

垂直軸風車の実験的研究*

An Experiment of Straight Blade Non-Articulated Vertical Axis Wind Turbine Generation Systems

鈴木政彦**
Masahiko SUZUKI

鈴木修二**
Shuji SUZUKI

谷口英人**
Hideto TANIGUCHI

関 和市***
Kazuichi SEKI

An Experiment of Straight Blade Non-Articulated
Vertical Axis Wind Turbine Generation Systems

Masahiko SUZUKI
Shuji SUZUKI
Hideto TANIGUCHI
Global Energy CORPORATION

Kazuichi SEKI
Tokai University

ABSTRACT

In this paper we will present some novel results of our research and development in the filed of wind energy utilization.

Our effort in this filed is mainly concentrated to the conceptual design of optimum airfoil sections for the blade of straight wing non-articulated vertical axis wind turbine which undergo cross wind motion. This concept was embodied in the design of a family of airfoil sections designated as Tokai Wind Turbine (TWT) sections and a series of wind tunnel testing was conducted to confirm its desired aerodynamic characteristics.

Then, we designed an experimental straight wing non-articulated vertical axis wind turbine system with straight blades to evaluate system performance and structural analysis results, and furthermore to collect operating experiences under real, fluctuating wind conditions.

We are now working for evaluating operational feasibility of five sets different straight wing non-articulated vertical axis wind turbines system, which are partially in service as pilot plants of regional energy development.

Key words: Straght Wing, Vertical Axis,
Wind Turbines, Generation Systems, Application

1. 緒言

直線翼垂直軸型風力発電システムは、1976 年から東海大学 関¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾によって研究開発が進められている。

風力発電および太陽光発電は国産のエネルギー源として対外依存度の低減、エネルギー源の多様化にも資するものである。このため地球環境保全、地域の経済活性化、雇用創出効果、エネルギー消費の活性化、環境負荷の低減およびエネルギーセキュリティの確保などへの貢献が可能である。

地表に垂直な回転軸に種々の空気力学的な作動要素を設けた風車は、一般に垂直軸風車と呼ばれている。垂直軸風車は様々なタイプが考案されており、これらは、抵抗型と揚力型に分けられる。抵抗型垂直軸風車は、トルクを主として作動要素の空気抵抗から得る形式で、前進側と後退側での抵抗の差を利用してトルクを得ようとするものである。特徴は起動トルクが大きい反面、周速比の増加にともなってトルクが単調に減少する点にある。風車によって取り出されるエネルギーは、軸トルクに軸の回転速度を乗じて得られるので、高い効率を実現するためには、高い周速比で大きなトルクを得られるのが理想的である。このため、抵抗よりむしろ揚力によって風車を駆動しようとするのが、揚力型垂直軸風車である。前述した抵抗型と揚力型風車も、そのブレードの支持腕に対する取り付け角を回転中に制御する周期制御方式と、固定されたブレードを持つ非周期制御型方式とに分けることが出来る。サイクロタービンまたは一般的にはジャイロミルと名付けられて、周期制御方式の垂直軸風車では、風向検出器に同期されたカム機構によって、ブレードの取り付け角を制御し高い起動トルクを得るとともに、低い周速比のもとで高い効率を目指しているのが特徴である。

*平成 19 年 11 月 29 日第 29 回風力エネルギー利用シンポジウムにて講演

**会員 (株)グローバルエナジー栃木研究所

***会員 東海大学総合科学技術研究所

非周期制御方式の揚力型垂直軸風車の特徴は、固定ピッチで高い周速比で大きなトルクを得られ、したがって効率が良く機構的にも簡明である。

本報告は、直線翼垂直軸風車にチップベーンを取り付け実験を行ったものである。

2. 直線翼垂直軸型風力発電システムの種類

垂直軸風車の種類を図 1 に示した。垂直軸風車と水平軸風車との最大の相違点は、前者が無指向性であり、後者のように風向に追従させる必要が無いという点が挙げられる。非同期制御方式の垂直軸風車では、その基本的な構成が極めて簡明であるという利点がある反面、トルクおよび出力係数が周速比によって一義的に決定されているため、実際の運用では負荷側の特性に大きく依存する。ブレードの構造面について考えると垂直軸風車、特に小型の垂直軸風車では、そこに働く慣性力が大きな問題となる。

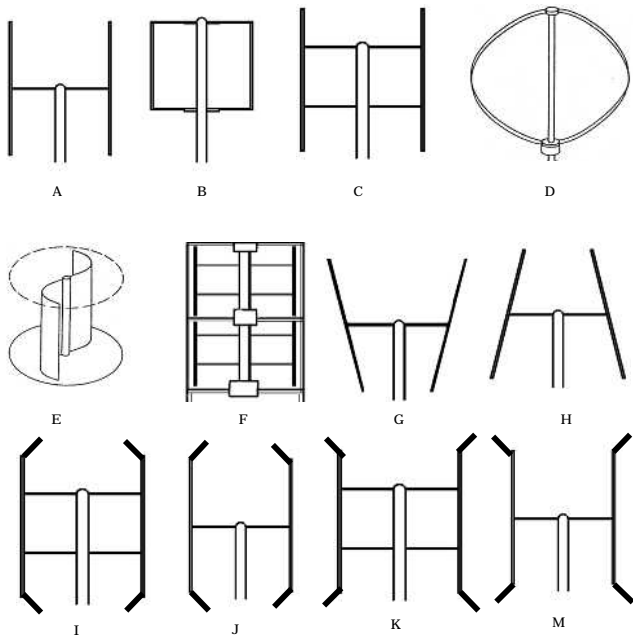


図 1 垂直軸型風車の種類 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

このためダリウス型風車では、ブレード各部に働く遠心力によって翼幅方向の曲げ応力が発生しないように、ブレード全体をトロポスキム曲線に近似して成形している。一方直線翼を持つ垂直軸風車では、慣性力による翼幅方向の曲げ応力が大きく、空気力による曲げ応力の 10 倍以上にも達することがある。しかしながら運用する周速比を一定とすれば、遠心

加速度は風車半径に反比例するので、風車サイズの増大とともに遠心力による曲げ応力は緩和され、空気力が大きくなる。

3. 直線翼垂直軸型風力発電システムの特徴

直線翼垂直軸型風力発電システムは固定ピッチ方式であるので構造的に簡略である。直線翼垂直軸型風力発電システムでは直線翼であるので、遠心力による曲げ応力を受けるが、翼を直線状にしたことから効率が低い。風車サイズが大きくなると、回転数が下がるので遠心力が小さくなる。したがって、大規模な風車は、直線翼型が有利である。関 ¹⁾²⁾³⁾によって開発された直線翼垂直軸型風力発電システムは、自己起動が可能である点が挙げられる。

最も重要な特徴の一つとして、他の垂直軸型風車は、翼断面型を対称翼としているのに対して、関 ⁴⁾⁵⁾が開発研究した直線翼垂直軸型風力発電システムは、独自に研究開発した TWT 系翼型を用いていることである。この TWT 系翼型の特徴は、直線翼垂直軸型風力発電システムの始動起動性を良好にし、高周速比では、高い効率を得ることが可能である。本風車システムは、空気力学的性能、構造材料および制御システムに関する実験と変換における最適負荷制御についての実験を中心に行っているものである。図 2～5 に関 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾が開発した直線翼垂



図 2 SW-VAWT (2000) ⁶⁾⁷⁾



図3 SW-VAWT (2002) ⁶⁾⁷⁾



図5 SW-VAWT (2002) ⁶⁾⁷⁾

直軸風力発電システムを示す。

4. チップペーン付直線翼型垂直軸風車システムの実験

図6は実験に用いた垂直軸型風力発電システムである。風車受風面積が 5m^2 で、風車直径 2.0m 、翼長 2.5m である。翼端チップペーンを回転面内側と回転面外側における始動起動特性、出力特性について実験を行った。この結果、始動起動特性および出力特性は、予想通りの結果が得られた。材料、構造強度および疲労寿命などについて実証実験を行っている。図7に実験結果の一例を示した。



図4 SW-VAWT(2002) ⁶⁾⁷⁾



図6 チップペーン付直線翼型垂直軸風車

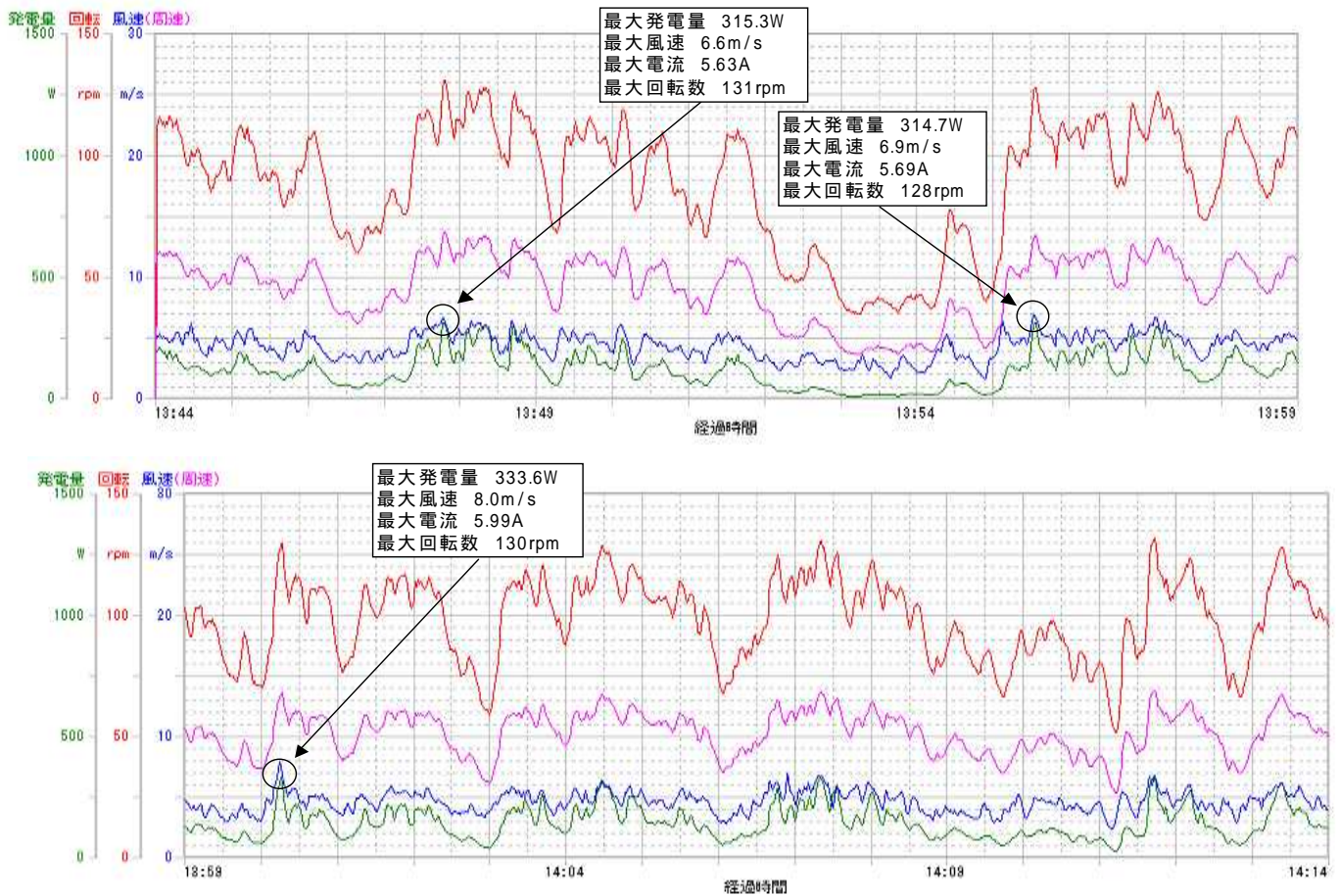


図7 実験結果の一例

5. 結言

本研究はチップベーン付直線翼垂直軸風車発電システムについて実験を行った結果、次のようなことが明らかになった。

- 1) チップベーン付直線翼垂直軸型風車の始動起動特性が明らかになった。
- 2) チップベーン付直線翼垂直軸型風車の出力特性が明らかになった。
- 3) チップベーン付直線翼垂直軸型風車の性能に影響を与える要素が明らかになった。
- 4) 応用実験および性能実験を行い、予想通りの性能と成果が得られた。
- 5) 材料構造設計上の要件を明らかにした。

参考文献

- 1) 関：東海大学産業科学研究所研究報告、14号、昭和58年。
- 2) 関：東海大学産業学科研究所研究報告、11号、昭和55年。
- 3) 関：直線翼垂直軸風車の性能、太陽エネルギー Vol.16, No.3 (1990). 日本太陽エネルギー学会
- 4) 関：垂直軸風車用翼型の空気力学的研究、太陽エネルギー Vol.16, No.3 (1990). 日本太陽エネルギー学会
- 5) 関：低レイノルズ数で高性能を示す垂直軸風車用翼型の開発研究 日本機械学会論文集(B) 57巻536号(1991)、日本機械学会
- 6) 関：直線翼垂直軸型風車の実験的研究、平成15年電気学会 電力・エネルギー部門大会、477-478、電気学会、2003年8月
- 7) 関：直線翼垂直軸型風車の実験的研究、2003年度年次大会講演論文集、社団法人 日本機械学会、2003年8月