

17. 効率の良い垂直軸型風車の形状の研究

静岡県立焼津中央高等学校

高木晟帆 菅沼美季 小原優輝

関悠真 久保田健斗 瀧下友祥

1. 研究動機

東日本大震災の影響により、再生可能エネルギーについて注目が高まってきている。その中の一つである風力発電に私たちは目をつけた。

風力発電は大きく二種類に分かれる。横軸を芯にして回転する「水平軸型風車」と縦軸を芯にして回転する「垂直軸型風車」である。私たちは形状が未だ定まっておらず、研究段階である垂直軸型風車の最も効率よく発電する形状を研究することにした。

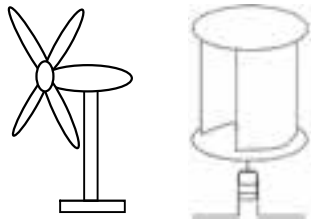


図1：水平軸型(左)と垂直軸型(右)

作成した風力発電機の性能を比較するために風が必要である。しかし、自然の風では天候の条件によって風速や風向きが変化してしまい、対照実験にならない。そこで安定した風を得るために扇風機を使用することにした。

2. 実験 「送風機が生み出す風速の分布比較実験」

使用する扇風機(リビング扇MY-A300L：46W 元風企業株式会社)がどの位の風速を出すのかを風速計(コンパクトアネモメーター温度計搭載デジタル風速計 天衡商事)を使用して測った。

(1)実験方法

扇風機から20cm離れた所で5秒毎に一回扇風機から出た風の風速を測る。これを60秒間続け、出た値の平均値をとる。

(2)実験結果

扇風機からむかって左側や中央は風速が遅く、右側と上下が速いというようなむらが出てしまった。

(3)考察

送られた風は届くまでに拡散してしまい扇風機を用いても、安定した風速は得られない。

室内に漂う微風の影響も考えられる為何らかの工夫を施す必要があると考え、周りの微風の影響を遮断するために風洞を作成し、実験に用いることとした。

3.実験「風洞を使用しての風速の分布比較実験」

送風機の風を拡散させないため風洞が必要であるため、使用する扇風機のサイズに合わせてダンボールで風洞を製作した。

(1)実験方法

実験装置は図2のようにして使用した。

図2で示した9箇所それぞれで、2秒毎5回、計10秒間の風速の平均を求めた。

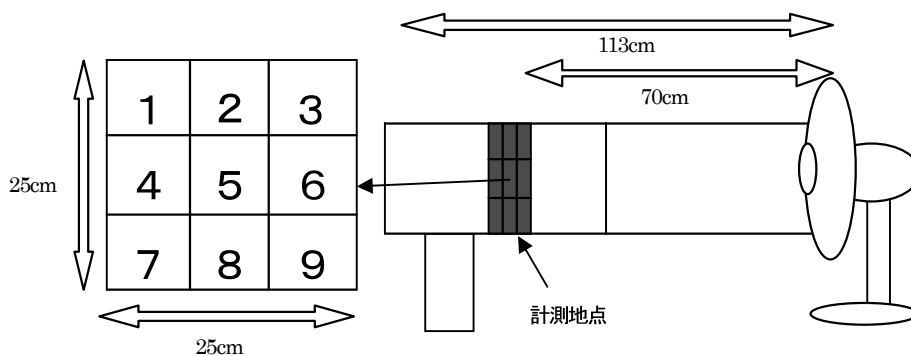


図2：計測地点の分割方法

(2)実験結果

3,6,9の部分が周りより速い。

中央付近である4,5が極端に遅い。

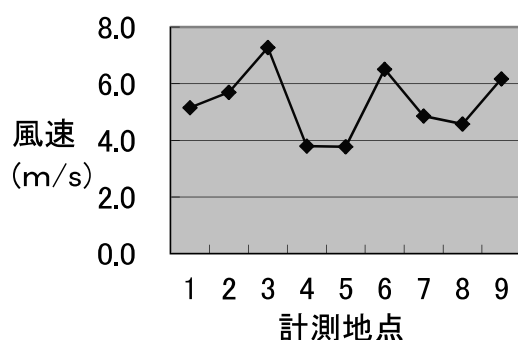


図3：扇風機の風速分布

(3)考察

図3より風速にばらつきが見られる。特に中央部の風速が遅いのは扇風機の形状によるものに加え、空気が物体にまわりつく性質から風洞の壁に風が沿うように進んでいることが原因と思われる。

風速を安定させる為には風速が速い部分に障害を当てて遅い部分との差を均していった方が良いと思われる。

4.実験「メッシュを入れての風速の分布実験」

3.3の考察から網目状のもの(メッシュ)に風を通し風の量をそろえ、風速を均一にすることにした。

(1)実験方法

図4のように設定した地点にメッシュを置き、9分割して70cm地点で風速を測る。

変更する条件は

- ・メッシュの種類
- ・メッシュの送風機からの位置

複数枚重ねて風速を測る。複数枚で測る際には中心部の値に近づける為、中心部を切り抜いたメッシュを使う。

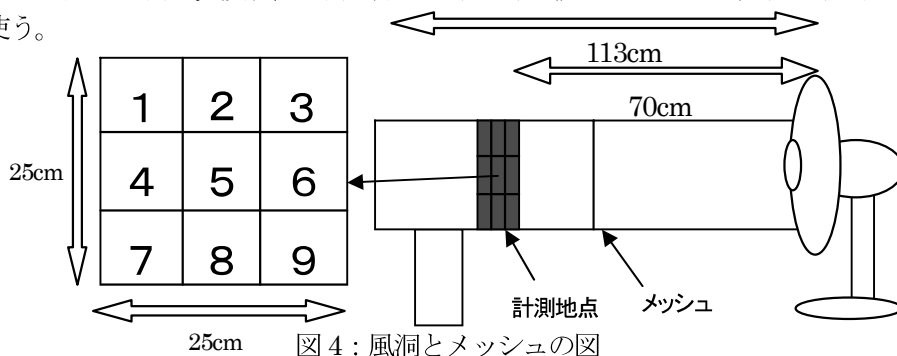


図4：風洞とメッシュの図

以下に示す3種類をメッシュとして使用した。

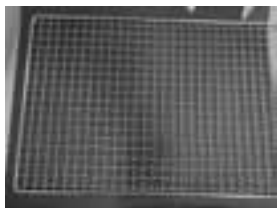


図5：焼肉用のグリル1マス一辺14mm



図6：ステンレス製メッシュ1マス一辺3mm



図7：網戸 1マス一辺1mm

(2)考察

メッシュは風速の乱れをある程度抑えていることがわかったが、メッシュを重ね合わせてもむらを押さえるのには限度があると考えられる。

今回は中心以外の風速を下げることで均一化を図ったが、「風は物体に沿って流れる」という性質を利用し、風を中心に集めるような構造にすれば、風速の低下を抑えられ、均一化できるのではないかと考えた。

5. 実験「円筒を入れての風速の分布比較実験」

前述の考察から円筒を利用すれば全体の風速を揃えられるのではないかと考えた。そこで風洞の中にメッシュに加え、円筒を設置することにした。

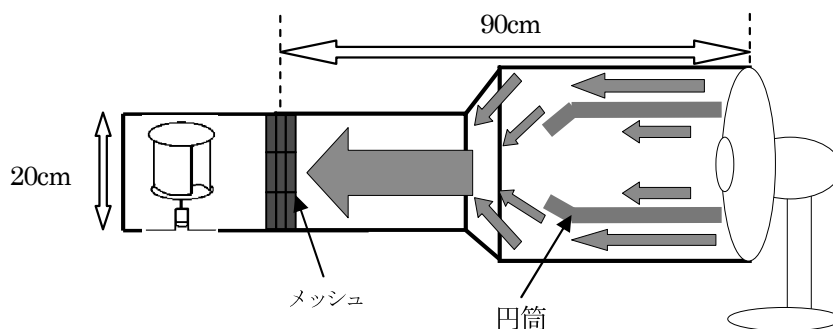


図8：円筒の入った風洞の構造

(1)実験方法

図8のように、風洞の中に円筒を入れ、従来の通り風洞内9カ所の風速を測る。

(2)考察

円筒を用いることで、突出したデータの出た4,5地点やその他の地点の風速も安定させることが可能だと考えられ、円筒によってばらつきのあった風を中心に集めることができ、安定した風速を得られたと思われる。

しかし、風洞+メッシュの条件では全体的な風速の低下がみられるため、風洞、扇風機の大型化の必要性がある。

6.実験「大型化した風洞の性能比較実験

本格的に実験を開始するため、扇風機(HX-104 工業扇床置タイプ 140W 45cm 鯛勝産業株式会社)を使用し、風洞を大型化した。

(1)実験方法

5.1の実験と同様に、扇風機から138cm地点で、風洞内9カ所の風速を測る。

(2)考察












円筒を導入することで整流効果が高まったと考えられたが、メッシュを使用した風洞は全体的に風速が遅くなっており、これはメッシュを複数枚重ねたことと、実験5.の風洞に使用した扇風機と、新しい風洞に使用した扇風機の性能の違いによる影響が原因と思われる、円筒の力を最大限に発揮できていないのではと考えメッシュを取り除くことにした。

7. 実験「風洞内での型別回転数比較実験」

(1)垂直型風車の種類

垂直軸型風車には様々な形が存在する。今回の実験をするにあたって、その中でも以下の表1に示す7つの型の風車を製作した。

表1：垂直型風車の種類

名前	クロスフロー型	直線翼型	サボニウス型	S字型
重量版 (アルミ製)				
軽量化版 (異形ポリスチレン製)				
上から見た図				
材料	アルミ板0.5mm デコパネ密板 発泡ポリ スチレン A3 厚み5mm	アルミ板0.2mm	アルミ板0.5mm スタイロフォーム 1820×910mm 厚み50 mm	アルミ板0.5mm スタイロフォーム 1820×910mm 厚み50 mm
質量	アルミ321.84g 軽量化版133.98g	93.56g	アルミ241.12g 軽量化版103.06g	アルミ201.58g 軽量化版109.98g
特徴	円筒のローターで15枚前後の円弧翼を有する貫流型の構造をした風車。抗力で回る抗力型で初速度が低くても回りやすい。	サボニウス型などと違い抗力ではなく揚力で回る。停止状態での風から得られるトルク(起動トルク)が極めて小さく、自力での回転開始が難しいという問題点がある。	半円筒形の羽2枚で構成され、左右の羽を互い違いに円周方向に多少重なり合う部分を残し、ずらし合わせたものでプロペラ型などの揚力を利用するのと違い、抗力が主体となっている。弱風でも回りやすく風を切らないので騒音が出にくい。	半円筒形の羽2枚で構成され、サボニウス型とは異なり、羽の端を合わせたもの。サボニウス型同様抗力で回るが、風は貫流しない風を受け止めやすい。

(2)実験方法

電圧、電流を測る代わりに回転計を用いて回転数を測定して風車の発電能力を推し量る。風速を1.0m/s 上げるたび測り、風速と回転数の関係と型ごとの特長を調べる。

5秒おきに回転数を記録する。これを1分間を1区切りとし、各風速ごと10回、それを1.0～7.0m/s間で繰り返す。その10回行って得た数値の平均を取ってそれをグラフにした。

(3)実験結果

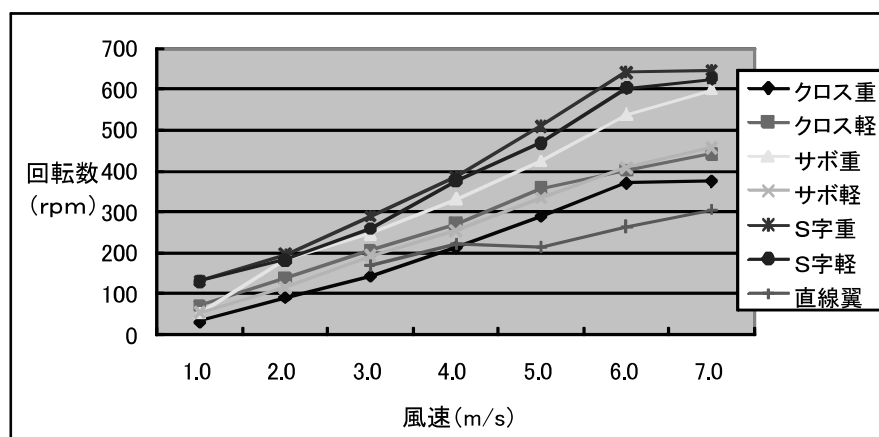


図9：全ての型の風速と回転数

図9より全体的にどの型にも2.0m/sからグラフの傾きが大きくなり6.0～7.0m/sではグラフの傾きが小さくなるのが分かる。直線翼型を除き、羽の枚数が少ない型ほど回転数が高いことが分かる。

(4)考察

6.0～7.0m/sの傾きが小さくなったのは、モーターの限界、空気抵抗の増加が原因と考えられる。同じ型を重さ別に見た時、グラフの傾きは似た傾向にあり、どの型も基本風速(m/s)と回転数(rpm)は比例関係であると考えられる。

8. 実験「屋外での風速測定」

次に自分達の学校で常にどの位の風が吹いているのかを風速計(コンパクトアナメーター温度計搭載デジタル風速計 天衡商事)で測った。

(1)測定方法

高所、建物の間、物が入り組んでいる所の3箇所を選び、その場で風速を風速計を使用して、2秒に1回風速をとるのを10秒間繰り返し、その平均を取る。

そして私たちが測った日の中でどの位の風速が吹いている日が多いのかを調べた。

(2)考察

0m/sだった日の数や平均風速を比べ、どこの位置を風速が速い所とするかを考えたとき、建物の間が比較的風速が速いように見られ、0m/sであった日が少なく3か所のなかで最も風速が速い所と考えられる。

9. これからの課題と展望

今後の課題としては、ひとつひとつの型の風車の完成度を高め、より信頼性の高いデータが得られるようにしていきたい。

反省を踏まえこれからは、各型ごといくつも質量を変えて製作し、さらに羽の最適な角度、枚数、材質なども詳しく調べ、より効率の良い風車の追及を目標として研究をしていきたいと考えている。