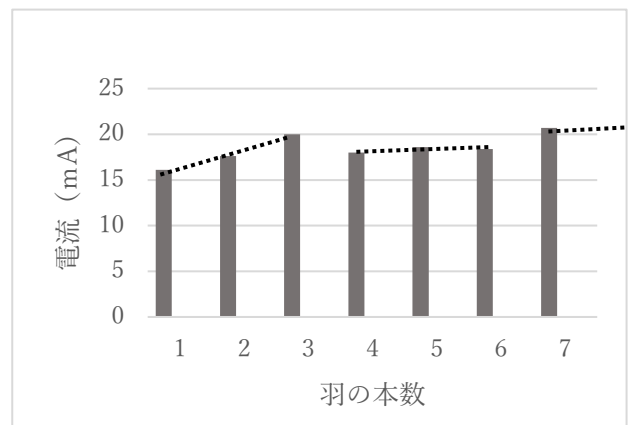
- ・羽の本数が多い風車ほど空気抵抗が大きくなるためよく発電する。

#### 4-5. 結果

風力が 5 のときの電流の値 (mA)



風力が 7 のときの電流の値 (mA)



<グラフから読み取れること>

- ・右上がりの傾向がみられるが、その変化は小さい。
- ・羽の本数が 3 本の風車は 7 本の風車と同じくらい発電する。
- ・風力を大きくすると、流れる電流の値は大きくなる。
- ・風力が 7 のとき、羽の本数が 3 本までは右上がりであったのに、4, 5, 6 は頭打ちになっている。

#### 4-6. 考察

羽の本数が多いほど、受ける空気抵抗は大きくなるため流れる電流の値は大きくなる。この実験では、「弱い風でよく発電する風車」について調べているため、風力 5 のときの結果に注目すると、羽が 3 本の風車はほかの風車と比

べてよく発電していた。実際の風車の羽も3本であることから何か理由があるのではないかと考えた。今後、羽の本数が3本になる理由を調べるため、追実験を行う。風力が7のときの傾向がわからないため、こちらも追実験を行い、この結果が正しいか調べたい。また、羽の本数が多いほど、風車の質量は大きくなり、電流の値の変化が羽の本数によるものだけではないため、改善する必要がある。以降、羽の本数は3本で実験を行う。

## 5. 実験3

### 5-1. 内容

羽の幅を変えたときの流れる電流の大きさを測定する。

### 5-2. 使用した器具・装置

実験1と同様。

### 5-3. 実験方法

主な実験方法は実験1と同様に行う。

#### <条件>

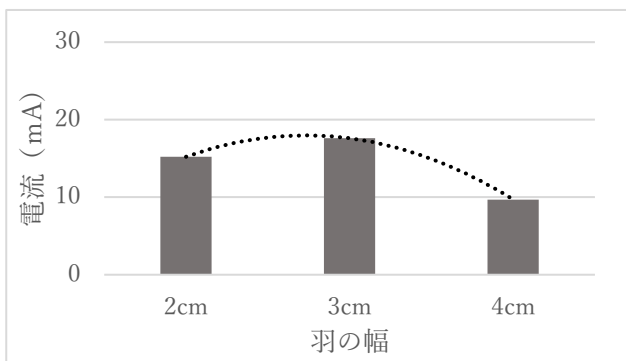
- ・羽の長さは12cmとする。
- ・羽の幅を4cm, 3cm, 2cmと変える。

### 5-4. 仮説

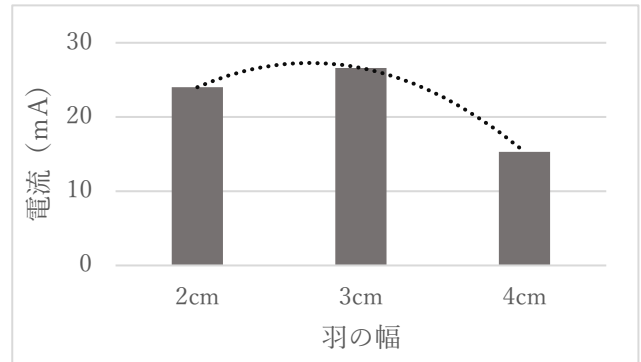
- ・羽の幅が長い風車ほど空気抵抗が大きくなるためよく発電する。

### 5-5. 結果

風力が5のときの電流の値(mA)



風力が7のときの電流の値(mA)



#### <グラフから読み取れること>

- ・幅が3cmの風車, 2cmの風車, 4cmの風車の順に流れる電流の値が大きい。
- ・風力を大きくすると、流れる電流の値は大きくなる。

### 5-6. 考察

近似曲線を見ると、羽の幅には最も風車が回りやすい最適値があるのではないかと考えられる。今回の実験ではサンプルの量が少ないため、近似曲線も正確とは言えない。実験対象を増やす必要がある。

## 6. 実験4

### 6-1. 内容

羽の長さを変えたときの流れる電流の大きさを測定する。

### 6-2. 使用した器具・装置

実験1と同様。

### 6-3. 実験方法

主な実験方法は実験1と同様に行う。

#### <条件>

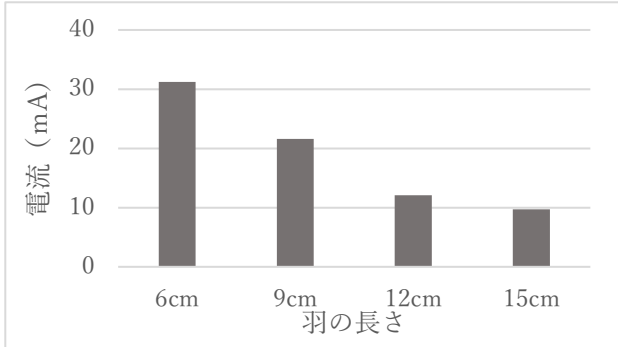
- ・羽の幅は4cmとする。
- ・羽の長さを15cm, 12cm, 9cm, 6cmと変える。

6-4. 仮説

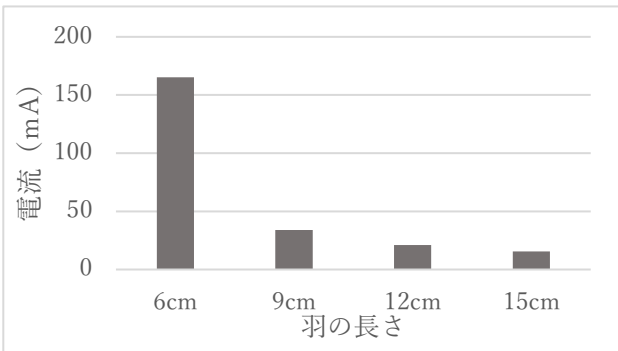
- ・羽の長さが長い風車ほど空気抵抗が大きくなるためよく発電する。

6-5. 結果

風力が5のときの電流の値(mA)



風力が7のときの電流の値(mA)



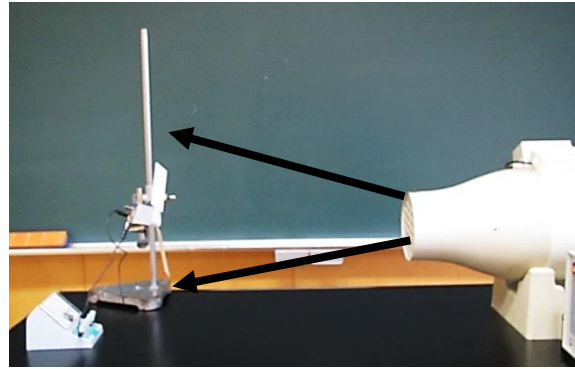
<グラフから読み取れること>

- ・羽の長さが短いほど、流れる電流の値は大きくなる。
- ・羽の長さが6cmの風車は風力5と風力7のときの流れる電流の値の差が大きい。
- ・風力を大きくすると、流れる電流の値は大きくなる。

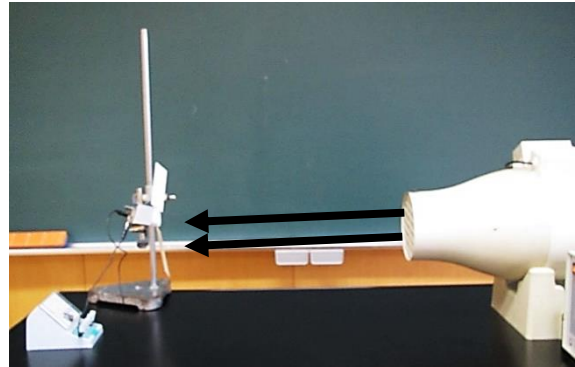
6-6. 考察

羽の長さが短い、つまり空気抵抗が小さい風車がよく発電していた。送風機の風は広がって吹くと考えていたが、確認して見たところ、まっすぐに吹いていくことが分かった。<図8>そのため、羽の長さが長い風車ほど風が当たらない面積が大きくなり、あまり発電しなかったと考える。

想定していた風の軌道



実際の風の軌道



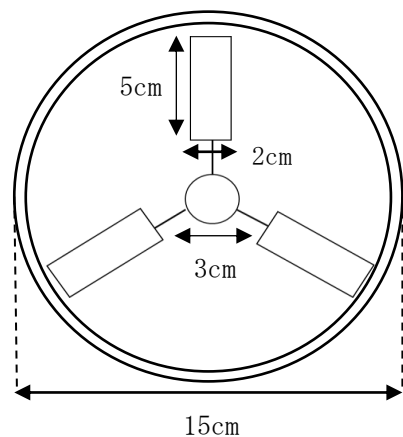
<図8>

7. 実験5

7-1. 内容

実験2の追実験を行う。実験4より、送風機の風は広がらず、まっすぐ吹くことが分かったため、風車の基準の形を送風機の口の大きさに合わせて設計し直し、<図9>再度羽の本数を1本~7本と変えたときに流れる電流の大きさを測定する。

送風機の口



<図9>

## 7-2. 使用した器具・装置

実験 1 と同様。

## 7-3. 実験方法

主な実験方法は実験 1 と同様に行う。

<条件>

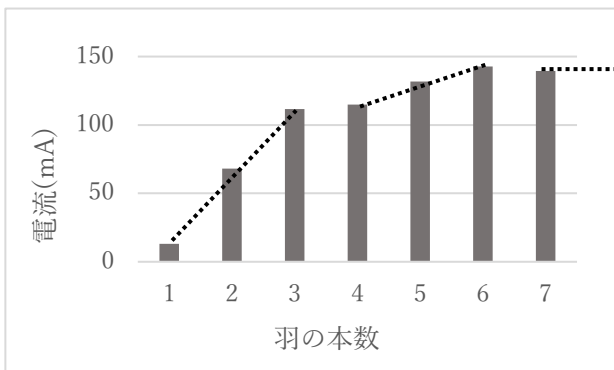
- ・横 2cm×縦 5cm の長方形の羽を使用する。
- ・羽の本数を 1～7 本と変える。
- ・風車から送風機までの距離は 30cm

## 7-4. 仮説

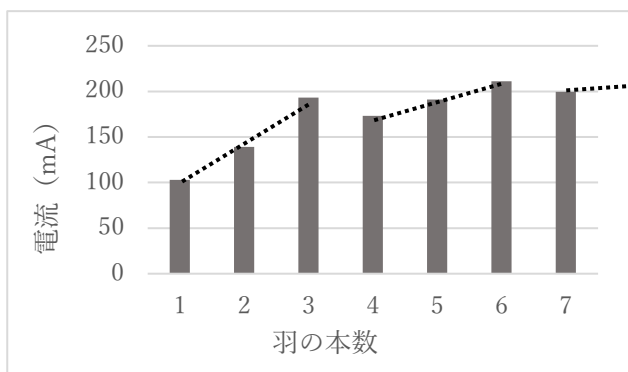
- ・3 本の羽の風車がよく発電する。
- ・羽の本数が多い風車ほど空気抵抗が大きくなるためよく発電する。

## 7-5. 結果

風力が 5 のときの電流の値 (mA)



風力が 7 のときの電流の値 (mA)



<グラフから読み取れること>

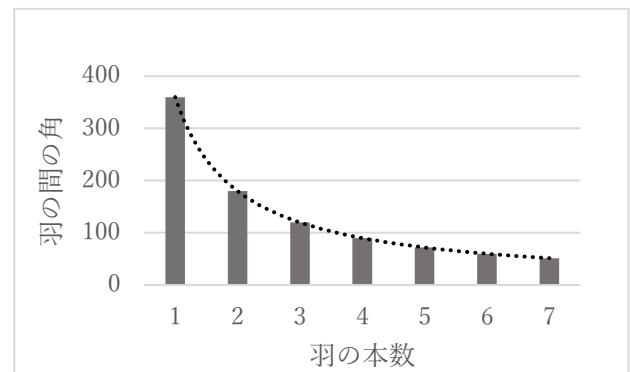
- ・実験 2 の結果と同様に 3 本の時の数値が飛び出ている。
- ・風力を大きくすると、流れる電流の値は大きくなる。
- ・右上がりの傾向がみられる。
- ・羽の本数が 3 の倍数の時よく発電している。
- ・1～3 本, 4～6 本の塊ごとに右上がりの傾向があり, 1～3 本より 4～6 本の時傾きは小さくなっている。

## 7-6. 考察

実験 2 とほぼ同じ傾向がみられた。1～3 本, 4～6 本の塊ごとに右上がりの傾向があり, 1～3 本より 4～6 本の時傾きは小さくなっている。8 本, 9 本の実験を行えば右上がりですらに傾きが小さいグラフになると考える。

ここまでの実験ではなぜこのような結果になるのかはわからないが, 3 本ごとに傾きが小さくなると仮定すると, 9 本以降, 3 本ごとに電流の値が大きくなったとしても, 3 本, 6 本の電流の値から大きく増加することはないと考える。風車の生産コスト等を考えると 3 本が最適であるといえる。

結果のグラフで, 羽の本数が少いとき傾きが大きく, 羽の本数が多いとき傾きが小さいのは, 羽の本数が少いと風車の羽が 1 本増えるごとに羽の間の角は急激に小さくなるが, 羽の本数が多いときは羽の間の角の変化が小さいため, 風車にとって大きな変化にはならなかったと考える。このことから, 3 本が最適であることがわかる。



## 8. 展望

- ・羽が3本のとき風車がよく回った理由をさらに調べる。
- ・風車の羽の形を長方形以外の形で実験する。
- ・羽の本数をさらに増やして実験する。

## 9. 参考文献

- ・マブチモーターHP

<https://www.mabuchi-motor.co.jp/>

- ・モーター慣らしの原理

<http://mini4wd.rei-farms.jp/mini4wd/2842/>