九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

鍔付きディフューザ風車の低騒音化メカニズムと支柱が風車に及ぼす影響に関する研究

髙橋，周平

https://doi.org/10.15017/1398375

出版情報：九州大学，2013，博士（工学），課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

（別紙様式２）

論　文　要　旨

区　分	甲・乙	氏　名	髙　橋　周　平
論文題名 風力エネルギーのより有効な利用に向けた 新しいタイプの風車システムに関する研究			

論　文　内　容　の　要　旨

エネルギー問題、地球温暖化問題への対応から、再生可能エネルギーによる発電量を拡大する動きがある。そのうち、風力発電は年間潜在供給量、ライフサイクルでの温室効果ガス排出量、発電コストの面から優位であるとされる。また、陸上で風力発電の導入が進み適地が少なくなったこと、陸上より風速が高く乱れが小さいこと、陸上から離れており騒音や景観への影響が小さいことなどの理由から、洋上風力発電の開発が進んでいる。日本は世界第6位の面積を有する排他的経済水域を持つが、その大部分は水深が深いため、浮体式が適する。

風力発電の欠点は低効率性であるが、九州大学風レンズ研究グループでは、鍔付きディフューザ風車（通称、レンズ風車）を開発している。これは、ディフューザの出口にリング状の鍔を取り付けた筒状構造体を持つダウンウィンド型小型風車である。この構造体（以下、レンズと呼ぶ）周りでは、ディフューザ内側を通過する流れと鍔の外側を回り込む流れによって、鍔後方に渦が形成される。渦形成による低圧部によって流れが引き込まれるため、風車への流入風が加速する。この効果により、レンズ風車3kW機の場合、同じロータ径の通常の風車と比べて2.5倍の出力が得られる。

レンズ風車の高効率化以外の利点としては、騒音が小さいこと、カットイン風速が低いこと、風見鶏効果があることなどが挙げられる。このうち、本研究では従来から風力発電の問題とされている騒音に着目した。騒音は空気の圧力変動に起因するため、レンズ風車のこれまでの数値計算では捉えることができなかった非定常な流れ場を解析する必要がある。本研究では、騒音が小さいことの流体力学的メカニズムを解明することを第一の目的として、集風体の内壁から影響を受けると考えられる翼端渦に着目し、移動境界法を用いて流れ場解析を行った。

また、レンズ風車には洋上風力発電を想定した大型化構想がある。大型化の際の欠点として、支柱後流の影響の増大がある。そこで、後流によって出力や翼への荷重が受ける影響を明らかにすることを第二の目的とし、支柱を有するレンズ風車を対象に流れ場解析を行っ

た。

以上の二つの目的に対し、次に述べる第２章から第４章に取り組んだ。

第２章では、汎用熱流体解析ソフトウェアSTAR-CCM+を用いた数値計算手法を示した。メッシュ作成方法や移動境界法を使用した数値計算法をまとめた。

第３章では、①ディフューザの長いロングタイプ及び短いコンパクトタイプのレンズ風車の翼端渦に着目した流れ場解析、②コンパクトタイプのレンズ風車と集風体無しの風車の翼端渦の解析結果比較を行った。

①では、レンズ風車では翼端渦の他に、翼端とディフューザ内壁との間に誘導渦（翼端渦と逆向き）が発生することが分かった。これらの渦は、九州大学の佐藤らの風洞実験にて確認された渦と定性的に一致した。ロングタイプでは、翼端渦と誘導渦が螺旋構造を形成して弱め合い、集風体内部で消えることを示した。一方、コンパクトタイプでは、誘導渦が部分的に巻き上がって、翼端渦に絡んで弱め合うが、ディフューザ長が短いため渦は集風体内部では消えず、集風体出口から出た後にディフューザ内壁からの剥離渦との干渉によって消えることを示した。以上のとおり、ロングタイプ、コンパクトタイプとも翼端渦が誘導渦との干渉により弱められており、これが低騒音となる一つの理由であることが分かった。

②では、レンズ風車の方が集風体無しの風車より強い翼端渦が発生することが分かった。これは、レンズ風車では、集風体により集められて加速された流入風がディフューザ内壁近くで特に強められるためである。また、レンズ風車の強い翼端渦は、流下と共に誘導渦との干渉により急速に弱まる一方、集風体無しの風車の翼端渦はレンズ風車より弱まりにくいことが分かった。

第４章では、支柱を有するレンズ風車周りの流れ場解析を行った。結果、支柱後方に減速領域が生じるが、集風体内壁に近づくにつれて減速が抑制されることが分かった。これにより、集風体内壁側では、翼が支柱後流内にあるときの、翼スパン方向に対する翼上面負圧の増加量が、翼が支柱後流外にあるときの同増加量と同等となった。その結果、翼根側に比べて支柱による空気力損失は小さく、支柱後流による風車出力の低下が抑制されることが分かった。

また、ロータ中心まわりのモーメントについて、トルク及びピッチングモーメントは支柱の後流の影響により変動することが分かった。このことから、翼を設計する際は、特に翼根側の変動荷重に留意して疲労強度設計を行う必要があり、一方で支柱を設計する際は、後流の影響軽減を考慮する必要がある。

第５章で、本研究で得られた結論を総括した。

〔作成要領〕

１．用紙はＡ４判上質紙を使用すること。

２．原則として，文字サイズ１０．５ポイント，１行の字数４４字，行数４２行とする。

３．左右２センチ，上下２．５センチ程度をあけ，ページ数は記入しないこと。

４．要旨は２，０００字程度にまとめること。
（英文の場合は，２ページ以内にまとめること。）

５．図表・図式等は随意に使用のこと。

６．ワープロ浄書すること（手書きする場合は楷書体）。

この様式で提出された書類は，「九州大学博士学位論文内容の要旨及び審査結果の要旨」の原稿として写真印刷するので，鮮明な原稿をクリップ止めで提出すること。