

## 風力発電用野外観測タワーの設計と発電結果

渡辺, 公彦  
九州大学応用力学研究所技術室

<https://hdl.handle.net/2324/1958402>

---

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート. 5, pp.49-54, 2004-03. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

# 風力発電用野外観測タワーの設計と発電結果

九州大学応用力学研究所技術室 渡辺公彦

## 1. はじめに

人類は地球上の資源を利用して、その営みを続けてきた。そして著者の幼少の頃とは比べ物にならないほどの文明社会を作り上げた。石炭から石油へと主要なエネルギー資源は移り変わったが、化石燃料の消費量は増加の一途である。化石燃料の大量消費は地球温暖化、酸性雨、森林破壊、砂漠化など様々な問題を引き起こし人類の生活に多大な影響を及ぼしている。また、大量消費の結果化石燃料は近い将来に枯渇すると予想されている。現在消費量の少ない国々が大量消費を開始すれば、もっと早い時点で枯渇する可能性があり、新たなエネルギー資源の確保が求められている。

これらの環境問題、エネルギー問題に対する解決策として自然エネルギーの利用が注目を集めている。自然エネルギーはクリーンで枯渇することのないエネルギーであるため、その利用に向けて様々な取り組みがなされている。従来より人類は風を利用して帆船を動かしたり、風車により水を田畑に導入したり、穀物を粉にしたりして風を役立てて来た。その歴史は紀元前の昔にまでさかのぼる。現在では、風力は主に発電に利用されており、その発電量は急激に増加している。風力エネルギーの利用はこのように古くてかつ新しい課題なのである。

しかし、この風力発電にはいくつかのデメリットが存在する。それは風のエネルギー密度が小さいために大きな発電量が得にくいこと、風は間欠的であるため安定した発電供給を行うことが難しいこと、また風車設置に適した十分な風が得られる場所が少ないことなどである。風力発電の更なる普及のためには、低風速時から高風速時まで全風速範囲で効率的な発電をする風車の開発が必要である。発電量は風速の3乗に比例する。研究所ではこの点に着目し、風車を過ぎる流れの速度を効率的に増速させることの出来る集風構造体（風レンズ）装置を開発した。それを利用して風車単体に比べて5倍の発電量を達成する装置を開発した。この装置の検証および市販の小型風車との比較の為、野外観測タワーを建て自然風における実験を行った。

## 2. 設計概要

野外観測タワーの概観を図1に示す。その設計においては次のことを考慮した。学内に観測タワーを建設する為に安全であること、長期間の観測をする為に台風および季節風においても耐える事、観測終了後速やかに撤去出来ることなどを考慮して設計した。以上のことを踏まえ、基礎にコンクリートを打つ鋼材によるトラスタイプのタワーではなく、図2のようにコンクリート電柱(10-19-2000)4本で観測用のタラップを支える設計にした。使用電柱は長さ10mで頭部直径19cm 転倒荷重2t・垂直荷重10tのものである。各電柱を地上より3m埋め込み、各々の電柱より支線を張り強風に備えた。図3に示すように電柱の上部に作業用タラップと観測タラップを回転させる駆動部を取り付けた。この駆動部の役目は実験装置（風レンズ本体、超音波風速計、3杯式風速風向矢羽根・市販のゼファー発電機）を風の方向に向ける為である。操作は風向計を目視してモーターを動作させる。図4は最上部タラップである。幅1mで長さ6mに安全帯を保持する手摺りを取り付けている。この観測

タラップの中央に風レンズ装置を設置し、風向風速を測定する超音波（海上電気製 SAT-505）と市販の風力発電機（ゼファー403・400W）を観測タラップの左右に取り付けた。

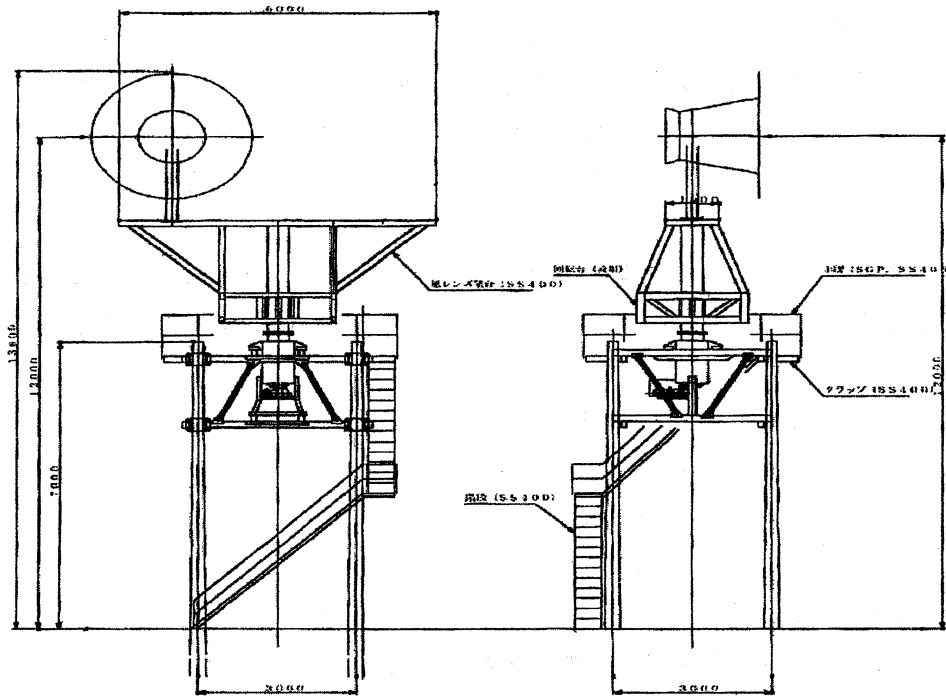


図1 概観図

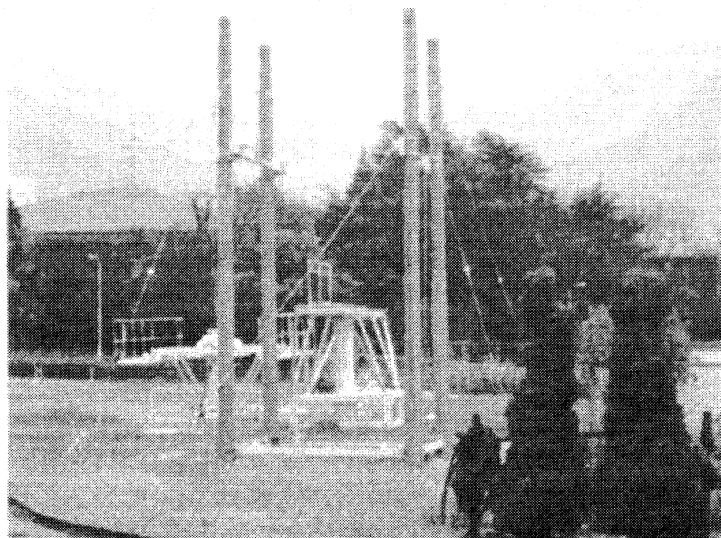


図2 基礎部のコンクリート電柱と支線

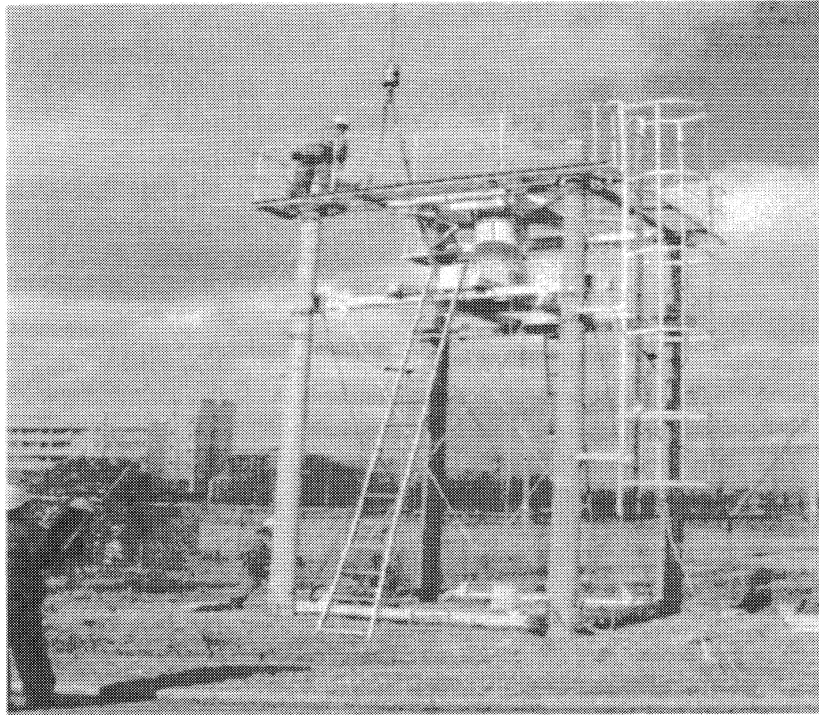


図 3 駆動部

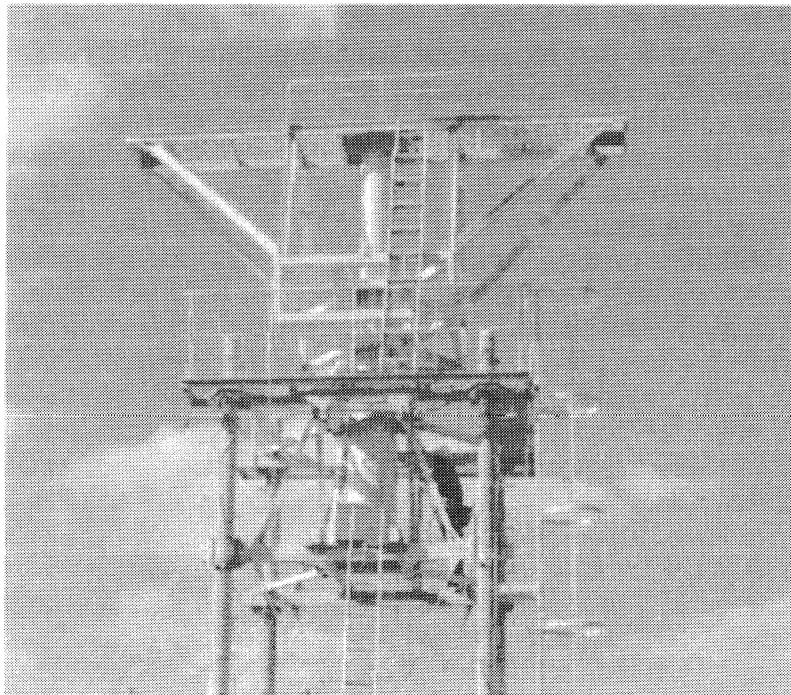


図 4 最上部観測タラップ

### 3. 風レンズ装置

野外試験風車の諸元は次の通りである（図 5）。

ロータ直径	1200mm	
翼枚数	3枚	(ABS樹脂製)
ハブ直径	240mm	(アルミ製)
スピナー	240mm	(FRP製)
インレット部	1240mm	(カーボン製曲面)
ディフューザ開き角	12°	
ディフューザ長さ	1500mm	(アルミ製・t1.2mm)
つばの直径	3000mm	(軽量断熱材にアルミ箔で加工)
集風効率	1.7	

発電機は（株）ミストラル製の自励密封型三相発電機（1500VA型）を使用した。回転数が1500 [rpm] の時、電圧120 [V] 電力1.5 [kw] を出力する。発電機からの出力は整流して電子負荷に接続した。電子負荷はケンウッド・ティー・エム・アイ製の PEL102—201 を使用した。風向風速の計測には（株）カイジョーソニック製 SAT-505 を使用した。

野外観測設置状況を図 6 に示す。研究所内に高さ10 [m] の観測タワーを建て、最上部タラップ、幅1 [m] スパン長6 [m] の中央に1200風レンズ風車を取り付け風車を挟んだ両端に風向風速計と市販のゼファー発電機を設置した。設置したタワーの南側は木々が茂っており、東側は高さ20 [m] の研究棟が建っている。そのため、東から南よりの風は妨げられて弱くなり変動も大きい。北側は比較的開けている。そのため、風車と風速計は北よりの風の時に信頼できるデータが取れるようにタワー中央に設けた駆動部を可変して配置した（図 6）は試験タワー設置状況である。

毎秒送信される風向、風速、出力電圧、負荷抵抗、消費電力（出力電力）のデータをタワーの下部に設けてある部屋に設置したパソコンで取り込み10秒間の平均値を記録した。

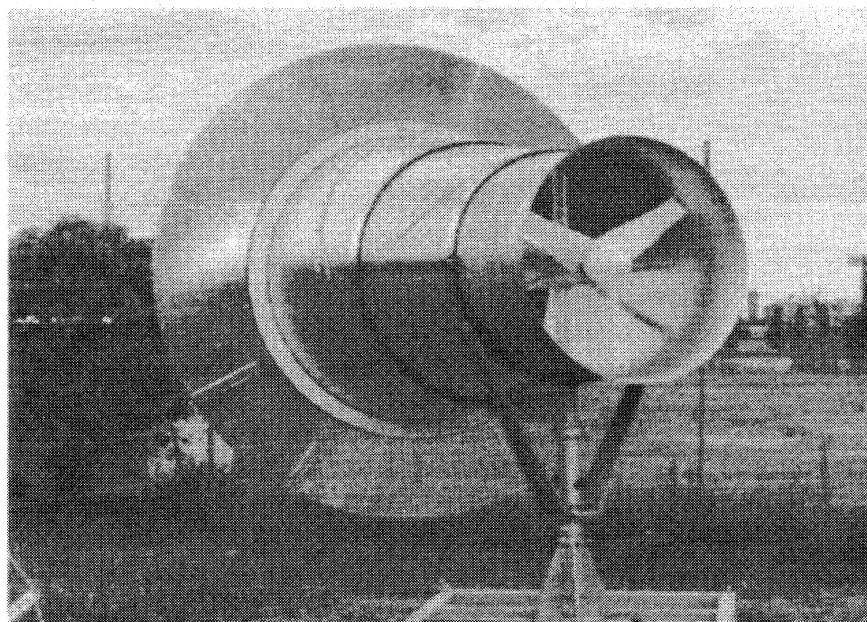


図 5 1200 サイズ風レンズ風車

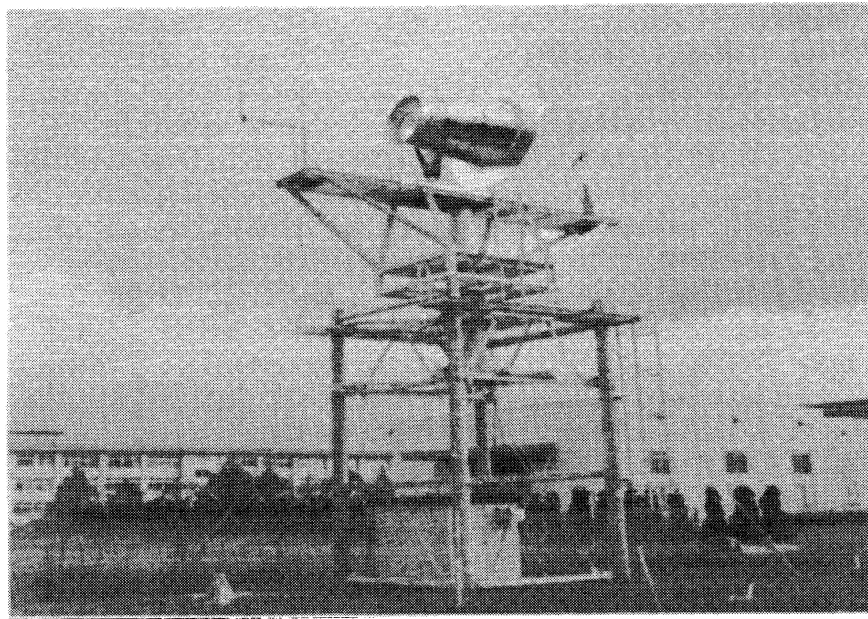


図 6 観測状況

#### 4. 野外試験結果

野外試験風車の製作にあたっては、1/2 スケール風車による風洞実験で得た特性をもとにして製作し観測に望んだ。

図 7 に収録したデータの例を示す。風速と電子負荷が消費した電力の様子を示している。電力値は左の軸に、風速値は右の軸に対応している。風車は風速が 2.5 [m/s] を超えるあたりから回り始める。翼は、ABS 樹脂の削りだしで製作したため、一枚当たり約 1.3 [kg] あり慣性モーメントが大きい。そのため、応答性はよくない。特に、静止状態から風に追従して回転を始めようとする時はタイムラグが大きくなる。この様子は 16:20 前のところに顕著に見られる。実験では負荷抵抗を 120 [ $\Omega$ ] に固定した時と負荷抵抗を出力電圧に応じて調整した時を比較した。両者ともデータのばらつきが大きい。負荷を固定した時と比較して負荷を調整した時の方がより大きいパワーを示し調整の効果が見られた。しかし、その効率は風洞実験で得られた結果には至らなかった。この効率の上がらない原因として考えられることは

- ① 風車の慣性モーメントが大きいために風速の変動の早さに追いつかない。
- ② 負荷を調整するステップ間隔が長く風速変動の早さに追いつかない。
- ③ 制御法が不十分である

などである。①、②は変動する風速に対する応答性が効率に影響するのではないかと、③は最適に制御して最大の効率を発揮させるには出力電圧以外の情報、たとえば風速などが必要ではないかということの意味している。

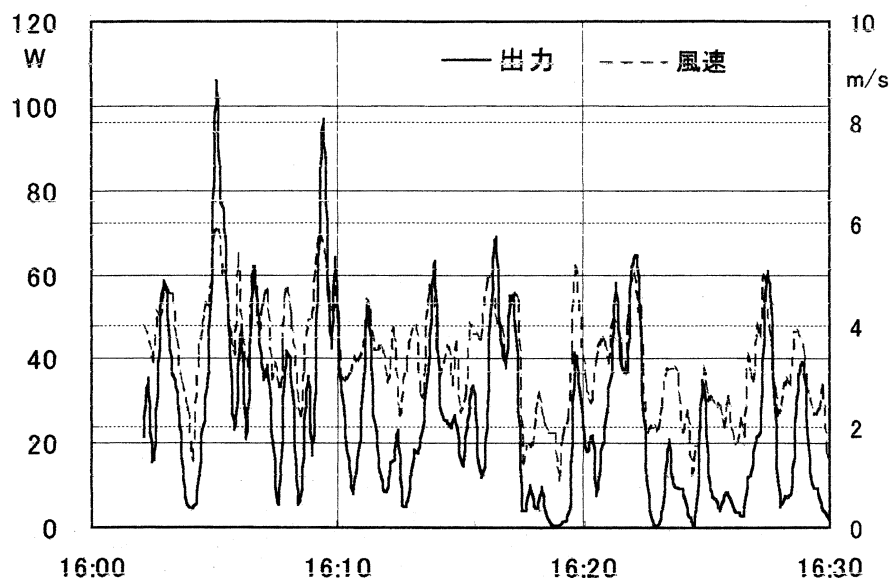


図7野外試験の風速と発電量

## 5. おわりに

つば付きディフューザ風車の有効性を実証するため野外試験を開始した。高さ 10 [m] のタワーの上に風車と風向風速計を設置し、風車出力と風向風速を記録する野外試験システムを構築した。電子負荷を用いて負荷を固定した時と、出力電圧に応じて負荷を調整したときの風車効率を調べた。負荷を調整することで負荷固定の時に比べて効率は大きく改善された、しかし風洞試験の効率の半分であった。原因としては、風の変動に対して風車の応答が悪く、静的な風洞試験で得たほどの効率を得ることが出来ない。また、制御法が適当でないなどが考えられる。実際に使用する状況を想定した風洞実験をおこない。装置を改良し、風の変動に対しても風車が追従、出来るように風車の羽根を軽く製作する必要がある。

## 謝辞

本報告をまとめるにあたっては、大気流体力学分野の大屋裕二教授にはこの報文投稿を快く承諾していただき、また原稿を懇切にチェックしていただいた。原稿作成に当たっては同分野の烏谷 隆助教授のご指導をいただき心より感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 烏谷 隆、大屋裕二、深町信尊、渡辺公彦：中空構造帯による集風効果  
日本流体力学会誌、22、4、(2003)、pp337-343
- 2) 大屋裕二、烏谷 隆、桜井 晃、井上雅弘：風レンズ効果（風エネルギーの集中）による風力発電の高出力化、第23回風力エネルギー利用シンポジウム講演論文集  
2001、pp、76-79