

Ring Ring 小型水平軸風車に関する研究報告

Advanced Research Report for Ring Ring Small horizontal axis wind turbine with double pitch control system

清水幸丸・岡村聖・李杰・程田

SHIMIZU Yukimaru*, OKAMURA Kiyoshi*, RI Ketsu**, TEI Den***,

*名古屋産業大学、**名古屋産業大学大学院博士前期課程、***名古屋産業大学4年生

Abstract: The paper reports the outline of advanced development of small horizontal axis wind turbine with double pitch mechanism. The contents of development are described by the following.

- (1) The wind turbine has no gear box, namely, the turbine rotor is directly connected to the generator.
- (2) The diameter of turbine rotor is enlarged from about 3.0m to 3.55m. The diameter becomes large to 0.5m. As the result, The starting wind speed is improved to 2.0m/s~2.5m/s.
- (3) The special aerofoil sections for the horizontal axis wind turbine are applied to one of parts of the blade.
- (4) The generator is multi-poles generator made from many permanent magnets.
- (5) The rotation speed of wind turbine is passively controlled by special double pitch control mechanism with variable wind speed, and the excessive rotation speed more than 350rpm can be save.
- (6) The pole of wind turbine can be rotated by 90 degree in vertical plane to save the wind turbine against typhoon attack more than about 40m/s.

Keywords: small wind turbine, horizontal axis wind turbine, double pitch control system, automatical variable pitch control mechanism

1. はじめに

ここに報告する Ring Ring 風車とは、公益法人 JKA の研究補助事業の助成を受けて改良開発された小型水平軸風車のことである。

本報告では、旧型小型風車と改良型小型風車の比較を行う。ただし、試験運転が開始したばかりなので、本当に改良が成功しているかどうかはまだ不明である。

本開発研究で行った改良点は、以下の点である。

- (1) 風車ブレードの改良：ブレード長を 200 mm 長くし、付根部翼型を風車専用厚翼にした。
- (2) ナセルの改良：これまでの 2 段軸で増速比 1.44 倍を発電機の改良によって、発電機と風車ロー

タを直結型にした。すなわち、増速比 1 である。これらから期待される効果は、風車がより低風から起動しやすくなることである。

- (3) 発電機の改造：発電機の極数を増加させて対応した。さらにコイルの太さを増して最大発生電流量を増加させた。
- (4) 風車基礎の改良：地表から 2 m 程度の地中に地下水があり、基本的に軟弱地盤である。軟弱地盤対策として、地中の地下水レベル約 2 m まで掘り下げ、土納袋に土をつめ、それを 2 m 角の正方形面上にしきつめ、鉄骨を四角に溶接で組み上げて、設置し、生コンを厚さ 400 mm 程度流し込み、比較的強度の高い基礎を製作した。

地表面からの風車ハブ高さは、これまで 6.5 m のものを 1m 高くし、7.5m にした。しかし、ポールパイプの肉厚が、5 mm と薄かったため剛性不足が心配されたのでポールが強風で大きく振動しないように、四方から 8 mm のワイヤで引っ張り補強した。

- (5) バッテリーを四個直列に配置して、48 ボルトとし、これにパワーコンディショナー(太陽光発電用のもの)を接続して、出力電力を一般的に 100 ボルト使用できるようにしてある。また、200 ボルトの汎用系統への接続も、実施はしていないが可能なシステムに作製した。
- (6) インターネット回線に接続して、風車映像および電流、電圧、電力、回転数および風速データが見れるようにシステムを構築してある。

ワーコンディショナー等が設置されている。また、小屋には、監視カメラが設置されており、インターネットを通して、外部からこの風車の映像を見ることができる。

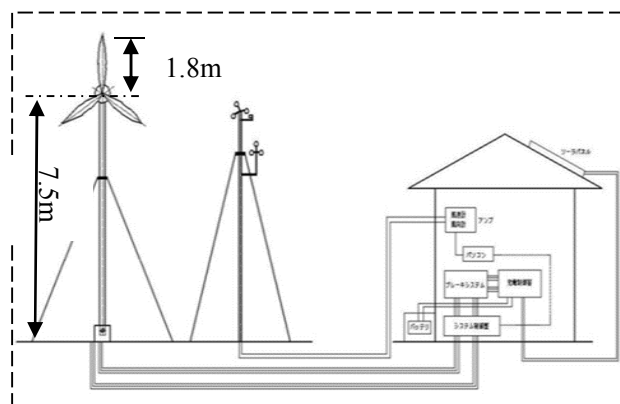


図 2 : 小型水平軸風車実験装置

以上大きく 6 項目で開発改良が行われている。以下では、項目ごとに詳細に説明する。

2. 小型水平軸風車実験装置

2. 1 小型水平軸風車のアウトライン

図 1 には、Ring Ring 小型水平軸風車を示す。今回従来の小型水平軸風車が大幅改造されて、建設された。改造された項目は、1 章のまえがきに記述された通りである。



図 1 : Ring Ring 小型水平軸風車

図 2 には、図 1 に示した風車のシステム全体を模式図に示した。風車の最大高さは、9.3m、最大出力 3kW、風車直径は、3.6m である。小屋の中には、図中に示す風車コントローラ、すなわち、風車を安全に運転するために必要な各種制御装置、蓄電を行うバッテリー、バッテリーから実用的な 100 ボルト電源を発生させるパ

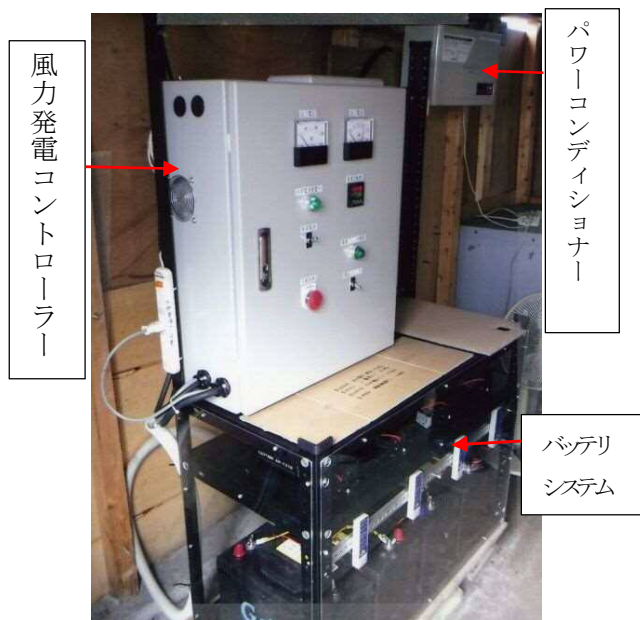


図 3 : 小型水平軸風車のコントローラ、パワーコンディショナーおよびバッテリー

図 3 には、小屋内におかれた小型水平軸風車のコントローラ、パワーコンディショナーおよびバッテリーを示す。コントローラの前面には、電流計、電圧計、回転計、非常用の短絡ブレーキ、電磁ブレーキの操作ボタン、スイッチが設置されている。一番下には、バッテリー(12V)が 4 個おかれ、風車で発電された電力が充電できるようになっている。それぞれのバッテリーには監視用の計器が取り付けられており、バッテリー電圧、電力チャージ(充電)がチェックされている。また、この風車は、防災用の非常用電源として使用できるように商用電源から電力を受けて、バッテリーに

チャージ出来るようになっている。

パワーコンディショナーは、写真右上に取り付けられており、このパワーコンディショナーを通して、充電された電力を使用することができる。このパワーコンディショナーは、太陽電池に一般的に使用されているものを使用しており、全く同一の働きを実現できる。

2. 2 小型水平軸風車の機械的構造の説明

この節では、小型風車の機械的構造について実際の風車組立図を用いて説明する。改造型 Ring Ring 風車組立図は、図 4 および図 5 に示す。旧型小型風車は、図 6 に示す。いずれの図においても、主な風車構成要素は、丸印数字で示してある。実際の小型風車の部品構成要素を詳細に示すと、この丸印数字の数 10 倍になる。図 7 には Ring Ring 風車発電機系部品の重量詳細を示す。まず図 4 および図 5 の Ring Ring 小型水平軸風車の風車軸系、発電機系ポール、ハブおよびブレード等を説明する。図には英語で説明されているが本文中には、日本語で示す。

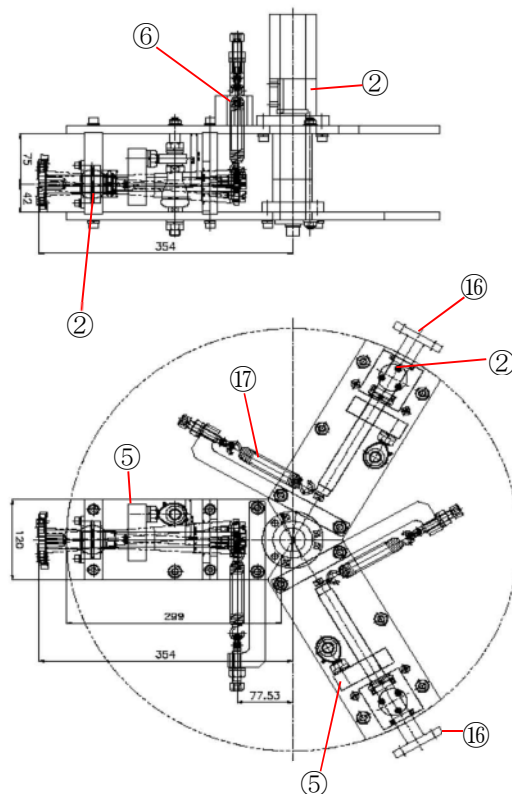


図 5：風車ハブの組立図

①風車翼(ブレード)、②ブレード軸の支点、③可変性連結棒 A、④風車ハブ、⑤可変性連結棒 B、⑥スプリング(引きバネ)、⑦主軸、⑧主軸受、⑨カップリング、⑩発電機、⑪電磁ブレーキ、⑫回転系、⑬風向変化軸軸受、⑭スリップリング、⑮結線台、⑯ブレード連結フランジ、⑰スプリング B、⑱タイミングベルト、これらの数字は、図 4 および図 5 共通である。図 4 および図 5 ののみをみると風車は精密機械ということになる。全体を簡単に説明すると⑦風車主軸に、①風車ブレードを風速に応じて制御する機構を持つ④風車ハブを取り付けてある。この改造風車ではこの風車主軸に直結する形で⑩発電機が取り付けられている。⑩発電機の下流側軸端に⑪電磁ブレーキおよび⑫回転計が取り付けられている。短絡ブレーキは、回転計信号 350rpm あるいは電圧信号 250vol t が出ると発電機出力回路が短絡状態になるように電氣的に制御されるので、図中には形となって表れてこない。発電された電力は、スリップリングを通過して、風車タワー外へ導き出され、コントローラで制御されてバッテリーへチャージ(充電)される。この電力は、パワーコンディショナ(パワコンと称する)で実用精度の高い電力となり、外部使用として供給される。

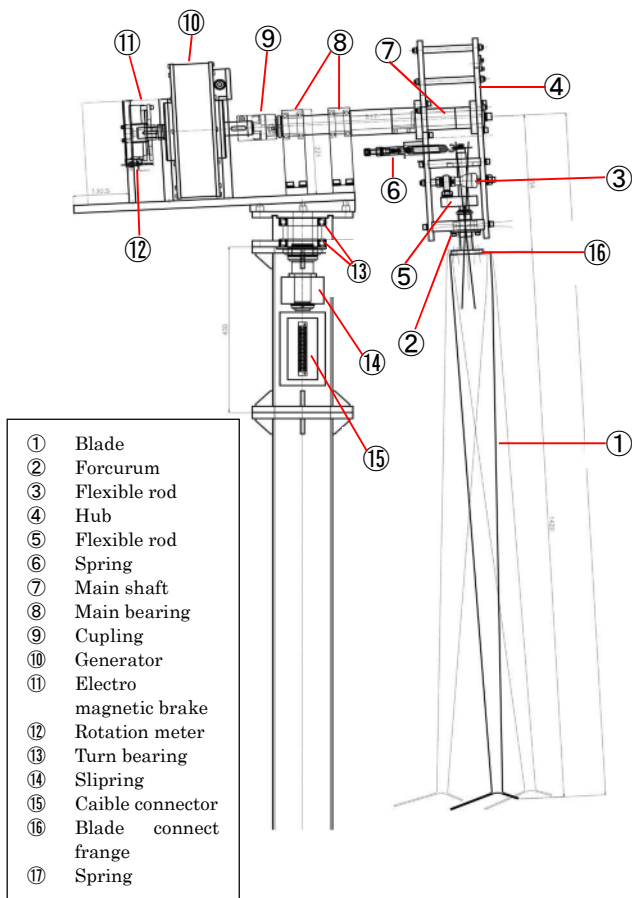


図 4：改造小型水平軸風車、風車軸系、発電機系、ポール、ハブおよびブレード等全体の組立図

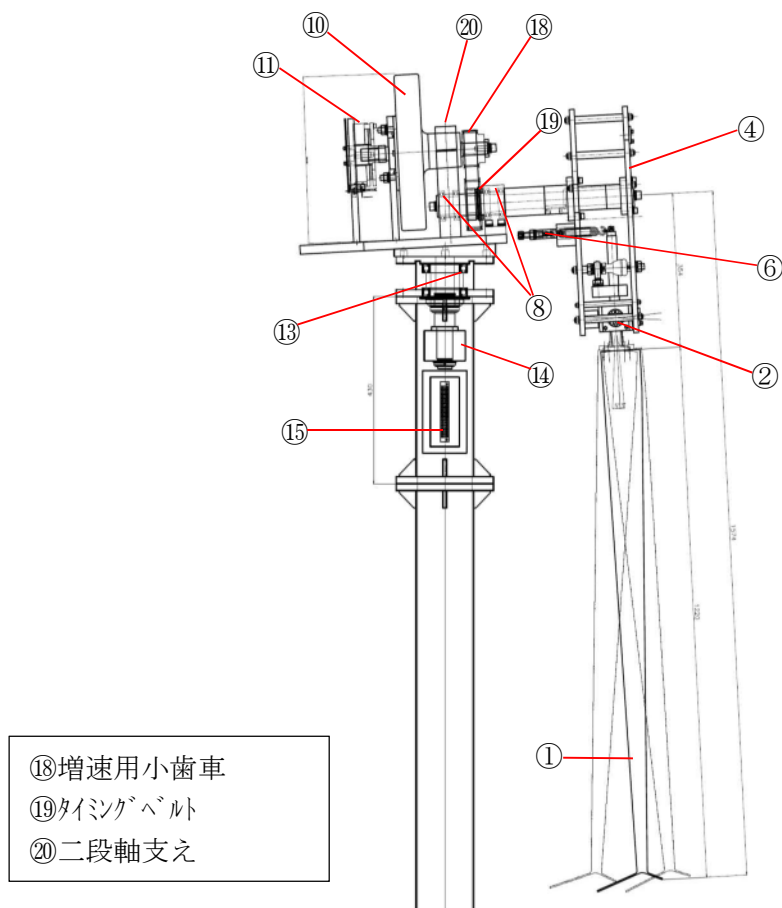
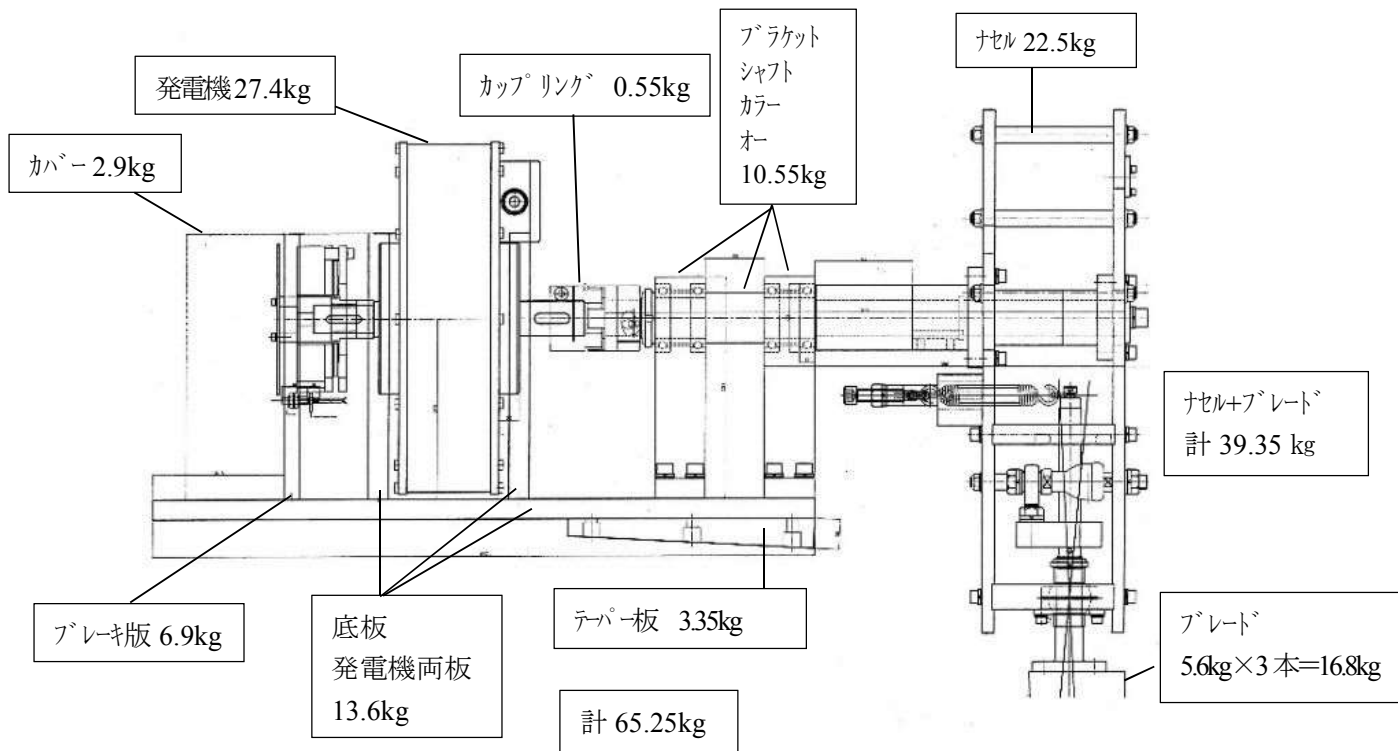


図6：旧風車改造前小型水平軸風車風車軸系、発電機系ポール、ハブおよびブレード等全体の組立図



新発電機とナセルの重量記述 2013年1月27日

図7：改造新小型水平軸風車ハブ、軸系、架台等部品の重量

図 6 には、旧型と称する発電機軸系、ハブおよびプレート等全体の組立図を示す。旧型と称するのは、古くさくて、使い物にならないという意味ではない。旧型になった理由は、旧型の発電機は商品として購入したものではなく、某メーカーが試作したものをゆずり受けたものである。某メーカーは、事情があって、商品化を断念し、現在は入手不可能な状態である。開発中であつたため、この発電機のコントローラ設計・製作者が病気で製作できなくなったとのことである。一応、筆者等は、丁寧に風車に搭載して、実験を行い結果を出したが、これ以上続けることは出来なかった。一般論を述べておが、発電機というものは、数 10 種類世の中に出回っており、どれを使うか、定まったものはない。従って、どれを使うか決めて、その発電機の持つ能力に合せ、風車ハブ、ブレード、風車制御等の設計・製作を行い最良の小型風力発電機に仕立て上げる魅力がある。すなわち、色々な小型風力発電機が製作されるのである。

話を元にもどして、旧型小型風力発電機を説明する。まず、風車軸は 2 段になっており、増速機を入れて、1.44 倍まで発電機の回転数を増加させてある。風車直径は、3.15m で、Ring Ring 風車と比べて直径で約 0.4m 小さいものが使われている。風車直径が小さくて、増速比が大きいと、最低風速、すなわち、起動風速が大きくなり、弱風で回りにくくなる。一方、強風対策は比較的やりやすくなる。Ring・Ring 風車では、風車ロータと発電機を直結して、低風速で回りにやすくしてある。また、風車直径を 0.4m 大きくして比較的低い強風で、最大出力 3kW が得られやすくしてある。

Ring・Ring 風車の発電機と旧型風車の発電機は、製造メーカーが全く違うので比較しにくいだが、改造 Ring・Ring 風車は、津市木造町の風には、好都合な設計になっている。まだ時間がたっていないのでデータを示すことは出来ないが、現在のチェックでは、年間の発電量は相当増加すると考えられる。

図 7 には、改造型 Ring・Ring 風車の主要部品の重量が記述されている風車を理論的に扱う際には、重要なデータになってくる。

2. 3 風車ブレードの設計・製作

図 8 には、改造型 Ring・Ring 風車に使用したブレード長 1,400 mm のブレード完成写真を示す。



図 8 : 改造新小型水平軸風車ブレード写真

ブレード端には、三重ベーンが取り付けられ、風車効率の 10%~15% の増加が期待されている。図 9 には、旧型風車ブレード図面を示す。ブレードは、半径方向にねじられており、各断面で風速 10~11 m/s の範囲で最大出力係数が得られるようにねじり角が与えられている。翼(ブレード)断面形状は、翼端から NACA63-215, NACA63-618, T01-026, T01-30, T01-35 が使用されている。旧ブレードは、全長 1200 mm であり、改造新ブレードは 1400 mm である。どの部分が異なるかと言えば、翼根部分、翼形断面形状 T01-35 が 1200 mm から 1400 mm までテーパ角度を図のように広げながら相似形で用いられている。ブレードを製作する場合には、まず形を作る必要がある。今回形は、新しく製作し、改造ブレード製作に用いた。形なくして、ブレードの製作は不可能である。

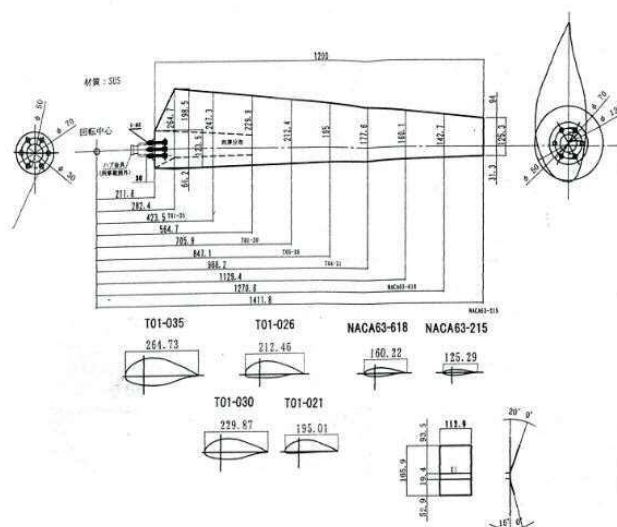


図 9 : 旧風車, 改造前小型水平軸風車ブレード図面

2. 4 発電機の製作および実験

風力発電機において、風車ブレード同様に発電機が必要である。図 10 には、今回改造型 Ring・Ring 風車に使用した直結型発電機の外形寸法図を示す。厚み 99 mm、外径 350 mm、軸は両方に延びている。この発電機を用いて、発電し、パワー・コンディショナーまでの結線図を図 11 に示す。

図 12 には、発電機を作製し、発電テストを行っている風景、(a),(b),(c) 3つの写真を示す。写真(a)では、発電機からの電力で 100W の電灯が点灯している様子を示す。10 個程度の電灯が点灯している。発電機は、施盤のチャックに軸がくわえられ、回転

する。回転軸には約 1 m のアングルが滑り摩擦を発生させるように取り付けられ、回転軸から 1 m 離れた場所に台秤を写真(b)のようにおいて、台秤の台の中央をアングル 1 m の先端に細いシャフトが取り付けられ、そのシャフトが台坪を押し付けるように出来ている。台坪の目盛から発電機の発生トルクを測定する。トルク×回転数で発電機出力が求められる。図 13 には発電機の出力曲線を示す。左上には、発電機回転数をパラメータとして、縦軸に電圧、横軸に電流を示す。例えば、209rpm で回転している場合、電流 1 アンペアで約 105 ボルト 3 アンペアでは 90 ボルトになる。

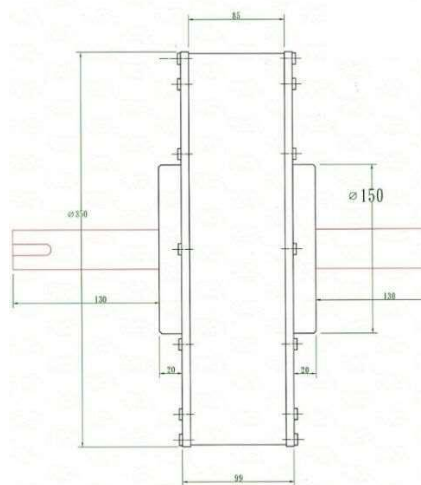


図 10：新直結型発電機外径寸法図

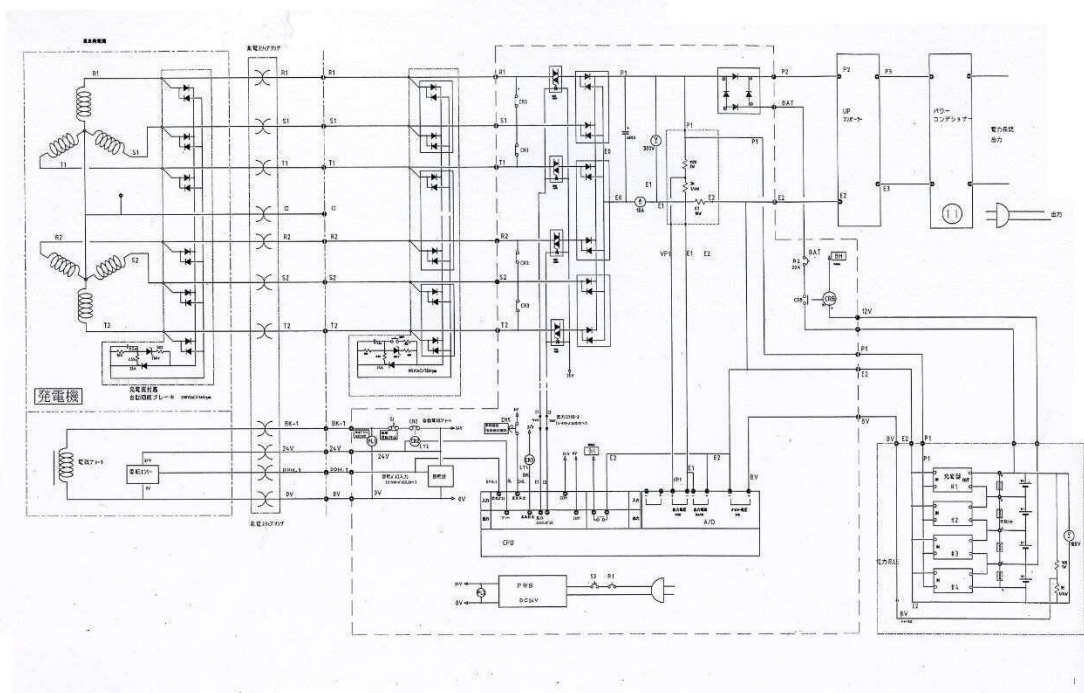


図 11：新直結型発電機結線図

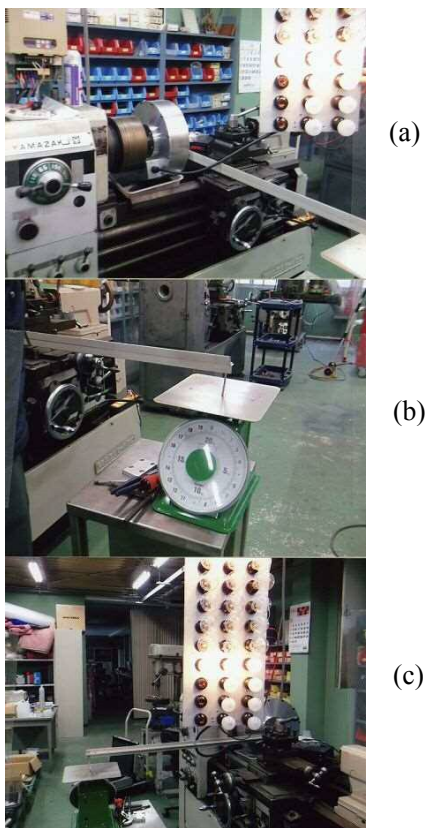


図 12：新直結型多極発電機発電機出力テスト風景写真

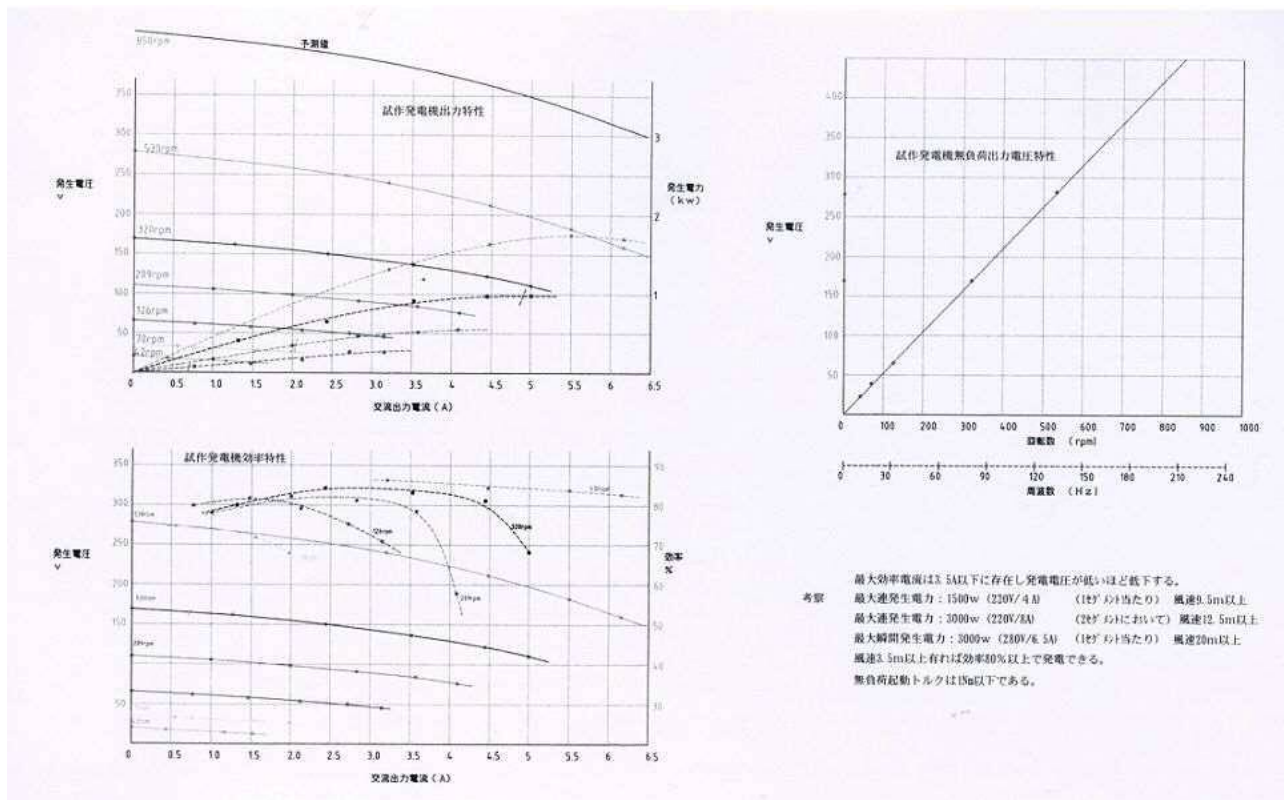


図 13：発電機出力曲線

2. 5 軟弱地盤に建設した風車基礎

小型風力発電機にとって、風車基礎等たいした問題ではないような印象を持つ。しかし、そうではなく、たいした問題なのである。風車は、地面からなるべく離れた高い場所に建設し、地面の影響を小さくしたい。すなわちなるべく乱れの弱い風を使用したいと考えている。大型風車は、直径が 80 m～100m と大きいので必然的に高さが高くなる。回転軸高さが、80m～100m となる。風車直径とほぼ同じ高さに軸高さを持つてくる。小型風車になるとそうはいかない。どんな小さい風車でも、回転軸高さは風車直径の 2～3 倍は必要である。高さ 5m 以内に風車を建てることは風の乱れが大きすぎてよくないのである。筆者等の風車は、直径が 3.6 m で、軸高さが 7.5m である。これは、高さとしては、やはり低すぎる部類に入ってくる。しかし、小型風車全体のコストの中で、風車ポールの占める割合を 20% から 25% に押えようとする、高くできないのである。自然の風の強さの範囲を考える。例えば、①弱風 (2 m/s～7 m/s)、②中風 (7 m/s～11m/s) ③強風 (11m/s～18m/s)、④超強風 (18m/s～40m/s)、⑤超大型台風 (40m/s～80m/s) とする。小型風車を使用できる範囲は、④の 40m/s 以下と考えるのが妥当である。風車ポールの設計を考えると、40m/s 以内、よく言えば、30m/s ぐらいまでの風を相手にすることを考えると、コスト的に現実的な答えが出てくる。筆者の考えは、30m/s 程度の風に対しては、放置状態で運転する。40m/s 以上の風速が予想される場合には、風車の運転を停止し、横転させてポール設備の倒壊を防ぐ、すなわち、台風が来る時には、横転させ、倒壊を防ぐということである。

以上の考えに基づいて、図 1 に示すような水田の中の畑に風車の建設を試みた。当初、スタート時には、高さ 6 m、厚み 5 mm の鋼管の上に風車を設置し、ジンポールを称するポールを用いて、6 m の風車ポールの横転を簡単な操作できるようにした。ジンポールでは、ワイヤを多要するので恒久的な風車ポールとしては、不適切な面がある。そこで畑の中に基礎を作って、ポールの剛性で風圧に耐えている方向を取った。実際、建設してみると、水田の中なので、地下水が高く、1.5m も掘ると水が出てくるという状態に遭遇した。実際には、1.8m 掘り下げ、土嚢袋を 2 段に積み上げ、その上に、図 14 に示す鋼性枠をおき、その上に生コンクリートを 40

cm 程流し込み、基礎を安定させた。鋼性枠の上に高さ 1.5m の台を補強を入れて設置し、ポールを横転させる。シャフトを置き、風車ポール全体をシャフトを中心に横転させるようにした。

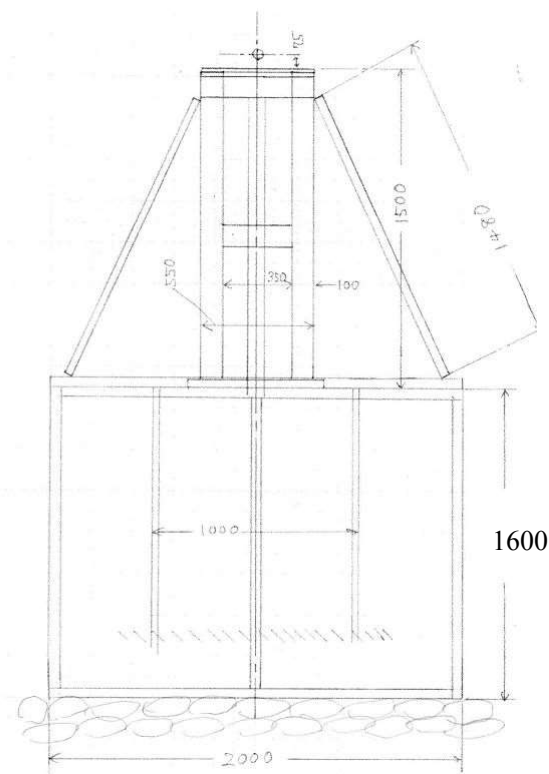
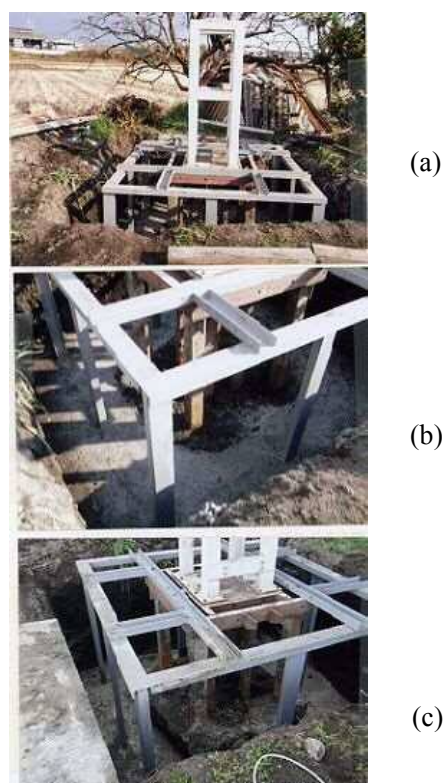


図 14：改造風車ポールの基礎寸法図面





(d)



(e)

図 15：軟弱地盤に建設された風車基礎写真

図 15 には、(a)風車地中基礎、(b)地中基礎に生コンを入れた状態(c)基礎骨格、(d)基礎に補強を入れてポール全体を横転させた状態、ポール低部にはバランスウェイトとして厚さ 22mm×200×200 の鋼板がボルトで 30 枚程取り付けられている。ポール先端に風車を取り付けて、立てると図 1 に示すような風車になる。高さ 7.5m である。風車ポールの鋼性不足が感じられたので、4 方から 8mm のワイヤで補強してある。

結論として、お金をかければ、どれだけでも頑丈な風車ポールができるが、限られた経費で希望の高さの風車ポールを建設することはかなり苦勞するところである。

2. 6 小型風車運転操作について

図 16 には、風車コントローラパネル前面のメーター類とスイッチを示す。メーター類としては、発生出力電圧計、発生出力電流計、風車回転数、ランプとしては、PL1 は、風車ブレーキ解除表示、風車運転 ON でグリーンランプ点灯、OFF でグリーンランプ消灯、PL2 は、外部電源受電中、53 スイッチ：制御電源 ON-OFF①EMS：手動短絡ブレーキ操作スイッチ：赤い大きなボタン押すと短絡ブレーキが入る。時計方向に回すとブレーキが切れてボタンが飛び出る。

図 17 には、風車安全装置の操作マニュアルが示されている。

コントローラを使って、操作するには、これで十分である。本装置が今後必要とされるのは、インターネットを使って外部から上記操作盤のコントロールを行うことである。すなわち、遠隔操作が必要である。

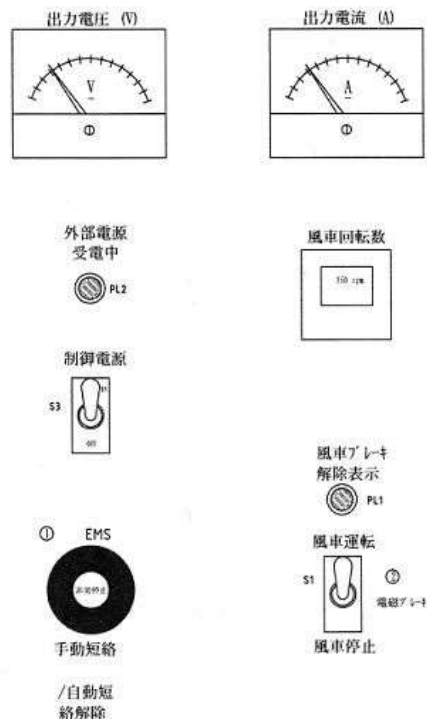


図 16：風車コントローラパネル前面のメーター類とスイッチ

風車運転/停止操作手順

風車停止	<ol style="list-style-type: none"> ① 非常停止ボタンを押す。 (強く押し込み、押し下げた状態でつかされるのを確認。) 3秒待つ ② 電磁ブレーキスイッチを風車停止にする。 (スイッチを右下に押し下げる。)
風車運転	<ol style="list-style-type: none"> ① 非常停止ボタンを右に回す。 (押し込みがつかさずしてつかされるのを確認。) ② 電磁ブレーキスイッチを風車運転にする。 (スイッチを上上に押し上げる。)
自動停止確認	<p>無人運転を行う場合に必ず実行してください。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 発電出力電圧 DC 60 v 以上を確認後、自動短絡ブレーキボタンのテスト灯を押す。 ② 風車回転が急激に減速するのを確認する。 ③ 風車停止操作を行う。 (この操作を行わないと自動短絡ブレーキ解除されません。) ④ 風車運転操作を行う。
注意	<p>制御電源はONの状態でないとは運転できません。 バッテリー放電によるバックアップからの出力も出ません。</p>

日本電子技術株式会社

制御操作に関する連絡先 TEL 0561-54-5271

図 17：風車安全装置の操作マニュアル

表 2 の 1 および表 2 の 2 には, Ring Ring 風車運
転結果を示す。

表は左端から日時, 電流×0. 1A, 電圧×0. 1V, 回転
数, 風速×10 の値が示されている。全て 1 分間隔で
測定された値を 10 分間平均になおした, 10 分間平
均値が示されている。風速は, 1 秒間隔で測定され
た値の 10 分間平均値である。

Date and time	Current 0.1A	Voltage 0.1V	Rotation rpm	Pulses (m/s) × 10?
2014/03/05 23:00	32.86	504.67	111.65	136.66
2014/03/05 23:10	33.23	491.45	108.08	134.46
2014/03/05 23:20	38.40	574.88	125.24	126.03
2014/03/05 23:30	34.99	553.27	116.17	134.60
2014/03/05 23:40	30.69	503.20	102.56	144.47
2014/03/05 23:50	39.25	582.65	124.32	133.71
2014/03/06 00:00	39.20	608.02	128.34	121.41
2014/03/06 00:10	43.13	631.11	137.52	118.15
2014/03/06 00:20	42.01	574.67	127.82	126.23
2014/03/06 00:30	41.90	595.98	130.55	122.29
2014/03/06 00:40	40.24	581.48	128.08	125.68
2014/03/06 00:50	39.76	568.80	126.97	129.60
2014/03/06 01:00	41.39	575.28	132.81	127.68
2014/03/06 01:10	39.87	561.96	131.40	121.24
2014/03/06 01:20	38.81	552.93	134.33	118.75
2014/03/06 01:30	33.97	515.66	125.54	123.05
2014/03/06 01:40	34.45	528.26	133.75	102.04
2014/03/06 01:50	30.45	479.91	125.06	125.89
2014/03/06 02:00	28.31	484.44	126.35	112.21
2014/03/06 02:10	28.86	481.05	129.90	95.80
2014/03/06 02:20	26.21	441.68	120.68	86.00
2014/03/06 02:30	25.69	438.74	120.72	91.60
2014/03/06 02:40	28.15	481.23	134.72	104.76
2014/03/06 02:50	30.88	498.94	143.12	105.26
2014/03/06 03:00	28.31	477.58	130.41	97.80
2014/03/06 03:10	28.64	471.74	126.75	103.28
2014/03/06 03:20	31.25	483.52	129.97	107.83
2014/03/06 03:30	32.42	506.71	132.64	101.47
2014/03/06 03:40	32.30	483.14	128.51	115.86
2014/03/06 03:50	38.87	566.12	151.09	124.34
2014/03/06 04:00	35.30	509.93	135.55	123.30
2014/03/06 04:10	36.75	546.93	140.73	122.97
2014/03/06 04:20	38.66	581.80	147.06	115.17
2014/03/06 04:30	28.58	506.50	125.68	132.69
2014/03/06 04:40	35.64	692.43	158.34	108.57
2014/03/06 04:50	27.30	553.65	128.32	141.73
2014/03/06 05:00	31.81	610.56	142.91	132.72
2014/03/06 05:10	28.52	602.83	136.33	130.00
2014/03/06 05:20	31.94	780.54	165.21	121.40
2014/03/06 05:30	32.05	709.10	153.73	104.95
2014/03/06 05:40	31.58	676.52	149.60	128.12
2014/03/06 05:50	33.21	727.56	158.27	103.68
2014/03/06 06:00	30.14	655.35	142.90	128.49
2014/03/06 06:10	32.91	645.44	144.92	116.24
2014/03/06 06:20	33.05	691.37	151.79	111.99
2014/03/06 06:30	32.54	670.57	146.73	105.24
2014/03/06 06:40	31.10	576.60	129.10	90.57
2014/03/06 06:50	30.84	588.06	131.87	96.57
2014/03/06 07:00	29.86	575.15	128.04	94.04
2014/03/06 07:10	30.45	542.62	127.79	90.86
2014/03/06 07:20	29.93	545.32	127.92	97.60
2014/03/06 07:30	27.18	518.34	120.20	87.47
2014/03/06 07:40	23.80	446.21	108.01	75.59
2014/03/06 07:50	26.08	498.38	118.38	83.66
2014/03/06 08:00	26.70	490.44	119.36	89.17
2014/03/06 08:10	18.96	397.72	99.12	70.24
2014/03/06 08:20	18.12	426.90	100.90	73.10

表 2-1 : Ring Ring 風車運転結果

2014 年 3 月 5 日 23:00~3 月 6 日 8:20
10 分間間隔平均出力

Date and time	Current 0.1A	Voltage 0.1V	Rotation rpm	Pulses (m/s) × 10?
2014/03/07 03:30	9.20	328.37	56.99	38.11
2014/03/07 03:40	12.93	352.48	65.13	43.88
2014/03/07 03:50	10.51	339.48	60.81	40.15
2014/03/07 04:00	6.02	270.63	46.32	32.71
2014/03/07 04:10	2.71	245.32	40.42	27.23
2014/03/07 04:20	8.79	304.19	51.41	34.71
2014/03/07 04:30	8.08	322.07	59.77	34.94
2014/03/07 04:40	8.42	319.83	56.62	37.63
2014/03/07 04:50	9.26	302.36	55.34	38.85
2014/03/07 05:00	8.12	328.91	56.15	37.43
2014/03/07 05:10	12.82	340.38	63.67	41.89
2014/03/07 05:20	6.75	313.50	53.56	35.42
2014/03/07 05:30	4.67	287.22	47.74	32.26
2014/03/07 05:40	2.39	250.27	40.37	27.00
2014/03/07 05:50	1.68	227.74	36.27	23.15
2014/03/07 06:00	1.86	249.70	39.64	26.08
2014/03/07 06:10	4.73	280.35	49.54	33.77
2014/03/07 06:20	2.30	228.25	38.04	26.78
2014/03/07 06:30	1.70	229.76	37.54	25.41
2014/03/07 06:40	2.91	265.32	45.32	30.97
2014/03/07 06:50	3.97	280.30	50.22	34.43
2014/03/07 07:00	5.50	305.55	58.87	39.07
2014/03/07 07:10	6.45	302.19	58.42	38.96
2014/03/07 07:20	6.68	299.98	59.02	41.49
2014/03/07 07:30	8.70	289.21	63.13	43.58
2014/03/07 07:40	11.76	342.74	74.58	47.52
2014/03/07 07:50	13.35	346.61	79.36	54.46
2014/03/07 08:00	13.73	363.10	82.10	53.18
2014/03/07 08:10	13.37	371.60	82.11	46.37
2014/03/07 08:20	7.13	314.33	62.50	36.33
2014/03/07 08:30	5.86	301.91	57.66	38.39
2014/03/07 08:40	2.95	251.91	44.17	26.58
2014/03/07 08:50	1.90	228.17	38.04	26.86
2014/03/07 09:00	1.21	173.86	28.26	19.18
2014/03/07 09:10	0.20	129.87	19.77	23.63
2014/03/07 09:20	2.02	155.83	27.84	24.20
2014/03/07 09:30	1.04	89.89	18.21	19.09
2014/03/07 09:40	0.00	7.00	5.00	29.59
2014/03/07 09:50	3.65	197.17	34.59	36.71
2014/03/07 10:00	7.41	299.75	53.22	36.26
2014/03/07 10:10	5.32	151.07	29.56	26.47
2014/03/07 10:20	16.27	379.94	70.71	47.52
2014/03/07 10:30	3.23	185.39	30.62	25.69
2014/03/07 10:40	9.43	243.02	44.21	33.16
2014/03/07 10:50	6.88	271.67	46.00	33.16
2014/03/07 11:00	28.90	421.22	85.63	59.78
2014/03/07 11:10	24.58	403.75	80.28	54.38
2014/03/07 11:20	34.16	468.53	97.47	65.29
2014/03/07 11:30	37.00	481.55	103.04	69.69
2014/03/07 11:40	40.86	527.56	116.07	86.15
2014/03/07 11:50	37.86	522.40	111.76	84.76
2014/03/07 12:00	36.99	557.94	118.66	80.78
2014/03/07 12:10	33.96	545.37	114.74	73.08
2014/03/07 12:20	34.02	470.20	102.70	69.28
2014/03/07 12:30	35.66	531.33	117.12	89.99
2014/03/07 12:40	33.66	540.90	120.21	90.79
2014/03/07 12:50	34.35	537.21	124.40	97.57

表 2-2 : Ring Ring 風車運転結果
2014 年 3 月 7 日 3:30~12:50
10 分間平均出力結果

3. むすび

この 1 年間 JKA(日本自転車協会)から助成を受
けて,改造型 Ring Ring 小型水平軸風車をなんとか
立ち上げることができた。

これらはインターネットを介して,ホームページ
で公開されている。筆者の印象としては,まあま
あに仕上がっているのではないかと思っている。も
ちろん,問題点もいくつかあり,それらを解決する
必要に迫られている。