

潮流発電用浮体式垂直軸型可変ピッチ翼水車の実用化に向けた研究 新潟県粟島曳航試験について

A study on the demonstration of the floating vertical axis marine turbine with variable-pitch blades type For towing test in Awashima Island, Niigata Prefecture Japan

○榎本修¹, 居駒知樹², 増田光一², 恵藤浩朗²

*Osamu Enomoto¹, Tomoki Ikoma², Koichi Masuda², Hiroaki Eto²

Abstract: This study describes that it has a real sea test at the floating vertical axis marine turbine with variable-pitch blades type that can power a wide range of flow rate. As a result, it was confirmed that at real sea there is an effect of variable-pitch blades type. Also, the power generation output and the marine turbine output in the case of -30 degree setting angle of the wing becomes the maximum, became each 38.0W, with the result that 24.0W. Furthermore maximum power coefficient was 13%. From these results, it is necessary to elucidate the fact that the influence on power loss by mechanical, ocean wave and floating response amplitude operator.

1. 緒言

近年、環境への負担が少ないことから再生可能エネルギーを用いた発電方式が世界で注目されている。その中でも特に潮流発電は、潮汐による周期的な水平方向の流れを利用しているため比較的予測が容易であることから信頼性の高いエネルギーとされている。しかし、実際には日本の最大流速が 1.5m/s 以上である海域は極めて少なく局所的となっている。これは著者ら^[1]が日本列島周辺海域の流速観測データを解析しており、0.3m/s の流速が最も年間発生時間が多く、1.0m/s 前後にエネルギーポテンシャルが最も大きいと考察している。そのため本研究では、水平軸型よりも低流速において高トルクを獲得することができる垂直軸型を対象とする。それに加えて水車の翼取付角度を自由に变化させることができる可変ピッチ機構を導入している。これにより流れの指向性が強くなり依存してしまうが、広範囲の流速域に対応することができ、固定ピッチ式と比較すると起動性能を含め、水車性能が全体的に向上することが著者ら^[2]により明らかになっている。本研究の最終的な目標は、実用化を視野に入れており、まずは実海域において上記の水車モデルで約 40%以上獲得可能な水車を開発することである。そこで今回、浮体式モデルにて新潟県粟島漁港内及び沖合で行なった曳航試験について述べる。

2. 試験概要

本試験で使用する水車は著者ら^[3]の研究結果を元に製作したものであり、直径 $D=0.5\text{m}$ 、ブレード長さ $l_b=0.8\text{m}$ 、の 6 枚翼可変ピッチ水車となっている。翼断

面は、NACA0018 の円弧キャンバーでソリディティ $\sigma=0.293$ 、翼弦長 $c=0.076\text{m}$ である。浮体モデルについては、長さ 3.0m×幅 3.0m×浮体深さ 0.3m、でこれに長さ 2.7m×幅 2.7m×浮体深さ 0.3m のムーンプールがあり、この中心部に水車を設置する。浮体喫水とブレード喫水についてはそれぞれ約 0.25m、約 0.75m であった。この試験模型を Figure.1 に示す。また水車上部には直径 0.34m×軸径 0.15m で最大出力 150.0W の同期型インナーローターコアレス発電機を搭載しており、発電機は負荷を可変負荷電力化テスターにより 5.0Ω から 105.0Ω まで手動で可変することが可能である。本試験での負荷は、水車トルクと回転数が目視で一番安定する約 25.0Ω とした。また計測システムは、発電に必要な回転数を確保するために増速ギアを有する構造としており、水車のメインシャフトの回転は 3.0:8.0 のギアを介して増速され、1.0:1.5 のプーリを介するような設定とした。上記の試験模型をロープにて船に固定し、船速度を変化させることによって流速変動を再現しながら行なった。

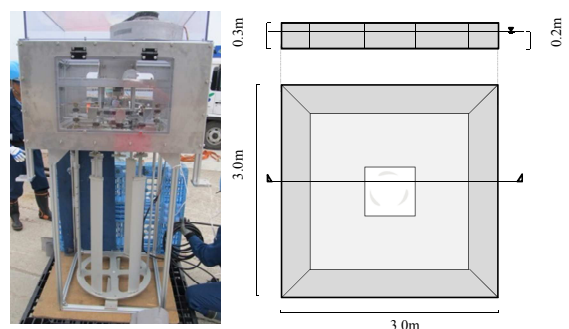


Figure.1 Marine turbine and floating model

1 : 日本理工・院 (前)・海建, Department of Oceanic Architecture and Engineering, CST, Nihon-U.

2 : 日本理工・教員・海建, Department of Oceanic Architecture and Engineering, CST, Nihon-U.

3. 解析結果及び考察

本試験では、実海域において可変ピッチ機構の有効性及び水車の性能について確認することを目的として行った。そこで水車周りの流速、水車の回転数、トルク、発電機からは電流と電圧を計測し解析を行なった。その結果を Figure.2~4 に示す。Figure.2 と Figure.3 はそれぞれ翼取付角度が -30° と 0° 設定の場合の流速と水車パワー及び発電機出力の時系列で Figure.4 は翼取付角度が $-30^\circ \sim 0^\circ$ の場合の周速比ごとの水車効率 C_p である。まず可変ピッチ機構の有効性について、Figure.2 と Figure.3 の水車パワーと発電機出力を比較すると翼取付角度 0° は全く発電していないにもかかわらず、翼取付角度 -30° は最大で $38.0W$, $24.0W$ と出力しているのがわかる。これにより波浪影響のある厳しい条件下においても可変ピッチ機構の有効性を確認することができた。よって、実海域においても可変ピッチ機構は十分に有効である。また、Figure.4 の水車効率については翼取付角度が 30° の場合、周速比 $\lambda=1.25$ 付近で最大で 13% となった。これらの結果について、流速が減速する際に急激に水車パワー及び発電機出力が減衰する。この原因として波浪の影響もしくは浮体動揺による影響ではないかと考えられ、これは今後の課題である。また水車パワーと発電機出力の差については、水車の機械的なパワー損失が影響していると考えられる。

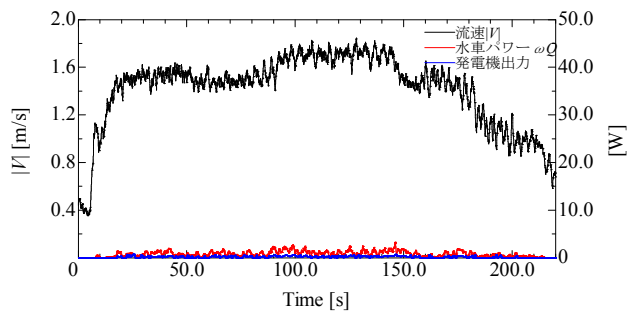


Figure.2 Power generation and marine turbine (0 degree)

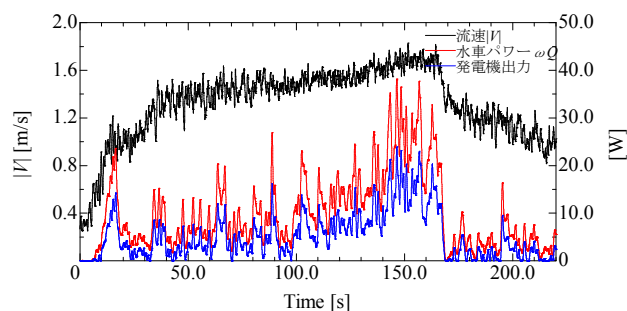


Figure.3 Power generation and marine turbine (-30° degree)

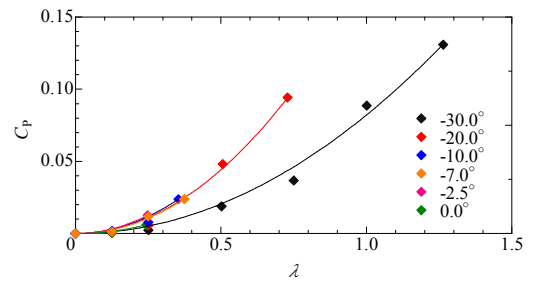


Figure.4 Power coefficients of tip speed ratio

4. 結言

本研究では、波浪影響のある厳しい条件下において浮体式垂直軸型可変ピッチ翼水車の曳航試験を行った。その結果から次のことが明らかになった。

- (1) 可変ピッチ機構の導入は有効ではあるが、指向性が強い実用化を考えるとこれを阻害しない構造的な工夫が必要であると考えられる。
- (2) 水車パワーと発電機出力は翼取付角度が -30° の場合が最大でそれぞれ $38.0W$, $24.0W$ となった。
- (3) 水車効率は翼取付角度が 30° の場合、周速比 $\lambda=1.25$ 付近で最大で 13% となった。
- (4) 上述の結果は、波浪や浮体動揺の影響を大きく受けている可能性が高く、より詳細な検討が必要である。また機械的なパワー損失についても、今後の課題として考慮しなければならないと考えられる。

5. 謝辞

本研究では、新潟県海洋エネルギー研究会及び粟島浦村漁業協同組合の協力のもとに実施したことを付記し、心から感謝致します。

6. 参考文献

[1] Ikoma, T., Masuda, K., Rheem, C.K., Yoshimura, Y and Maeda, H.: "Development of a Vertical Axis Type Marine Turbine Model with Variable-Pitch Blades and its Basic Performance", Proc. of the ASME 30th OMAE2011 Conf., ASME, 2011.

[2] 居駒知樹, 藤尾慎太郎, 増田光一, 林昌奎, 前田久明: 「垂直軸型可変ピッチ翼水車の可変機構とトルク特性について」, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第9号, pp.233-236, 2010.

[3] 居駒知樹, 増田光一, 中澤那世留, 林昌奎, 惠藤浩朗, 木下健: 「可変ピッチ垂直軸型水車におけるピッチ各とソリディティ影響」, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第18号, pp.323-324, 2014.