

翼列複合型テスラタービンの翼列設計に関する数値解析

学生証番号 47166077 氏名 西村 将吾
(指導教員 岡本 光司 准教授)

Key Words : Tesla Turbine, Viscous flow turbine, Micro turbine, Tesla turbo machinery

近年、微小流量を扱う小型流体機械の応用が、エネルギー、化学、医療等の幅広い分野において期待されている。しかし、従来の翼列機械を用いた小型流体機械には、小型化に伴い流路内の粘性損失が増加して効率が低下するという問題がある。

このような問題を解決することのできる可能性を持つ流体機械としてテスラタービンが挙げられる。従来の翼列タービンが翼面の圧力差によって駆動されるのに対し、テスラタービンは、流体の粘性によって生じるせん断力を機械的なトルクに変換し回転するタービンである。翼列タービンにおける性能低下の要因の一つであった流体粘性を動力とするため、小型化の影響を受けにくいと予想されている。

日出間らの数値解析[1]により、テスラタービンの効率はディスク外径側から内径側に向かうにつれて低下することが報告された。この原因として、内径側に向かうにしたがって流路断面積が減少し、半径方向流速が増加することが挙げられる。なぜなら、トルクとして取り出しているのは周方向流速によるディスク表面に生じるせん断力であり、半径方向流速は粘性損失にのみ寄与するためである。

この問題を解決するために、効率の高いディスク外径側は従来のテスラタービンと同様に流体粘性から生じるせん断力をトルクに変換し、効率が低下するディスク内径側円板上に翼列を設けて、翼列によってトルクを得る構造を有する翼列複合型テスラタービンが岡本らによって提案された[2]。さらに、宮鍋らの数値解析[3]によって、翼列複合型テスラタービンに付加する翼列の初期設計が行われ、翼列を複合することによって、解析した全ての流入条件において効率が向上することが確認された。しかし、解析されたのは初期設計した翼列1ケースのみであり、翼列設計に関する設計パラメータがテスラタービンの性能に与える影響に関しては議論の余地が残る。本研究では、翼列複合型テスラタービンに付加する翼列の設計パラメータが効率に与える影響を明らかにし、設計指針に関する知見を得ることを目的とする。

本研究で検討した翼列設計に関する設計パラメータは、キャンパーライン形状、翼厚み分布、翼枚数、コード長である。これらの設計パラメータが効率に与える影響を調査するため、商用コードであるFLUENTを用いて数値解析を行なった。計算対象は、本研究室のタービン実機に合わせて、ディスク外径80mm、内径27mm、回転数35800rpm、円板周速150m/s、円板間隔250 μ mに設定し、計算領域を円板間流路1流路のみとした。流入条件は、円板外周から流体が均一に流入すると仮定し、速度流入境界条件を課した。また、本研究室所有テスラタービンの設計点における運転条件を用いている。流出条件は、出口静圧を大気圧(101325Pa)で圧力流出境界条件を課した。

上記解析条件より、翼列の設計パラメータの効率への影響に関して、以下のことを確認した。

- 検討した全てのケースにおける翼列複合型テスラタービンの効率は、従来のテスラタービンにおける効率と比較して高効率である。
- 今回検討したケースにおいては、流体の轉向角が大きくなると効率は向上し、その他の翼形状に関する設計パラメータが効率に与える影響は小さい。
- 本研究におけるテスラタービンのサイズ、翼枚数・コード長を設計パラメータとして解析を行なった条件の範囲において、翼枚数・コード長が大きくなるほど、効率が向上する傾向を確認した。ただし、それぞれが増加する毎にタービン仕事の増加とともに、粘性損失も増加する。そのため、ディスク直径が異なる場合、この傾向も異なる可能性がある。

参考文献

- [1]日出間崇史, テスラタービン性能に及ぼすインレットの影響, 東京大学2010年度修士論文
- [2]岡本光司, Piechna R.J., テスラタービン, 特許資料2014-042612
- [3]宮鍋昂大, 翼列複合によるテスラタービンの効率改善に関する数値解析, 東京大学2015年度修士論文