

風車のブレードと発電電力の関係性についての研究

山形県立山形工業高等学校

電気電子科 笹原 隼介・柏倉 陽生

安達伸之輔

指導者 吉田 幸宏

研究背景

本校では、SDGs についての取り組みを進めている。私たちは、SDGs の取り組みを進めることで、持続可能な社会を作ることが、今の社会においてどれくらい必要かを知った。その中で、持続可能なエネルギーとは、どのようなものなのか、持続可能な社会を作っていくのに私たちはどのようなことができるのかについて考えた。私たちは SDGs の 17 の項目から 7 番の「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」と 9 番の「産業と技術革新の基盤をつくろう」に着目した。

私たちの学科では 2 年生の実習活動で風力発電コンペを行っている。コンペは、各グループで形を決め、発電電力を競うものだった。今回の研究では、コンペで得た結果をもとに、ブレードの形と枚数の関係性についての実験を行った。

課題と予測

現状日本のエネルギーは火力発電がほとんどを占めている。しかし火力発電の原料は、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料であり、この原料には限りがある。そのために風力発電が社会のエネルギーをまかなえるようになることで持続可能な社会に近づくと考える。

現状日本の風力発電は、稼働している風車のほとんどがプロペラ型である。プロペ

ラ型風車の特徴として、高速回転する反面、騒音が大きいことや首ふり運動の分で効率ロスも生じやすいという特徴がある。



図 3 プロペラ型風車

そして、風力発電の問題点として、風の力によって発電電力にむらがあるため強風の日と風が吹いていない日では、発電電力に大きな差が出てしまう。また風車一台が大きいために、設置場所が限られてしまうという課題もある。この問題を解決するため昨今、小型風力発電機（風車の直径 16m 以下（受風面積 200[m²]以下、出力 20[kW]未満）への注目度が高まっている。

小型風力発電の導入量は、2014 年 12 月の 27[kW]から、2015 年 12 月の段階で 42[kW]に急拡大したほか、認定量も 2014 年 12 月の 314kW から 2015 年 12 月には 849[kW]となった。導入量は現在も伸びている反面、導入事例のなかには、風況を含めた設置する場所の検討や、小型風力発電機の機種選定などの面で、期待通りの発電電力が得られるのか懸念されるケースも見られる。

私たちは小型風力発電機の発電電力が最も多くなるブレードの形状枚数とピッチ角

の関係性について調べようと思った。発電電力の目標としてプロペラ型のバランスを保ちながらブレードの枚数を増やすことで、強い風の時に多くの発電電力を得たいと考えた。平均電力で 2000[mW] を超えることを目標とした。

研究内容

私たちは3つの研究に取り組んだ

- (1) ブレード断面の形状と発電電力の関係
- (2) ブレードの枚数と発電電力の関係
- (3) ブレードのピッチ角と発電電力の関係

まずはブレードの形状を決めるため、各々で形状を定め実験した。発電機は、同じものを使用している。ブレードの内側にはアルミ板をつけ、強度を上げることにした。各々のブレードの形は以下の図の通りである。

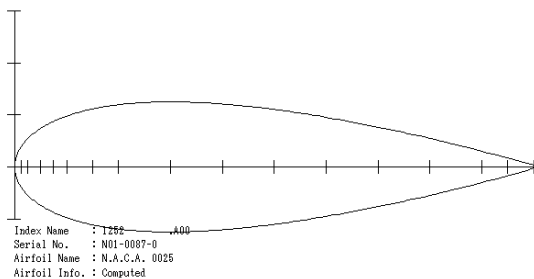


図 4 NACA 0025

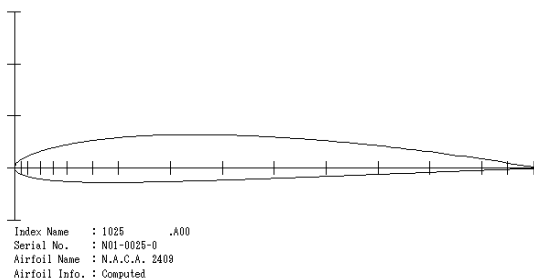


図 5 NACA 2408

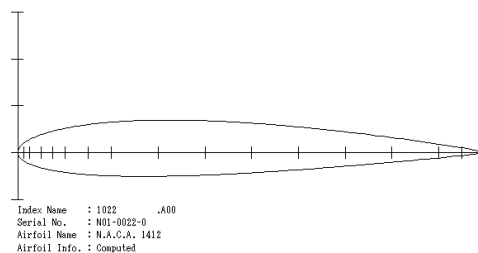


図 6 NACA 1412

ブレードの長さは、35[cm]、ブレードの角度は 30[°]、素材は発泡スチロールとブレードの断面以外の条件はすべて一定にした。低速 3[m/s]、中速 5[m/s]、高速 7[m/s] の 3 段階に分けて実験を行った。

研究結果

1 ブレード断面の形状による発電電力

(1) NACA0025



図 7 NACA0025 の風車

測定結果を表 2 に示す。

表 2 NACA0025 の発電電力[mW]

	低速3[m/s]	中速4[m/s]	高速5[m/s]
最大電力	41	189	238
平均電力	35	140	175

低速と高速の差が平均電力で 140[mW] だった。これは、ブレードの厚さが厚いため重量が重く、低速時にブレードが回らなかった原因だと考える。

(2) NACA2408

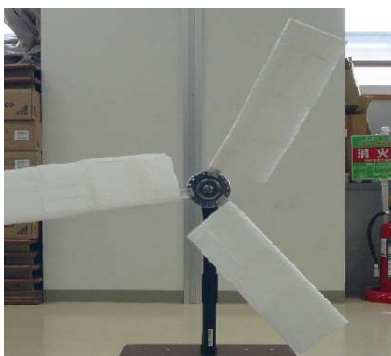


図 8 NACA2408 の風車

測定結果を表 3 に示す。

表 3 NACA 2408 の発電電力 [mW]

	低速3[m/s]	中速4[m/s]	高速5[m/s]
最大電力	50	158	230
平均電力	31	87	140

この風車は NACA 0025 の風車よりも高速時の平均電力の値が最大で 35 [mW] 小さくなってしまった。さらに、ブレードが薄いため強度の面でも不安があった。実験中も何度かブレードが破損する場面が見られた。

(3) NACA2408

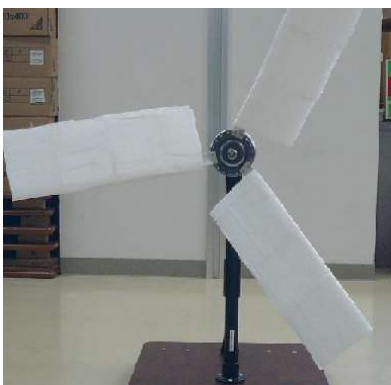


図 9 NACA2408 の風車

測定結果を表 4 に示す。

表 4 NACA2408 の発電電力 [mW]

	低速3[m/s]	中速4[m/s]	高速5[m/s]
最大電力	15	80	127
平均電力	13	28	36

この風車は、ブレードのピッチ角やブレードの加工の誤差が大きく、NACA 0025 の風車よりも高速時の平均電力が 139 [mW] 小さかった。また強度の面でも大きく 2 つの風車に引けを取ってしまった。実験中に何度も、ブレードが取れることが多くあった。今回の実験では、ブレードの厚みが一番厚い NACA0025 の風車が、低速、中速、高速、において平均電力が最も大きかった。ブレードが薄く剛性が低いと破損してしまうことが分かった。

2 ブレードの枚数による発電電力

ブレードの枚数と発電電力の関係を調べるため、ブレードの長さや素材、ブレードの形を一定にし、ブレードの枚数を 6 枚に変更して実験を行った。



図 10 NACA0025 の 6 枚羽根の風車

測定結果を以下に示す。

表 5 NACA0025 発電電力 [mW]

	低速3[m/s]	中速4[m/s]	高速5[m/s]
最大電力	247	1701	2189
平均電力	198	1418	1954

3枚羽根よりも風を受ける面積が増えたため発電電力は最大電力が1951[mW]、平均電力が1779[mW]上昇した。このことからブレードの枚数を増やすと風を受ける面積が増え発電電力が大きくなることが分かった。

3 ピッチ角による発電電力

10[°]、20[°]、30[°]、40[°]の4つに変化させ発電電力を測定した。

測定結果を以下に示す。

表6 低速3[m/s]での発電電力[mW]

低速3[m/s]				
ピッチ角	10°	20°	30°	40°
最大電力	135	215	247	707
平均電力	112	182	198	626

表7 中速5[m/s]での発電電力[mW]

中速5[m/s]				
ピッチ角	10°	20°	30°	40°
最大電力	463	2119	1701	1219
平均電力	356	1712	1418	1082

表8 高速7[m/s]での発電電力[mW]

高速7[m/s]				
ピッチ角	10°	20°	30°	40°
最大電力	625	2507	2189	1252
平均電力	442	2202	1954	1125

この測定結果から分かったことは、低速の時は、ピッチ角40[°]の風車が平均電力626[mW]と最も発電電力が大きかったが中速と高速の時には、ピッチ角20[°]の風車が平均電力1712[mW]、2202[mW]と一番発電電力が大きかった。しかし、高速時の最大発電電力はピッチ角30[°]の風車が2189[mW]と最も発電電力が大きかった。

中速時や高速時は、ピッチ角が浅いと風を受ける面積が増え、効率よく受け流すことが出来るために、発電電力が大きくなったと考える。ピッチ角10[°]の時のように角度がなさ過ぎると、風を受け流すことが出来ないため、回らなくなってしまったと考えた。

使用器具

扇風機：鯛勝株式会社 HA-600型

デジタルテスタ：SANWA ELECTRIC INSTRUMENT

単巻変圧器：山菱電機

交流電圧計：YOKOGAWA ELECTRIC INSTRUMENT

パソコン：IBM ThinkPad

計測用ソフト：PC Power ver2.0

(高知工科大学エネルギー教養電力計測ソフト)

ハブダイナモ：SHIMANO Nexus 6V 2.4W

まとめ

発電量は高速の時に、最も発電電力が高かったもので、最大発電電力は2189[mW]、平均発電電力で最も大きい数値で2202[mW]と、当初の目標の2000[mW]を達成することができた。NACA0025の3枚羽根の風車と6枚羽根の風車を比較すると高速時の平均発電電力は1847[mW]の差があった。この差ができた要因として、ブレードの枚数をバランスよく増やしたことで風を受ける面積が増えたこと、そしてブレードのピッチ角を調整し、平均的に一番よく回るブレードのピッチ角を見つけられえたことが、この結果に表れてきたと思う。

今回の研究を行ったことで、自分たちで風車の形を決め、素材を決めて、実験をして発電電力を調べた。すべての工程を三人で分担してやったことで、私たちは風車の特

性や発電電力を上げるためにこれまでになく考えることができた。

これからの課題として、風力の違いによる発電電力の差を少なくすることがあげられる。高速時の発電電力で最も平均電力が大きかったのは、2202[mW]、低速時の最も平均電力が大きかったもので 626[mW] と 1576[mW] の差があった。低速時と高速時での差をなくすために風車のブレードや、ピッチ角の改善を続けていきたいと思う。持続可能な社会を目指す日本の産業界で、風力発電は今後数年で必ず必要不可欠な発電方法となると思う。50 年後、100 年後の火力発電に頼らない日本のエネルギーを作っていくために工業高校の生徒である自分たちに、何ができるかを考えていきたい。私たちはこれからも発電電力の向上や、安定化の方法を探求心を持って、研究を続けていきたいと思う。

参考文献

風力発電とは？仕組みやメリット・デメリットをわかりやすく解説します！

<https://enechange.jp/articles/wind-power-generation>

持続可能な開発目標・SDGs とは？17 の国際目標やターゲットなどを解説

https://gooddo.jp/magazine/sdgs_2030/
計算工学ナビ

http://www.cenav.org/wing_conv/

プロペラ型風車—Bing images

火力発電-発電の仕組み-電気事業連合会

<https://www.fepec.or.jp/enterprise/hatsuden/fire/index.html>

あなたは知ってる？ 小型風力発電の 3 つの注意点

<https://solarjournal.jp/windpower/8743/>