

# 平成 12 年度 卒業論文

サボニウス風力発電機のフィールド実験と  
ガイドベーンがサボニウスに及ぼす影響について

指導教官：坂本 東男 教授

知能機械システム工学科

1031005

宮地研太郎

# —目次—

まとめ…3

第 1 章 序論 …4

第 2 章 実験内容 …5

第 3 章 実験装置及び手法 …6～11

第 4 章 実験結果及び考察 …12～17

第 5 章 結論 …17

謝辞

学会発表

参考文献

## まとめ

### サボニウス風力発電機のフィールド実験とガイドベーンが サボニウスに及ぼす影響について

#### 実用化の目標

風力・太陽光をハイブリッドした形の発電機であり、非常時の電源としても使え、低風速からの発電が可能な発電機を目標としている。

#### 研究の目的

各個人が必要なエネルギーを必要な場所に供給する為に、風力・太陽光ハイブリッド発電システムを構築し、身近に設置する事によって地球環境に根ざしたローカルクリーンエネルギーを実現する為に研究を行う。

#### 創意工夫点

サボニウス風車にガイドベーンを付けるべきなのか、それとも風車の直径を大きくするべきなのかについて実験により求める。過去の研究では、風車の直径を変えずに、ガイドベーンの幅や枚数を変えて実験を行っている為、ガイドベーンを付けた時の円の大きさに相当する風車と比較できなかった。本研究では、直径 150mm の風車にガイドベーンを付けた風車と直径 300mm の風車を作製し、比較検討した。

#### 実施内容

- (1) 大学キャンパス内でのサボニウス風力発電機のフィールド試験
- (2) ガイドベーンの位置を変えて最適な取付位置を探し出す模型実験
- (3) サボニウスだけの時と、ガイドベーンを付けた時の静トルクの比較
- (4) ガイドベーンを付けた時のサボニウスのトルクと、ガイドベーンを付けた時のサボニウスに相当する直径のサボニウスとのトルクの比較
- (5) 風の向きを変化させた時のガイドベーン付きサボニウスの出力を求める実験

#### 実験結果と他との比較

- ・風車直径の 1/4 という大きさのガイドベーン 4 枚では、最大 18% の出力増加を得る事ができた。
- ・大きな出力を得るには、ガイドベーンを付けるよりもサボニウス風車の直径を大きくした方が得られる出力が大きく、効率も良いと言える。
- ・サボニウス風車の上方に、板状の部材を水平に設置する事で全方向の風に対して、風車の出力増加が可能である。
- ・4 枚のガイドベーンは、風の向きが決まっている時に有効であると言える。

#### 今後の課題

- ・サボニウス風力発電機のフィールド試験における風速、回転数、発電量のデータ採集。
- ・サボニウスで得た力で効率的に発電機を回す為の増速比の設定を行う事。
- ・現在の蓄電システムでは、バッテリー電圧を越えないと充電しない為、今後効率の良い蓄電システムを構築する必要がある。

## 第 1 章：序論

従来の風力発電機はプロペラ型が主流であった。プロペラ型は、風速 4m/s 以上で発電を開始し、高風速下で発電能力を発揮する。この為、低速度の風を利用する事が出来なかった。一方、サボニウス型風力発電機は風速 1.5m/s から発電を開始する為、効率的に風の力を利用する事が出来る。

本研究の目的は、各個人が必要なエネルギーを必要な場所に供給する為に、風力・太陽光ハイブリッド発電システムを構築し、身近に設置する事によって地球環境に根ざしたローカルクリーンエネルギーを実現する事である。この為風車を最適な条件で設計する事が必要不可欠である。

ローカルクリーンエネルギーを実現する為に、高知県内の企業や高知工科大学などが共同で研究を行った。主に報告者と関係する方々は以下の通りである。

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| 高知工科大学      | 坂本教授               |
| (有) MMS 製作所 | 前田社長               |
| (有) 坂本技研    | 坂本社長               |
| (有) スカイ電子   | 廣林社長               |
| 高知高専        | 野村教授               |
| A213 研究室    | 伊藤淳、内野喬誌、松岡順一（大学院） |

ローカルクリーンエネルギー研究会では、小型サボニウス風力発電機の性能を向上させる為の研究を行っている。性能を向上させる為の研究内容を以下に示す。

- ・発電機内部の磁場解析を行い、低速度発電機の最適設計の研究。
- ・サボニウス風車の最適形状設計の研究。
- ・風力発電機と太陽光発電とのハイブリッド化の研究。
- ・サボニウス風力発電機のフィールド実験 など

今回、報告者はサボニウス風力発電機のフィールド実験とガイドベーンがサボニウスに及ぼす影響について研究を行った。フィールド実験は、MMS 製作所、野村教授、A213 のメンバーが協力して実験を行った。ガイドベーンの実験は、MMS 製作所と報告者が共同で研究を行った。

サボニウス風車は回転時に、風が回転を妨げる側に流れているので、報告者はガイドベーンを使って、この事を改善する事を考えた。過去の研究では、ガイドベーンの大きさが風車の半径やそれ以上の大きさで、ガイドベーン枚数を変えて実験を行っているが、それに比べて小さなガイドベーンの効果は明らかにされていない。しかもガイドベーンの幅が、風車の半径や直径の場合には、その 2 つの効果には大差が無い。そこで本研究では、風車直径の 1/4 という大きさのガイドベーンでも効果が有るのではないかと思い実験を試みた。これまでの研究結果より枚数が 4 枚、6 枚、8 枚と増えるにしたがって全風向型になることが分かっているので、今回はガイドベーン 4 枚という単純化した条件で実験を行う。

独自性としてガイドベーンを付けた方がいいのか、それとも風車の直径を大きくした方がいいのかを実験により求めた。そして本研究では、サボニウス型風力発電機の性能もフィールド実験により確認を行った。

## 第 2 章：実験内容

実験内容は下記に示す通りである。

- ① 大学キャンパス内でのサボニウス風力発電機のフィールド試験
- ② ガイドベーンの位置を変えて最適な取付位置を探し出す模型実験
- ③ サボニウスだけの時と、ガイドベーンを付けた時の静トルクの比較
- ④ ガイドベーンを付けた時のサボニウスのトルクと、ガイドベーンを付けた時のサボニウスに相当する直径のサボニウスとのトルクの比較
- ⑤ 風の向きを変化させた時のガイドベーン付きサボニウスの出力を求める実験

なおサボニウス風車というのは図 1 に示すような風車であり、1925 年 Savoniusu により提案された抗力利用の垂直軸風車である。その後、低回転、低効率のため大きな発展を見ず、換気用などの限定された用途に利用されたに過ぎない。しかし近年、自然エネルギー利用再評価の動きの中で、サボニウス風車も農業用の揚水ポンプ、湖沼のエアレーション、さらにはダリウス風車と組み合わせた起動用などに用いられ始めている。

図 2 に示すような大型風車として代表的な揚力形のプロペラ風車やダリウス風車のような高速型風車は単独での起動が困難と言う欠点がある。だが低速形のサボニウス風車では起動トルクが大きく、風が吹き始めると同時に回転を始め、垂直軸であるので方位制御の必要も無い。



図 1. サボニウス風車



図 2. プロペラ風車

サボニウス風車の構造は、図 3 に示すような円筒を半分に切断し、それを少しずらし、上下に円盤を付加えた円筒型の物である。風に対して凸面で受ける風よりも、凹面で受ける風の方が風車を回転させる力が強いために、風車は一定の回転方向を持つ。中心側の円弧端と円弧端の距離  $a$  を一般にオーバーラップと言う。サボニウス風車は、このオーバーラップがある方が、回転がスムーズであると言われる。円弧形をした羽根の弦に当たる距離  $b$  をバケット弦長という。

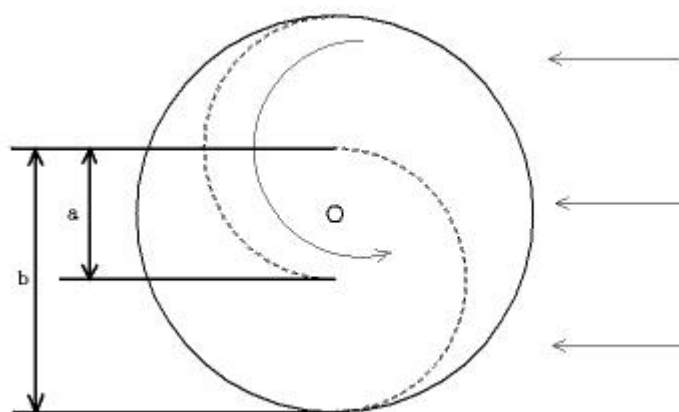


図 3. サボニウス風車の構造（上図）

### 第 3 章：実験装置及び手法

#### 3-1 サボニウス風力発電機のフィールド試験

フィールド試験には図 4 に示す様な MMS 社製の 2 連サボニウス風車を用いた。サボニウス風車 1 機の寸法は直径 0.8m、高さ 1.6m、羽根枚数は 3 枚である。

制御方法は、マイコンによるトータルコントロールであり、特徴のある最大電力追従制御（高知工業高等専門学校 電気工学科 野村弘 教授が考案、開発された。）により最適な蓄電方式を用いている。風車だけの回転数では発電に適さない為、風車下には増速機を設け、ベルトでウィンドチャージャータイプの発電機に繋げるという工夫がなされている。増速比は約 3 倍に設定している。風車は高知工科大学グラウンド東側に設置し、平成 12 年 11 月 4 日から平成 12 年 11 月 24 日までの間、計測を行った。

測定方法は以下の通りである。

風車の上部には積算風速計を取り付け、積算風速を計測した。風車で発電された電力は日本電池社製の 12 ボルトバッテリーに蓄電した。計測項目は積算電力と積算風速についてである。積算電力は、発電機とバッテリーの間に接続した積算電力計によりその値を求めた。研究期間の間、交代で定刻 11:50 (am) に数値を読み取った。今回は風車 1 機当たりの出力を求める為、風車は片側のみを使用した。



図 4. フィールド試験の実験装置

### 3-2 ガイドベーンの模型実験

ガイドベーンの実験装置の概略を図 8 に示す。風車は、直径  $D=300\text{mm}$ 、高さ  $H=300\text{mm}$ 、羽根の半径  $R=100\text{mm}$ 、オーバーラップ比（オーバーラップ／バケット弦長）は 0.5 である。風車のシャフト下側にはカップリング（図 7）を取り付け、キー溝にキーを挿しこむ事により TM 型トルクメーターとシャフトを連結させた。

風洞入り口に工場扇を設置して風を起し、風洞で風を整流した後、模型風車に風を当てた。風洞の入り口は縦  $700\text{mm}$ 、横  $700\text{mm}$  である。風洞の吹き出し口は、縦  $450\text{mm}$ 、横  $450\text{mm}$  である。風洞の吹き出し口から風車に当たる風は平均  $5.5\text{m/s}$  である。風車の上部には厚さ  $5\text{mm}$  程度のベニヤ板で縦横  $470\text{mm}$  の物がボルトにより固定されている。これを以下、上板と呼ぶ事とする。ガイドベーンの取付位置を図 9 に示す。本研究での、ガイドベーンは厚さ  $2\text{mm}$  のエンピ板であり、幅は風車直径  $D$  の  $1/4$  で  $75\text{mm}$ 、高さは  $300\text{mm}$  である。取付け位置は  $\theta=0^\circ$  とした時、一枚につき  $90^\circ$  ずつずらしながら 4 枚配置した。

測定方法は以下の通りである。

トルクの測定は、トルクメーターからの信号を動ひずみ計で受けてレコーダ（日本電気三栄株式会社製の OMNIACE RT2108A）にて記録した。レコーダの設定は、MODE = RT-WAVE、計測範囲のレンジ  $\text{RNG} = 2\text{V/FS}$ 、表示の 0 点 POS = 50、ノイズの除去 FLT = 500Hz であり、以下の実験も同様の設定である。

風速は図 5 に示す商品名“ケストレル 1000”の測定器を用いて風洞出口の風速を計測し、

平均風速を導き出した。

回転数は図6に示す商品名“HT-4100-デジタルタコメーター”の測定器を用いて、カップリングに貼り付けた反射版に回転計の光を当てて回転数を読み取った。



図5. 風速計  
(NIELSEN - KELLERMAN 社製)



図6. デジタルタコメーター  
(小野測器社製)

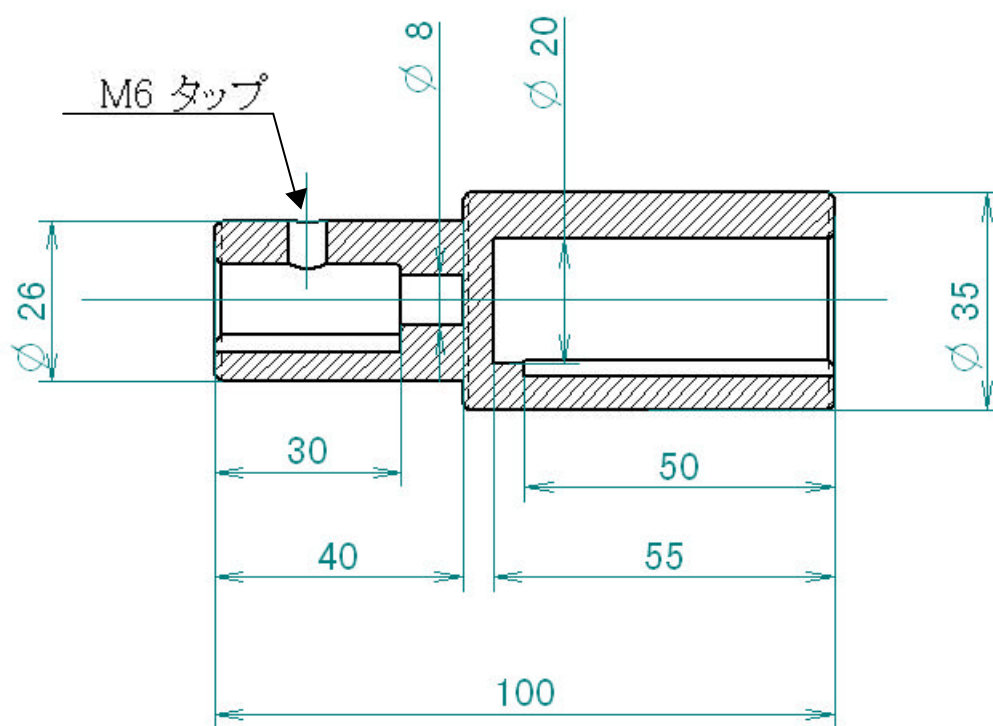


図7. カップリング

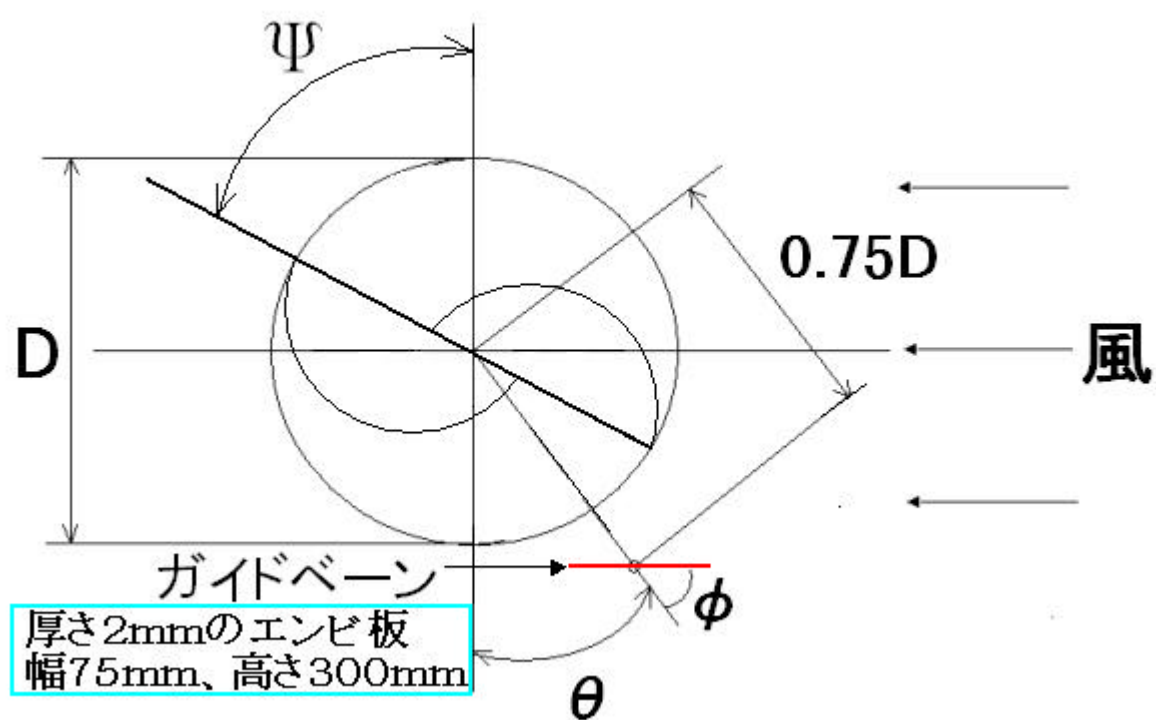
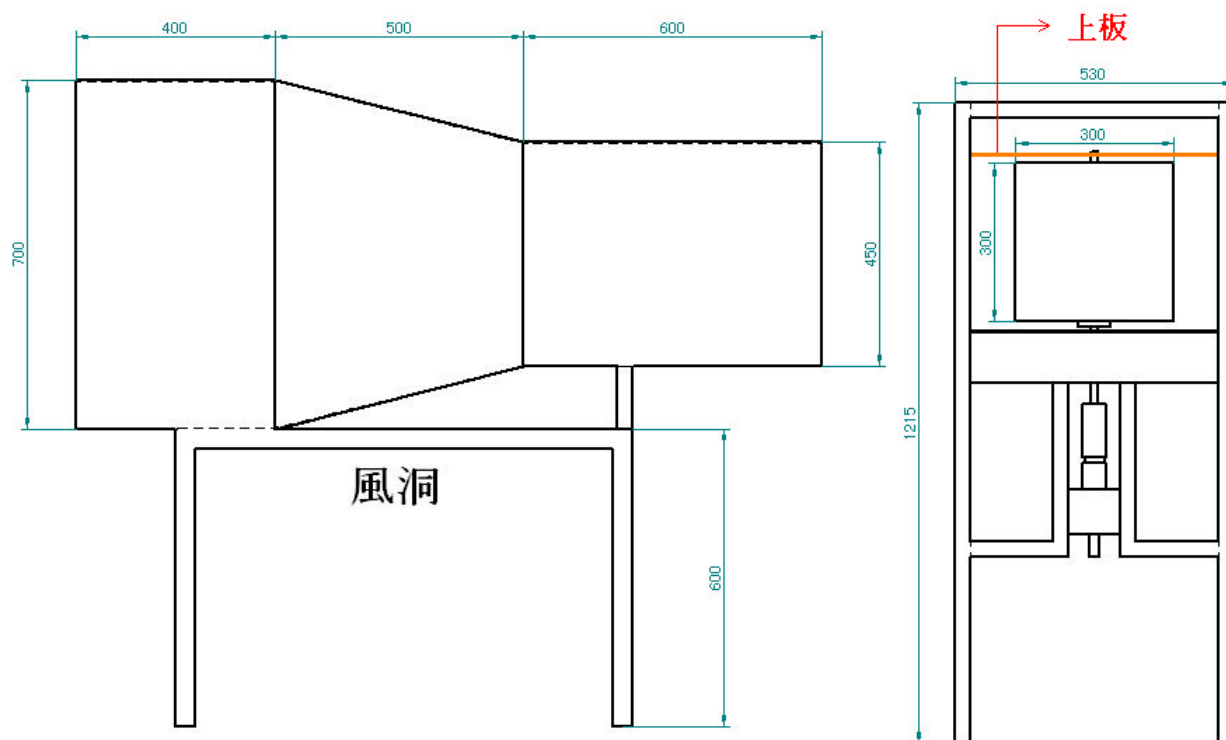


図9. ガイドベーンの取付位置（風車上図）

### 3-2-1 ガイドベーンの位置を変えて最適な取付位置を探し出す模型実験の実験方法

実験内容②の実験は図8の模型装置を用い、図9に示すようにガイドベーンの位置 $\theta$ と $\phi$ を変化させることにより、ガイドベーンの風車に対する効果を測定した。ガイドベーンの取付位置 $\theta$ は $0^\circ$ から $75^\circ$ の範囲で $15^\circ$ ずつ変化させた。ガイドベーンの回転角度 $\phi$ は $0^\circ$ から $150^\circ$ の間で $30^\circ$ ずつ変化させた。 $\theta$ と $\phi$ を変化させることにより、ガイドベーンの風車に対する効果を測定した。

### 3-2-2 サボニウスだけの時と、ガイドベーンを付けた時の静トルク比較の実験方法

実験内容③の実験は、ガイドベーンの位置を4枚とも固定させ、サボニウス羽根の初期固定位置を変化させる事で、風の向きが一定の時に羽根がどのような角度に有ると一番回転しようとする力が高いのかを測定した。

### 3-2-3 ガイドベーンを付けた時のサボニアスのトルクと、ガイドベーンを付けた時のサボニアスに相当する直径を持つサボニアスとのトルク比較の実験方法

実験内容④の実験は、図10に示すように、風車の周りにガイドベーン3枚を設置して実験を行う。風下のガイドベーンには殆ど風が当たらないので、あえて取り付けず純粹に風車が回転しようとする力だけを測定した。サボニウス風車は $\Psi=135^\circ \sim 180^\circ$ の辺りにかけて、最大の静トルクを発生させるので、今回はこの範囲について実験を行う事とした。

(直径150mmのサボニウスは、トルク計を付けた時この範囲でしか回転しなかった為である。) 実験時の平均風速は $9.3\text{m/s}$ である。風の向きは、図10の右から風車に向けてである。 $L$ はガイドベーンの幅である。

今回は以下の様な条件について実験を行うこととした。

- A：直径150mm、高さ300mmのサボニアスのみ
- B：直径150mm、高さ300mmのサボニアス、ガイドベーン3枚 ( $L=75\text{mm}$ )
- C：直径150mm、高さ300mmのサボニアス、ガイドベーン3枚、( $L=150\text{mm}$ )
- D：直径300mm、高さ300mmのサボニアスのみ

### 3-2-4 風の向きを変化させた時のガイドベーン付きサボニアスの出力を求める実験の実験方法

実験内容⑤の実験は図11に示すようにガイドベーン4枚を、風車の直径で正方形を作り中心に風車を設置したとして、正方形内の円を差し引いた余りの面積に、風を受けるように正方形の4つの端点に設置した。風の向きは、風車の土台を回転させる事により、風の向きを変化させた時と同じ条件になるように実験を行った。風車の土台回転角度は $\alpha$ とする。

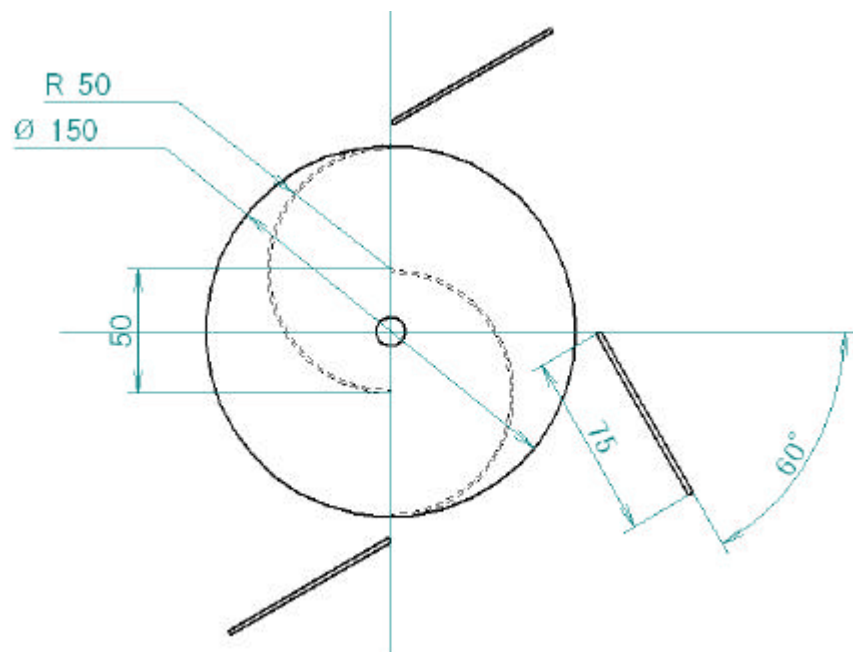


図10. 実験内容④のガイドベーンの配置

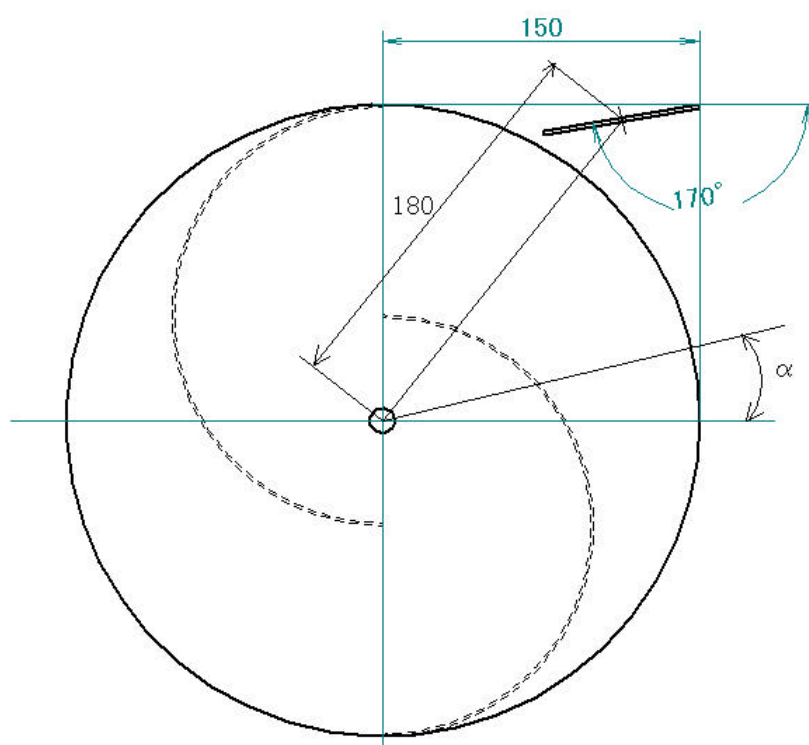


図11. 実験内容⑤のガイドベーンの配置

#### 第4章 実験結果及び考察

#### 4-1 フィールド試験の結果

フィールド試験の結果を図12に示す。

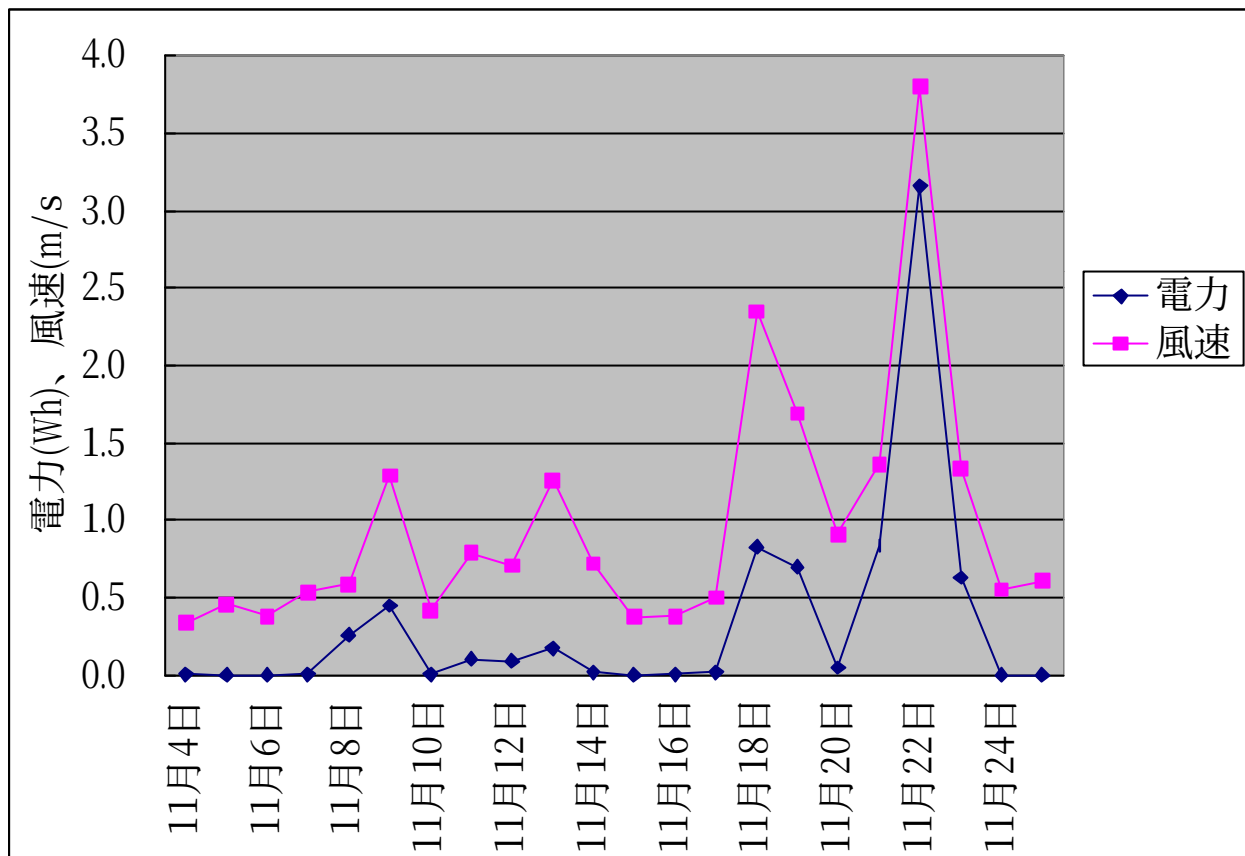


図12. 実験内容①の試験結果

試験結果より、以下の事が言える。

- ・平均風速が 0.5m/s 以下の日には殆ど発電されていない。
- ・計測結果より 1 [Wh] の電力を得るのに、平均風速約 2m/s が、同じく 3 [Wh] ならば約 3m/s が必要となるが、下の計算結果にほぼ等しくなる。

$$P = C_p \rho A V^3 / 2 = 0.15 \times 1.2 \times (0.8 \times 1.6) \times 2^3 / 2$$

$$= 0.92 \text{ [W]} \quad (\text{風速 } 2\text{m/s 時})$$

$$P = 3.11 \text{ [W]} \quad (\text{風速 } 3\text{m/s 時})$$

記号及び単位 { $C_p$ : パワー係数 (サボニウス風車で周速比0.8の時0.15)  $\rho$ : 空気密度 [kg/m<sup>3</sup>] (空気の時0.124)  $A$ : ロータ受風面積 (風車の幅×高さ) [m<sup>2</sup>]  $V$ : 風速 [m/s]}

計測期間中は短時間で 5~7m/s、瞬間的に 9~11m/s の風が吹いたが、全体的に風が弱く、風況はあまり良くなかった。

今回のフィールド実験では、十分な性能比較が出来ていない為、今後も引続きフィールド実験を予定している。

#### 4-2-1 ガイドベーンの位置を変えて最適な取付位置を探し出す模型実験

##### (実験内容②) の実験結果

実験内容②の実験結果を図13に示す。

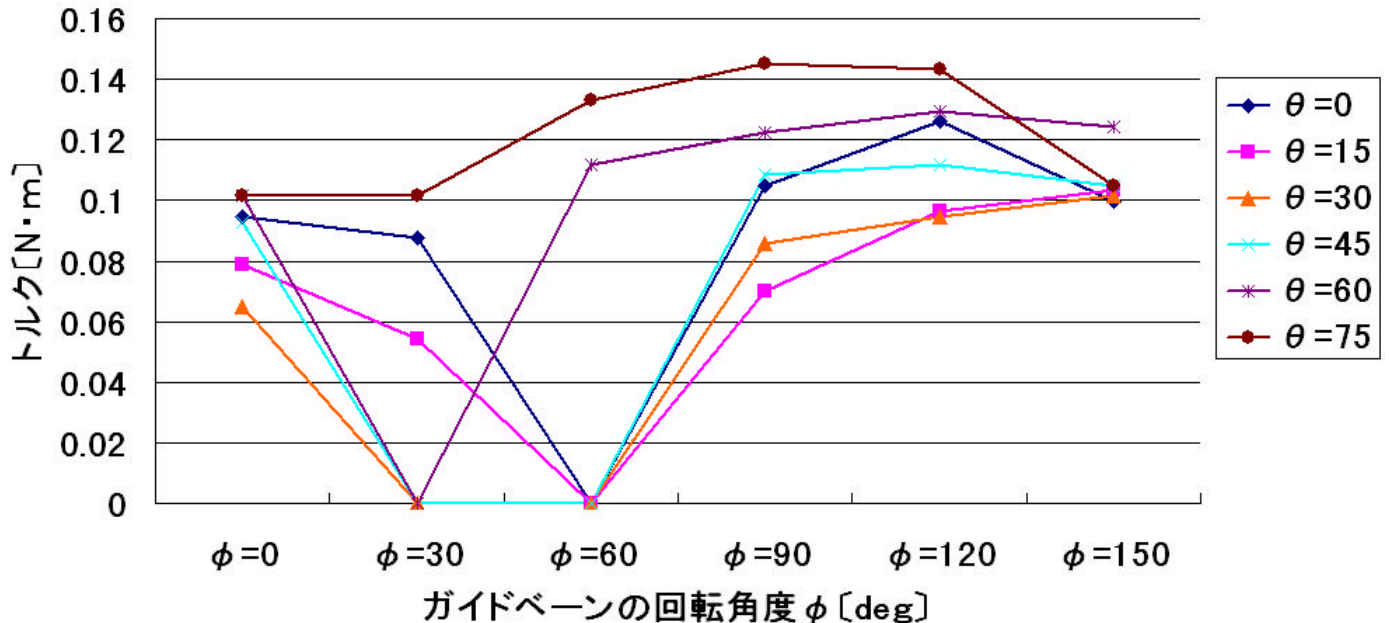


図13. 実験内容②の実験結果

図13より、 $\theta$ は $75^\circ$ 辺りが一番トルクが高くなる事が分かる。 $\theta=30^\circ$ 、 $\theta=45^\circ$ の時、 $\phi=30^\circ$ 、 $\phi=60^\circ$ の時、トルクがゼロなのは、風車の回転を妨げる様な方向にガイドベーンが風を導いてしまったからである。 $\theta=60^\circ$ の時に $\phi=0^\circ$ よりも $\phi=120^\circ$ の時にトルクが高いのは、 $\phi=120^\circ$ の時の方が風の流れがスムーズである為と考えられる。ガイドベーンは風を集める効果によりトルクを増す場合も有るが、風車の回転を妨げる方向に流れる風を上手くそらさせる事によりトルクを増す場合もある事が分かった。

この実験結果より、 $\theta=75^\circ$ 、 $\phi=90^\circ$ の辺りにガイドベーンを設置する事が好ましい事が分かったので、サボニウスだけの時と、サボニウスに上板を付けた時、サボニウスに上板を付けてガイドベーン ( $\theta=75^\circ$ 、 $\phi=90^\circ$ ) を付けた時の出力を求めた。結果は以下の通りである。

- ・サボニウスだけの時 80 r p m, 0.468 [W]
- ・サボニウス+上板の時 85 r p m, 0.53 [W]
- ・ガイドベーン ( $\theta=75^\circ$ 、 $\phi=90^\circ$ ) を付けた時 92 r p m, 0.538 [W]

結果、ガイドベーンを付けた時の方がサボニウスだけの時と比べて出力は15%増加した。

この結果により、上板には上部に逃げる風を防ぐ効果がある為、動トルクが増加し風車の出力を上げる事が分かった。そして、ガイドベーンを付けることによりサボニウスだけの時と比べて、最高回転数が増加する為、出力が増加する事が分かった。次にサボニウスに上板を付けた時と、サボニウスに上板とガイドベーンを付けた時の出力だけを比べると、あまり大差が無い事が分かる。しかもガイドベーンを付けた時は必然的に上板がついているのでガイドベーンを付けた時の効果は上板によるものが大きくガイドベーンは少ししか効果が無いのではないかと考えられる。

#### 4-2-2 サボニウスだけの時と、ガイドベーンを付けた時の静トルク比較の実験

##### (実験内容③) の実験結果

実験内容③の実験結果を図14に示す。

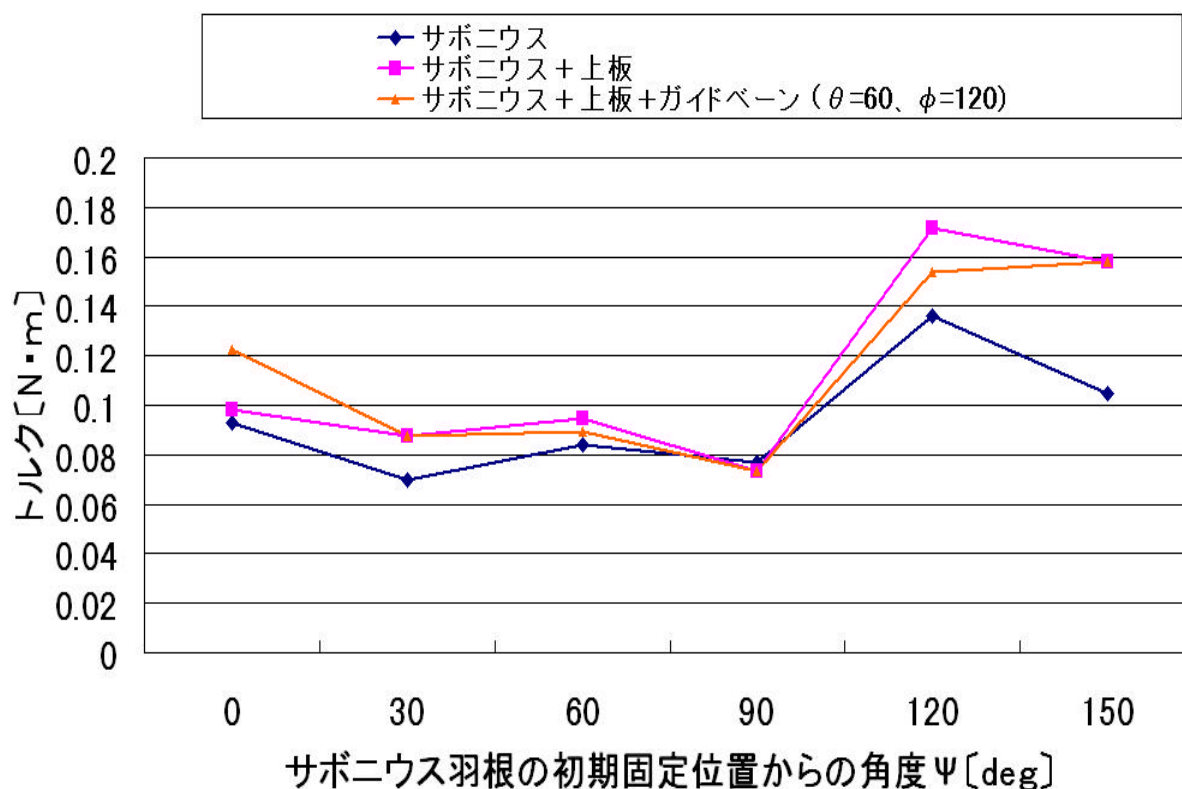


図14. 実験内容③の実験結果

図14よりガイドベーンが $\theta=60^\circ$ 、 $\phi=120^\circ$ と言う風の流れに対して垂直である位置にも関わらず、サボニウスだけの時と比べて上板やガイドベーンのある方が静トルクは高い事が分かる。静トルクが高いと言う事は、風の力を上手く集めているからであり、この事により風車がより起動しやすく成る事が予測できる。

この実験でも、上板を付けた風車と、ガイドベーンを付けた風車の差が、あまり無い事

が分かる。

サボニウス羽根の角度 $\Psi=90^\circ$ においては、サボニウスの羽根が 2 枚である為、全く風を取り込めない位置となるので、上板やガイドベーンの有無に関わらずトルクの低い事が分かる。

4-2-3 ガイドベーンを付けた時のサボニウスのトルクと、ガイドベーンを付けた時のサボニウスに相当する直径を持つサボニウスとのトルク比較の実験（実験内容④）の実験結果

実験内容④の実験結果を図 15 に示す。

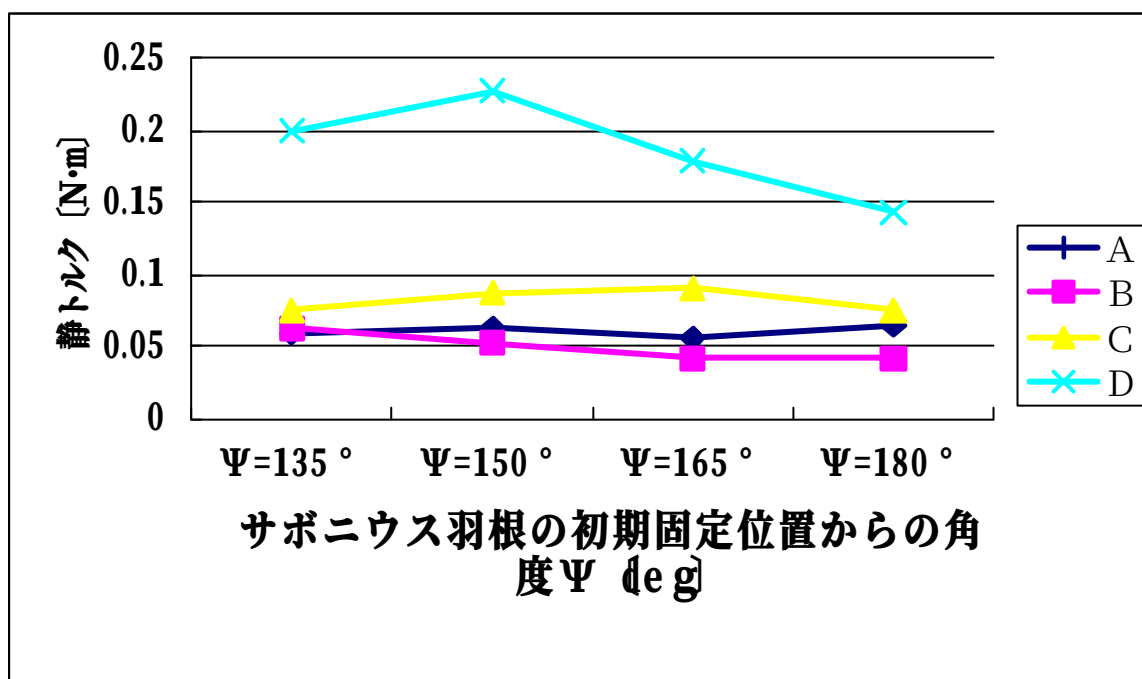


図 15. 実験内容④の実験結果

図 15 より、サボニウスだけよりはガイドベーンが付いている方が若干トルクの高い事が分かる。ガイドベーン  $L=75\text{mm}$  の時と、 $L=150\text{mm}$  の時を比べると、やはりガイドベーンの長さが長い方が風を集める効果が高いので、トルクが高くなっている。ガイドベーンを付けた時のサボニウスのトルクと、ガイドベーンを付けた時の風車に相当する直径を持つサボニウスとのトルクについては、図 15 の A と D を比較した。結果、ガイドベーンを付けるよりは、風車の直径を大きくした方が遥かにトルクが高い事が分かる。この実験を通して、風を集める事の難しさを実感した。風車に当たる風は、風車を回転させる前に上下左右に逃げる風も有る為、思うように風を集める事が出来なかったからである。

この時実験に用いた直径 150mm、高さ 300mm のサボニウスは、平均風速が  $9.3\text{m/s}$  の条件でも、風車の受風面積が少なすぎた為、回転力が無かった。回転力が無い為、 $\Psi=135\sim 180^\circ$  の辺りででかろうじて回る程度だった。実際に発電を目的として風車を作る時には、最低でも直径 300mm、高さ 300mm 位の大きさが必要であると言える。

#### 4-2-4 風の向きを変化させた時のガイドベーン付きサボニウスの出力を求める実験

##### (実験内容⑤)の実験結果

実験内容⑤の実験結果を図16に示す。

サボニウスのみの時と、サボニウスに上板を付けた時には、風の向きに左右される事が無い為、出力は一定と捉える事が出来るので今回は一定とした。

(補足：この実験においては、風の向きを変化させるので、実験②の時にあまり効果が無いと考えられるガイドベーンの位置についても実験を行う事とした。この時、 $\theta = 51^\circ$ 、 $\phi = 114^\circ$ である。)

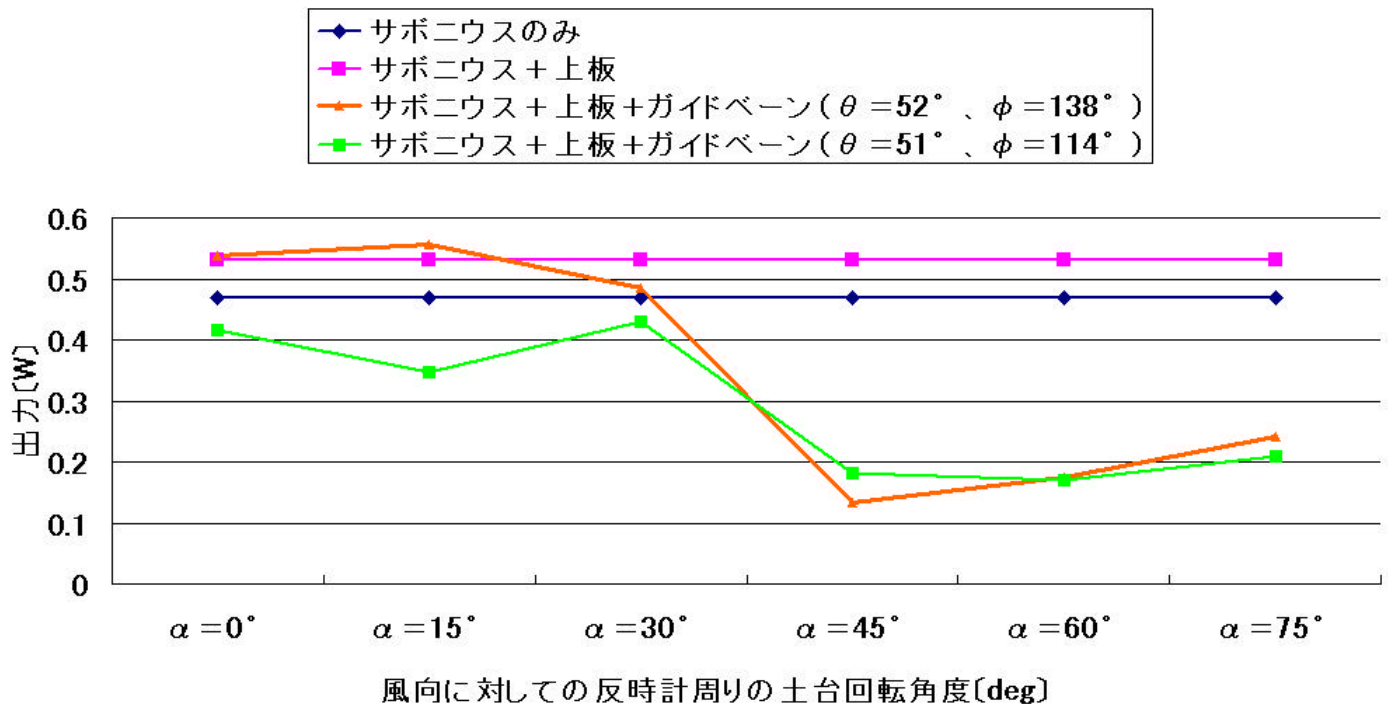


図16. 実験内容⑤の実験結果

図16より、サボニウスにガイドベーン ( $\theta = 52^\circ$ 、 $\phi = 138^\circ$ ) をつけた場合、 $\alpha = 0^\circ \sim 30^\circ$  までは風車の出力を増加させる効果が確認できるが、 $\alpha = 30^\circ$  以上になると急激に出力の低下が起きている。これは風の向きが変化した事により、今まで風を取り込む働きをしていたガイドベーンが、逆に風を取り込みにくくしたためと考えられる。

ガイドベーン  $\theta = 51^\circ$ 、 $\phi = 114^\circ$  の時は、風の向きをどのように変化させても、サボニウスだけの時と比べて出力増加が確認できなかった。

清水ら<sup>4)</sup>の結果と同様に4枚のガイドベーンでは、ある風向きに対しては、出力を増加させる効果が有るが、それ以外の方向では出力を逆に低下させてしまうことが確認できた。全風向型にはむいていない事がはっきりとした為、ガイドベーンを4枚付ける場合は、風の向きの決まった地域にしか設置できないと考えられる。

一方、今までの実験より、上板は土台の下板と組み合わせる事により、サボニウスに当

たる風のうち、風車上部と風車下部に逃げようとする風を強制的に風車の左右に導く事になる為、全風向に対して出力の増加が期待できる。上板は風車と共に回る必要が無い為、風車の上にただ設置するだけであるので、実際に風車を作る時には是非付け加えたい。

(補足： $\theta = 51^\circ$ 、 $\phi = 114^\circ$ 、 $\alpha = 15^\circ$ の時、92rpm で最高出力 0.556 [W] を記録。)

## 第 5 章：結論

今回ガイドベーンの実験を行って得られた結果は次の通りである。

- ・風車直径の 1/4 という大きさのガイドベーン 4 枚では、最大 18%の出力増加を得る事ができた。
- ・直径、高さ共に 300mmのサボニウス風車で、平均風速 5.5m/s の時にガイドベーン ( $\theta = 51^\circ$ 、 $\phi = 114^\circ$ ) を付けて 92rpm、出力は 0.556 [W] であった。出力が 0.556 [W] というのは、あまり実用的でない為、この大きさの風車は作る必要がないと言える。
- ・大きな出力を得るには、ガイドベーンを付けるよりもサボニウス風車の直径を大きくした方が得られる出力が大きく、効率も良いと言える。
- ・サボニウス風車の上方に、板状の物を水平に設置する事で全方向の風に対して、風車の出力増加が可能である。
- ・4 枚のガイドベーンを付加える事は、風の向きが決まっている時に有効である。

## 謝辞

実験装置を製作して頂いたMMS製作所さんと、サボニウス風車のフィールド実験他の測定器材を貸して下さった高知高専の野村先生に深く感謝致します。

## 学会発表

報告者は下記の発表会に参加予定である。

中国四国学生会

第 31 回学生員卒業研究発表講演会

4 1 9サボニウス風力発電機のフィールド実験とガイドベーンがサボニウスに及ぼす影響について

宮地研太郎 (高知工科大)、坂本東男、前田幸久 (MMS)、松岡順一 (高知工科大学大学院)

## 参考文献

- 1) 長澤ほか 4 名、機論 (流体工学部門、1999)、495
- 2) 牛山ほか 2 名、機論、52-480 (昭 61)、2973
- 3) 清水ほか 2 名、機論、64-625 (1998-9)、2958
- 4) 沢田ほか 2 名、機論、51-471 (昭 60)、3743
- 5) 藤沢ほか 2 名、機論、56-531 (1990-11)、3403