

僕は風をつかまえた～風力発電の実験～

今治明德中学校 第2学年 川島 聡 真
指導教諭 河村 篤 仁

1 研究のきっかけ

小学5年生の時に、『風をつかまえた少年』を読んだ。アフリカの14歳の少年が、様々な困難を克服して、廃材で作った風車から電気を起こした話だ。僕も彼と同じ14歳になった。世界に独学で風力発電を作れる少年がいるなら、僕にもきっと作れると信じ、風力発電の製作に挑戦することにした。電気をたくさん起こす風車を作るために、いろいろな風車を製作して発電量を測定する実験をすることにした。

2 実験装置

(1) 風洞

実験には、風の条件を一定とするために、扇風機とダンボールで自作した風洞を使った(図1)。

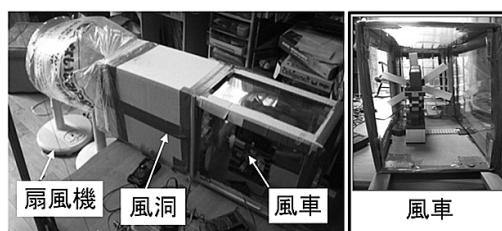


図1 風洞と風車

(2) 発電量の測定装置

発電量の測定装置は、小学6年生の時に使った理科教材を改造して製作した。

① 一定の時間(1分間)、風車で発電機を回して、発電した電気をコンデンサーへ蓄える(図2)。

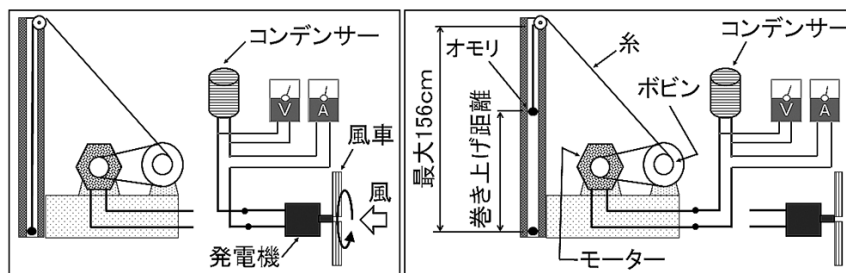


図2 発電量の測定装置(発電中) 図3 発電量の測定装置(巻き上げ中)

② コンデンサーをモーターにつなぎかえ、蓄えた電気でモーターを回してポビンで糸を巻きとり、オモリを持ち上げる(図3)。

③ 発電量を表す量として、オモリが持ち上がった距離、巻き上げ距離を測定する。測定できる巻き上げ距離は最大156cmである。

(3) 風車

風車のブレードは、発泡スチロールの板で製作した。ブレードの枚数と角度を調整するための部品を製作した(図4)。

ブレード角度は、10度、15度、30度、45度の4種類とした(図5)。

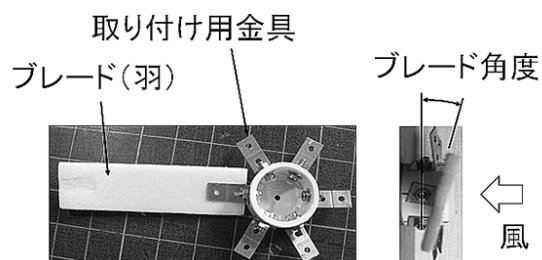


図4 ブレード取り付けのための部品

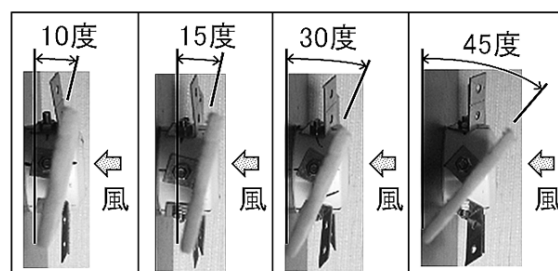


図5 ブレード角度

ブレード枚数の変え方は、次の2種類とした。

① 同じ形状のブレード枚数を変えた風車

ブレードの形状は、全て同じ2.6cm×10cmとした。ブレードの枚数が増えると、それに比例して、風車の風を受ける合計面積は大きくなる(図6)。

風車の直径は全て 23cm							
ブレード枚数	2	3	4	5	6	7	8
ブレード寸法(cm)	2.6x10	2.6x10	2.6x10	2.6x10	2.6x10	2.6x10	2.6x10
ブレード1枚の面積(cm ²)	26	26	26	26	26	26	26
風車全体の面積(cm ²)	52	78	104	130	156	182	208

図6 同じ形状のブレード枚数を変えた風車

② ブレードの合計面積を同じにした風車

ブレード枚数によらず、風車の風を受ける合計面積が、200cm²になるように、ブレード1枚の面積を、設定した(図7)。

風車の直径は全て 23cm							
ブレード枚数	2	3	4	5	6	7	8
ブレード寸法(cm)	10x10	6.67x10	5x10	4x10	3.33x10	2.86x10	2.5x10
ブレード1枚の面積(cm ²)	100	66.7	50	40	33.3	28.6	25
風車全体の面積(cm ²)	200	200	200	200	200	200	200

図7 ブレードの合計面積を同じにした風車

(4) 増速機

発電量を増やす方法を調べていると、本物の風車には、増速機があることが分かった。実験装置にも、プーリーと輪ゴムで製作した増速機を組み込んだ(図8、図9)。

発電機の回転数と風車の回転数の比率を増速比と呼び、風車側のプーリーの直径を発電機側のプーリーの直径で割って計算した。風車を発電機に直接つないだ増速比1と合わせて、3種類の増速比で実験した(図10)。

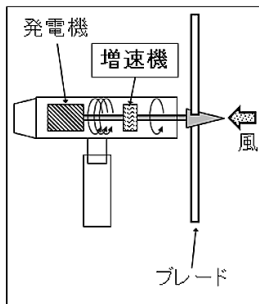


図8 風車の増速機

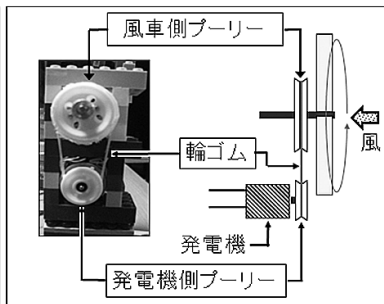


図9 実験に使用した増速機

増速比	1.0	1.7	2.9
風車が付く軸			
発電機が付く軸			
プーリー直径	風車側 2.72cm	風車側 1.6cm	風車側 1.6cm
増速比の計算	風車は、 発電機に直接 接続	$\frac{2.72}{1.6} = 1.7$	$\frac{4.64}{1.6} = 2.9$

図10 増速機の種類

3 実験結果

ブレード角度4種類、枚数の変え方2種類、枚数7種類、増速比3種類の組み合わせによる合計168種類の風車について、それぞれ3回実験を行い、測定された巻き上げ距離の平均値で評価した。

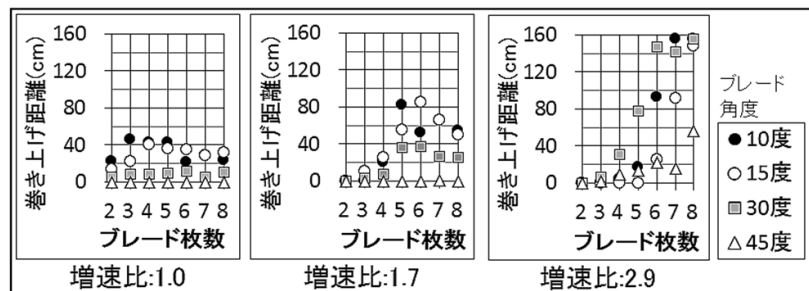


図11 ブレードの枚数と巻き上げ距離の関係(同じ形状のブレード枚数を変えた風車)

ブレード枚数、増速比、ブレード角度と巻き上げ距離（発電量）の関係をグラフに整理した（図11、図12）。

① 同じ形状のブレード枚数を変えた風車では、増速比が、大きいほど、巻き上げ距離は大きくなり、それが最大となるブレード枚数が、増えることが分かった。

増速比2.9では、ブレード枚数7枚と8枚で、巻き上げ距離が、装置の測定限界である156cmを超えているため、どちらの発電量が多いのか、分からなかった。どちらの発電量が多いかを調べる追加実験が必要と考えた。

② ブレードの合計面積を同じにした風車では、増速比が大きいほど、巻き上げ距離は大きくなるが、測定限界の156cmを超える場合が多くなり、ブレード枚数と発電量の関係が、はっきりと分からなかった。これも、ブレード枚数と発電量の関係を調べるための追加実験が必要と考えた。

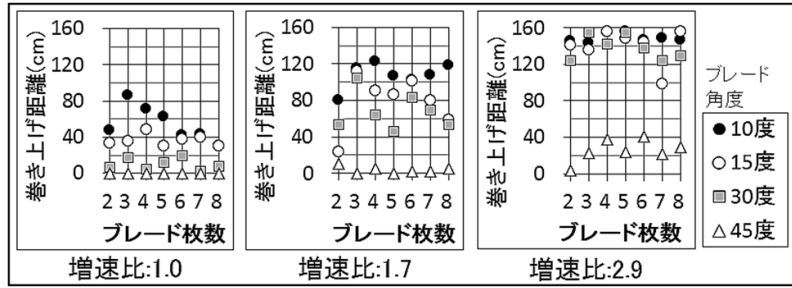


図12 ブレードの枚数と巻き上げ距離の関係
（同じ形状の合計面積を同じにした風車）

4 巻き上げ距離が測定限界を超えていた条件の追加実験

今までの実験では、オモリに、ワッシャを2枚、使っていた。その枚数は、増速機を組み込む前に決めたため、増速機がある場合は、オモリの重さが足りず、巻き上げ距離が測定限界を超える風車の条件があった。その場合、ブレード枚数や角度と発電量の関係が分からないので追加実験が必要と考えた。

測定限界を超えた条件については、オモリを2倍、3倍に、増やして追加実験をすることにした。その場合、オモリを増やす前後での巻き上げ距離を比較する必要があった。

オモリを持ち上げるエネルギー、オモリの質量、持ち上げた距離には、（式1）の関係がある。

$$\boxed{\text{オモリを持ち上げるエネルギー}} = \boxed{\text{オモリの質量}} \times \boxed{\text{持ち上げた距離}} \times \boxed{\text{定数 (重力加速度)}} \dots\dots \text{(式1)}$$

重力加速度は、一定なので、オモリを持ち上げるエネルギーは、オモリの質量と持ち上げた距離の積に比例する。つまり、オモリを2倍に増やした時に、持ち上げた距離が同じ場合は、エネルギーは2倍である。

そこで、今回の実験では、ワッシャを4枚（2倍）、6枚（3倍）に増やした時の巻き上げ距離を、2倍、3倍にして、ワッシャ2枚相当の巻き上げ距離に換算し、ワッシャ2枚の時の結果と比較することにした。

巻き上げ距離が、測定

表1 巻き上げ距離が測定限界を超えた風車の条件と追加実験結果

	増速比	ブレード角度	ブレード枚数	巻き上げ距離(cm)				
				ワッシャ2枚	ワッシャ4枚	ワッシャ6枚	ワッシャ8枚	ワッシャ10枚
同じ形状のブレード枚数を変えた風車	2.9	10度	7	156	115 <230>	77 <231>		
			8	156	155 <310>	134 <402>		
		30度	6	147	109 <218>	77 <231>		
			7	142	111 <222>	105 <315>		
			8	156	120 <240>	132 <396>		
ブレードの合計面積を同じにした風車	2.9	10度	3	146	126 <252>	132 <396>		
			4	156	152 <304>	156 <468>	141 <564>	
			5	156	152 <304>	154 <462>	156 <624>	106 <530>
			6	146	123 <246>	88 <264>		
		15度	4	156	106 <212>	106 <318>		
			6	144	94 <188>	94 <282>		
			8	156	107 <214>	107 <321>		
		30度	5	156	155 <310>	120 <360>		

◇内は、ワッシャ2枚相当への換算値

限界を超えた条件について、ワッシャを2倍（4枚）、3倍（6枚）に増やした追加実験を行った（表1）。

測定限界を超えた条件の巻き上げ距離について、追加実験の結果を換算した数値に入れ替えて、ブレード枚数と巻き上げ距離（発電量）の関係を示すグラフを作成した（図13、図14）。

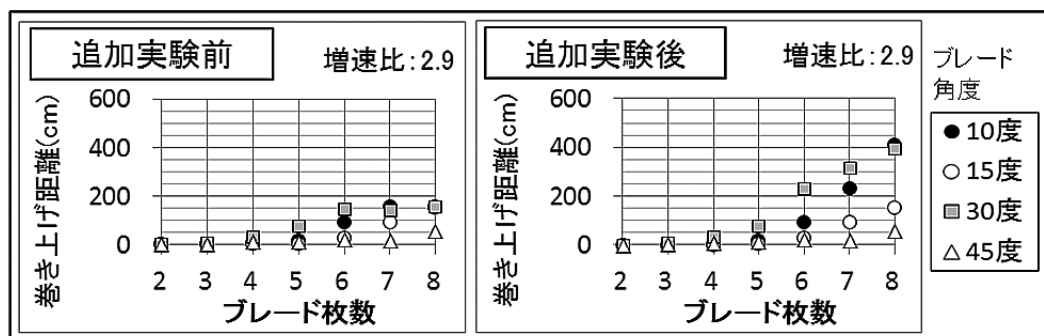


図13 ブレードの枚数と巻き上げ距離の関係 追加実験前後の比較
（同じ形状のブレード枚数を変えた風車、増速比：2.9）

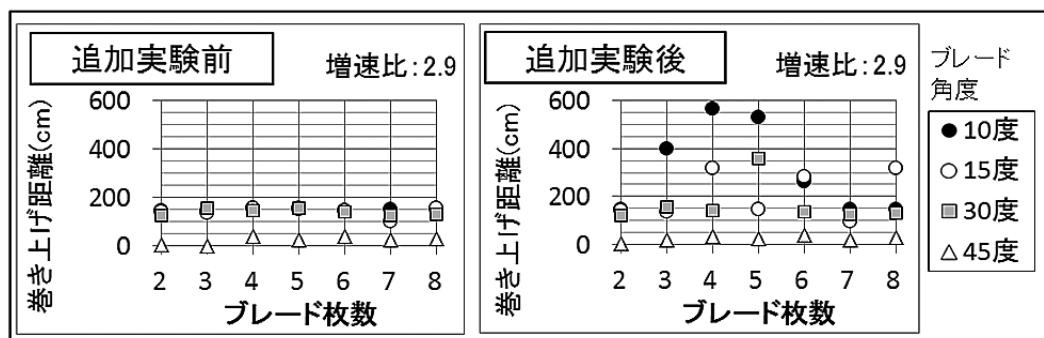


図14 ブレードの枚数と巻き上げ距離の関係 追加実験前後の比較
（ブレードの合計面積を同じにした風車、増速比：2.9）

同じ形状のブレード枚数を変えた風車では、追加実験前は、ブレード枚数6，7，8枚のブレード枚数と巻き上げ距離の関係が不明確だったが、追加実験により、ブレード枚数に比例して、巻き上げ距離が大きくなることが明らかになった。

ブレードの合計面積を同じにした風車では、追加実験により、ブレード枚数と巻き上げ距離の関係は、ブレード枚数が4枚、5枚がピークとなる凸型の分布となることが分かった。

5 研究を終えて

毎年、夏休みになると、不思議に思った現象を解明するための装置を作り、理科研究を行ってきた。小学2年生から挑戦してきたから、今年で7年目となる。僕の研究を支え、応援してくれた周りの方々と、理科研究ができることへの感謝の気持ちを持ち続けたい。また今後、この貴重な経験をこれからの自分に生かしていきたい。

6 参考にした本

風つかまえた少年

ウィリアム・カムクワンバ

文藝春秋

ブライアン・ミラー