ダリウス・サボニウス型風力発電機の開発

丹 澤 祥 晃*

*日本工業大学 工学部 (〒345-8501 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台 4-1)

Development of the Darrieus-Savonius Type Wind Turbine Generator

Yoshiaki TANZAWA*

*Dept. of Mechanical Engineering, Nippon Institute of Technology (4-1, Gakuendai, Miyashiro-machi, Minamisaitama-gun, Saitama 345-8501)

Key Words : Energy Conversion, Renewable Energy, Wind Turbine, Darrieus Turbine, Savonius Turbine

1. はじめに

風車は人類初の原動機として発明され、18～19世紀には、製粉や揚水などの動力として活用された。しかし、蒸気機関の発明を契機に石炭、石油といった化石燃料による熱機関が急速に発展し、風車の利用は限定的となった。20世紀になると、流体力学、航空力学の発達にともない、電力利用としての高性能な風車が作られた。さらに、1973年の石油危機をきっかけに多くの風力発電機が作られ、最近では、地球温暖化問題も加わって風力発電機への注目が集まり、風力発電機は数を増やすとともに、大型化も進んでいる。現在、1基当たりの定格出力は1 [MW]を越えており、これを電力系統に連系して同期運転を行うことで、いわゆる風まかせの風力エネルギーを周波数、電圧の良質な電気エネルギーに変換している。一方で、大型の風力発電機は建設のための道路、洋上に建設する場合は漁業との関連、送電網のバランスなどの問題もあり、風況が良く、容易に設置できる場所はかなり限られてきている。これに対して、比較的容易に設置することが可能で、独立電源としても利用しやすい小形風車(20 kW程度まで)、マイクロ風車(1 kW程度まで)にもかなり注目が集まっている。

風力タービンは、現在建設されている風力発電機のほとんどが水平軸のプロペラ型であるが、日本工業大学では、垂直軸のダリウス型とサボニウス型とを組合せた独自のハイブリッド風力タービンを用いた風力発電機についての研究に取り組み、また、運転制御方法では、刻々と変化する風速に対して最大のパワーを取り出せる回転数に制御する変速制御運転について研究を行った。

2. 本学での研究

1979年に放送文化基金より助成を得て、早稲田大学理工学研究所との共同研究で着手した。本学では、故町山忠弘教授を中心に実験用風洞を自作し、基礎的技術資料を実験調査によって収集する段階から始まり、独自のダリウス基幹ハイブリッド・タービンを設計・試作して風洞実験を行った。そ

図1 日本工業大学キャンパスに展示保存しているハイブリッド風力タービンモデル(500 W)

の成果を踏まえ、1980年から1986年にかけて秋田県(平鹿町醍醐地区、仁賀保町両前寺地区)で実稼動実験を行った。これらの成果は、風力エネルギー利用技術研究会特集報告^{1)~5)}としてまとめられている。学内に保有する電動機出力45 kWの実験用風洞にて実験に供した500 Wモデルタービンを図1に示す。なお、このハイブリッド風力タービンモデルは、本学工業技術博物館の展示品の一つとして保存している。

3. ダリウス・サボニウス型風力発電機の特徴

3. 1 垂直軸風力タービンのハイブリッド

風車には、現在発電用に多く用いられているプロペラ型タービンの他にも多くの種類がある。以前は、風車というとオランダ型のものを思い浮かべる人が多かった。ギリシャのある地方では、セイルウイング型の風車が観光スポットとなっている。これらはみな水平軸風力タービンで、回転軸が水平になっている。水平軸風力タービンは、風向の変化にあわせて回転軸の向きを変えないと出力は急激に落ちてしまう。簡素な風車では回転軸の向きを変える機構のないものや、手で向きを変えるものもある。ヨーロッパの偏西風のように、

図2 ハイブリッド風力タービン概略図

ある風向の風ばかり吹く地方では風向の変化はあまり問題でないかもしれない。現在の風力発電機では、小型なものは尾翼などによって風の力で回転軸の向きを変えるが、風向が小刻みに変わる場合に大きな騒音を発生し、故障の原因となっている機種もあるようである。日本の地形は複雑なところが多く、そうでなくても市街地やその周辺では、風の乱れが大きいので、気を付けなければならない。大型の風力発電機では電動で回転軸の向きを変えるが、ゆっくりとした動きであり、多少向きがずれて出力が落ちていることもあるようである。

これらに対し、回転軸が垂直な垂直軸風力タービンは風向に関係なく出力を得ることができる。垂直軸風力タービンは主なものにダリウス型、ジャイロミル型、サボニウス型がある。ダリウス型、ジャイロミル型は水平軸のプロペラ型と同様に揚力によって回転し、高効率なタービンであるが、起動トルクが小さいため、以前は、風が吹き始めるとモータによって起動させる方法がとられていた。このため間欠的な風が吹いた場合には起動させるための電力消費が発電量を上回ってしまうこともあったという。ジャイロミル型は翼が直線状であるので、製作が比較的容易で、現在は翼形を改良し起動トルクを大きくしたタイプの風力発電機がいくつか出回り始めている。図2にハイブリッド型風力タービンの概略図を示す。このタービンは、ダリウス型に起動トルクの大きなサボニウス型を組合せて起動トルクを確保している。

3.2 風のパワーを最大に利用

大型の風力発電機は定格回転数を2段階とするものが多い。風速が低いときには回転数も低く、風速が高くなると発電機の極数を切替えて回転数を高くする。風力タービンには風速に応じて出力を最大にする回転数が存在するため、風速が高くなるに従い回転数を上げた方が良いが、系統連系周波数は一定でなければならない。最近では、定格回転数に幅をもたせ、風速によって可変速運転を行う大型の風力発電機も登場

図3 日本工業大学下田寮に立つ1kWハイブリッド風力タービン

しているが、ハイブリッド風力タービンでは、早くから風力タービンの特性について風洞実験を行ない、風力からの抽出動力を最大にする可変速運転に取り組んできた。また、風の持つパワーは式(1)のように風速の三乗に比例するので、回転数の上限を設定して風の強い時には逆に抽出動力を大きくしないように制御する。

$$P = \frac{1}{2} C_p \rho A V^3 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 A ：翼の掃引面積[m²]、 C_p ：パワー係数、 ρ ：空気の密度[kg/m³]、 V ：風速[m/s]

4. おわりに

本学は下田に寮を持ち、小高い丘の上にあるその寮は夏にも冬にも強い風が吹き抜けて行く。理事長のかねてからのアイディアで建設した1kWハイブリッド風力タービンを図3に示す。このタービンは、毎年合宿で泊まりに来る付属中学・高校生や本学運動部の学生の目にとまる中庭にあり、玄関ロビーの照明を灯している。生徒・学生達が説明パネルに目を向けて、新技術や環境への配慮に興味を湧かせてもらえればと考えている。

(2003-10-1 受理)

文 献

- 1) 風力エネルギー利用技術研究グループ；日本工業大学研究報告，89-01，pp. 1-114 (1989)
- 2) 風力エネルギー利用技術研究グループ；日本工業大学研究報告，88-01，pp. 1-79 (1988)
- 3) 風力エネルギー利用技術研究グループ；日本工業大学研究報告，87-01，pp. 1-106 (1987)
- 4) 風力エネルギー利用技術研究会；日本工業大学研究報告，85-01，pp. 1-125 (1985)
- 5) 風力エネルギー利用技術研究会；日本工業大学研究報告，11-2，pp. 1-136 (1981)