振動水柱型マグナス波力発電装置の開発

Development of an Oscillating-Water-Column Wave Energy Converter with Magnus Turbine

1. まえがき

近年、海洋再生可能エネルギーの積極的な利用が欧州を中心に進められている。中でも波浪エネルギーは、凪の状態を除いて発電できるため、比較的安定した運用が可能となる。振動水柱型の波力発電装置は堅牢で、タービン等が海上に設置されるため、メンテナンスが容易となる利点を有する[1]。一般に同発電装置のタービンには、往復流から一方向の回転力を得られるウェルズタービンや衝動タービンが採用されるが、高効率で構成が簡単なタービンとして、マグナスタービンもその候補に挙げられる。本研究ではマグナスタービンを用いた振動水柱型波力発電システムを提案し、供試マグナスタービンを用いた実験的検討を行う。

2. 振動水柱型マグナス波力発電装置

図 1 に提案する振動水柱型マグナス波力発電装置を示す。図より同発電装置は内部に空気室が設けられており、同空気室の気圧は波の上下運動によって変化する。この圧力の変化は空気室内に設置されたマグナスタービンに往復気流をもたらす。自転するマグナスブレードがこの往復気流を受けることによりマグナス効果[2]による揚力を発生する。この揚力の向きは、ブレードの自転方向により決まるため、これを切り替えることができれば、ウェルズタービン等と同様に往復気流に対し、タービンを一方向に回転させることが出来る。図 2 にブレード回転切替機構を示す。図示のようにブレードの回転運動は 2 枚あるディスククラッチの片方とブレードシャフトが接触することにより生ずる。ブレードは可動レールを介してメインシャフトに接続されており、ディスククラッチ間を左右に移動することが出来る。そのため、接触するディスククラッチは往復気流の向きによって切り替わるため、ブレードの自転方向を自動的に切り替えることが出来る。

3. 供試マグナスタービンを用いた実験的検討

提案システムの開発には、実験的検討が必要不可欠である。そこで、システムの主要構成要素となる供試マグナスタービンを用いた実験的検討を行う。供試装置はタービン半径 r_t= 0.272[m]、ディスククラッチ半径 r_d = 0.075[m]、ブレードシャフト半径 r_s =0.01[m]であり、水中用のものとして開発されている。同システムのブレード半径 r_bは、クッタ・ジューコフスキーの定理より、適切なよどみ点が得られる流速V_wと、ブレード角速度ω_bから、次式で与えられる。

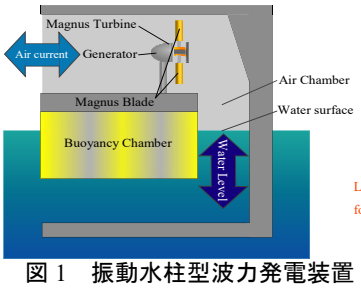

図 1　振動水柱型波力発電装置

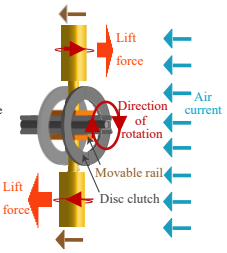

図 2　回転切替機構

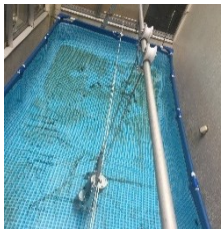

図 3　供試装置による実験

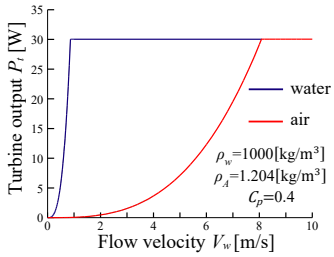

図 4　出力特性

$$r_b = 2V_w / \omega_b \quad \cdot\cdot\cdot(1)$$

$$\omega_b = \omega_t r_d / r_s \quad \cdot\cdot\cdot(2)$$

供試装置は水中用のため周速比 λ = 0.876 とし(1)式よりr_b = 0.0828[m]に設計されている。

図 3 に供試装置を用いた実験の様子を示す。同実験では、水中にあるマグナスタービンを移動させマグナスタービンや回転切替機構の動作を確認した。その結果流速V_w=0.86[m/s]程度で正常に動作する事が確認できた。

4. 実験結果の提案システムへの応用

提案システムは、空気中で運用する事を考慮し、周速比 λ を 0.876 から 4 に変更した。システムの定格出力P_tを 30[W]とした時の流速に対する出力特性を図 4 に示す。図より、周速比を 4 とした場合、流速の定格流速は 0.86[m/s]から 8.08[m/s]となることが明らかとなった。

5. むすび

本研究では、振動水柱型マグナス波力発電装置を提案し、供試マグナスタービンの製作及び実験的検討を行った。適切なよどみ点が得られるブレード角速度を明らかにした。水中で行った実験結果を提案システムへ応用し、供試マグナスタービンの仕様を明らかにした。

文　献

[1] 井上俊司、石田茂資、梅田隼、他,“海洋開発工学概論 海洋再生可能エネルギー開発編改訂第 1 版”,(2017),162

[2] 青木裕太,山下健一郎“マグナス効果を用いた浮体式波力発電装置の研究”, 電気学会産業応用部門大会, Y-32,(2011)

[3] 中山司,“流体力学非圧縮性流体の流れ学”,(2013),119