

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2014年3月修了 修士論文要旨

ディスク流入条件がテスラタービン性能 に与える影響に関する実験的研究

学生証番号 47126075 氏名 後藤 健太
(指導教員 岡本 光司 准教授)

Key Words : Tesla turbine, Viscous flow turbine, Turbine nozzle, Micro turbine

微小流量を扱う小型流体機械が幅広い分野において期待されている。しかし、従来の翼列機械では小型化するにつれてレイノルズ数が小さくなることにより粘性損失が卓越したり、複雑な3次元翼形状を製作することが困難になったり、クリアランスの相対的な増加に伴い性能低下が起こったりと、様々な問題が生じる。このように従来の翼列機械を用いた小型流体機械では高効率を達成するには課題が多い。

一方、テスラタービンは従来の翼列タービンでは性能低下の原因の一つであった流体の粘性力をトルクへと変換し、さらに構造が非常に簡素であることから、小型化の影響を受けづらいと予想される。そのため、テスラタービンは小型流体機械としての応用が期待される。

テスラタービンのロータは、スパーサなどを挟んで多層化し締結された、中心部に開口部を持つディスクで構成され、トルクを取り出すためのシャフトに固定されている。そして、供給される流体がディスク間の非常に狭い流路内を螺旋を描いて通過し、ディスク表面に生じるせん断力によって、ロータが回転する。

テスラタービンは長い歴史に反して、商業的な利用には未だ至ってはいない。その大きな原因の一つは、計算上での理論効率と実験で得られる効率に大きな隔たりがあることが挙げられる。過去の研究によると、この原因は入口や出口流路形状にあり、ロータのみの効率を考えるならば従来の翼列タービンと同等かそれ以上とも主張されており、また数値解析においては、ディスクへの流入条件の重要性が示唆されてきた。しかし、入口流路形状が作動にどのような影響を与えるかなどの十分な議論はなされていない。

そこで、本研究ではテスラタービンのディスク流入条件に着目し、流入部の設計指針となる知見を得ることを目的として試作実験機を用いて実験を行った。本実験では、流入部に用いたノズルの形状とディスク厚みをパラメータとして比較議論した。ノズルは流入角に影響を与えるノズル角が異なるノズルを4種、不均一流入に影響を与える開口角度が異なるノズルを3種製作し比較した。また、ディスク厚みについては、300 μm と500 μm の2種類について実験を行った。

まず、ノズル角を変えた場合の実験結果から、テスラタービンの性能に最適なノズル角があることが分かった。さらに、どのノズルにおいても周速比がおよそ2.0である運転状態のとき性能の最大値が得られることが分かったため、周速比がテスラタービンの性能を議論する上で重要なパラメータであると結論づけた。

次に、開口角度を変化させ比較した実験からは、開口角度はノズル角に比べてテスラタービンの性能に与える影響ははるかに大きく、また最適な角度の存在が観察されたことから、適切な角度に設計することが重要であると結論づけた。

さらに、ディスク厚みを変化させた実験からは、ディスク厚みを薄くすることで性能を向上させることができることが分かった。この原因は、ディスクを薄くすることにより、ディスク入口における半径方向流速成分の加速と圧力損失を低減できたためと考えられる。そして、この結果からより高い性能を達成するためにディスク厚みを薄くすることが重要であると結論づけた。

最後に、本実験結果を用いてエクマン数 (E_k) が性能に与える影響に着目して議論した。その結果、理論解析で最適と指摘されている $E_k \approx 1.1$ にしたとき性能が最も高くなる結果が得られた。これより、実験的にも E_k がテスラタービンの性能を議論する上で重要なパラメータであると結論づけた。