

## 可変ピッチ機構を導入した垂直軸型水車の高性能化に関する研究 (その3) 備讃瀬戸を例とした発電性能評価

### A study on Improvement Performance of a VAT Marine Turbine Applied Variable-Pitch System (Part3) Power generation performance evaluation as an example Bisan-Seto

○中澤那世留<sup>1</sup>, 居駒知樹<sup>2</sup>, 増田光一<sup>2</sup>, 林昌奎<sup>3</sup>\*Naseru Nakazawa<sup>1</sup>, Yasunori Nakamura<sup>1</sup>, Tomoki Ikoma<sup>2</sup>, Koichi Masuda<sup>2</sup>, Rheem Chankyu<sup>3</sup>

Abstract: A purpose of this study is to evaluate an expected power generation performance of a Vertical Axis Type Marine Turbine with Variable-Pitch Blades in Bisan-Seto for one year. In this study, fundamental performances such as start-up, torque and power efficiency performances of the turbine are evaluated by tank experiment using a model of turbine and CFD. The expected power generation performance was elicited from fundamental performances of the turbine shown above.

#### 1. 緒言

その 1<sup>st</sup>では CFD 計算により可変ピッチ機構を導入した垂直軸型水車の起動性能と駆動性能を推定し, その 2<sup>nd</sup>では水槽実験により, 垂直軸型可変ピッチ翼水車 (以後, 可変ピッチ翼水車と称す) のパワー性能の評価と水車のスラスト力の特性を評価した。

本研究は, より精度を高めた水槽実験と CFD 計算による可変ピッチ翼水車の定量的な性能評価を行い, 更に, 潮流発電に適さない海域である備讃瀬戸でどの程度の発電量が期待できるかの検討を行うことを目的とする。

#### 2. 研究方法

本研究では, 可変ピッチ翼水車の性能評価及び発電期待値を明らかにする為, 以下に示す検討を行った。

1) 水槽実験の各試験の結果による, 可変ピッチ翼水車の性能評価 (なお, 実験方法や水槽実験の解析方法はその 2 に示している), 2) FLOW-3D<sup>®</sup>による計算精度の妥当性の検討 (なお, 数値計算手法はその 1 に示している), 3) 実海域を想定した年間エネルギー獲得量の試算以上の結果から可変ピッチ翼水車の備讃瀬戸における発電性能評価の検討

#### 3. 水槽実験の計測項目と実験方法

各翼制御角度 ( $-10^{\circ} \leq \gamma_0 \leq -30^{\circ}$ ) に設定した可変ピッチ翼水車と固定ピッチ翼水車に対して, 駆動性能試験, 負荷試験および強制回転試験を実施した。駆動性能試験の結果から水車の駆動性能を評価し, 負荷試験からトルク性能を評価し, 強制回転試験の結果から水車の水車パワー係数 (発電性能) を評価する。

計測項目は各試験において, 水路内の流速  $U$  [m/s], 回転数  $n$  [rpm] とトルク  $Q$  [N·m] を計測した。なお, そ

れぞれの計測項目の概要はその 2 に示してある。

#### 4. CFD の計算項目

CFD は FLOW-3D<sup>®</sup>の計算精度の妥当性の検討と可変ピッチ翼水車の発電性能と, 流況対応型可変ピッチ翼水車の数値計算を行った。

FLOW-3D<sup>®</sup>による計算精度の妥当性の確認は, 可変ピッチ翼水車の水槽実験の各試験結果と, 同様の計測条件の計算結果を比較する。

流況対応型可変ピッチ翼水車に関する数値計算は, 流速の速さに応じて, 翼制御角度の設定を変更する水車の発電性能を評価する。

#### 5. 実験結果と FLOW-3D<sup>®</sup>の計算精度及び考察

水槽実験の各試験の結果と数値計算の結果を以下に記す。ここでは水車の性能評価を行うと共に, FLOW-3D<sup>®</sup>による数値計算の計算精度の妥当性の確認を可変ピッチ翼水車の結果のみから行う。駆動性能及び機動性能の結果を Fig.ure.1 に, 発電性能の結果を Fig.ure.2 に示す。なお, 発電期待値は, 起動流速と各流速毎の発電効率から導き出した為, 本報ではトルク特性の結果については割愛する。

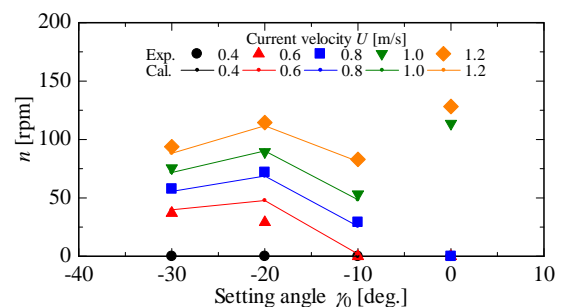


Figure.1 Variations of tip speed ratio to current velocity

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

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

3 : 東京大学・教員・生研, Institute of Industrial Science, the University of Tokyo.

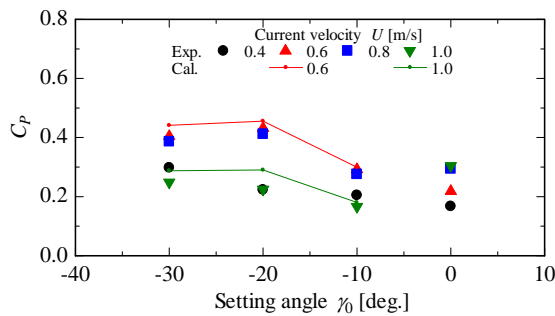


Figure. 2 Variations of power coefficients to setting angle

Figure.1 の結果から固定ピッチ翼水車は流速 1.0 [m/s] で起動することが分かった。それに対して可変ピッチ翼水車は、 $\gamma_0 = -30^\circ$  の設定の水車では遅い流速で起動することが明らかとなった。また、翼の取り付け角度を制御することで、回転を行う際の抵抗となり、駆動性能が低下することが明らかとなった。しかし、 $\gamma_0 = -10^\circ$  の設定の水車や固定ピッチ翼水車の駆動性能の関係から、速い流速の場合では翼制御角度の小さい設定の水車に変更することで、駆動性能の低下を抑えることが可能であると考えられる。

Figure.2 の結果から固定ピッチ翼水車は流速 0.4, 0.6 [m/s] 時では水車パワー係数 0.2 と発電性能はあまり優れてはいないが、流速 0.8, 1.0 [m/s] 時では水車パワー係数 0.3 と良好な値を示している。可変ピッチ翼水車の中では  $\gamma_0 = -20^\circ$  の設定の水車の発電性能が良く、流速 0.6, 0.8 [m/s] 時において水車パワー係数 0.4 を超える良好な値を示すことが明らかとなった。

水槽実験の各試験の結果と数値計算の結果を比較して FLOW-3D<sup>®</sup> の計算精度の妥当性を確認した。各試験において回転数、周速比、水車パワー係数において、水槽実験の結果を定性的に捉えることが出来ている。よって、FLOW-3D<sup>®</sup> による数値計算の計算結果は十分に妥当性があるものとする。

## 6. 備讃瀬戸における年間発電期待値及び考察

備讃瀬戸における可変ピッチ翼水車（流況対応型）と固定ピッチ翼水車の月毎の総エネルギー獲得量を比較した。

計算に利用した潮流データは第 5 管区海上保安本部海洋情報部がまとめた 2012 年度の備讃瀬戸における潮流データ<sup>3)</sup>を参考にした。Figure.3 に可変ピッチ翼水車（流況対応型）と固定ピッチ翼水車の月毎の総エネルギー獲得量を比較した結果を示す。それぞれの発電性能は、水槽実験の強制回転試験で得られた値を基に試算した。ここで得られるエネルギー量は水車模型の受圧面積  $0.1\text{m}^2$  における獲得量である。可変ピッチ機構を導入することによって、エネルギー量を約 4 割程度増加させることが可能であることが明らかになっ

た。これは遅い流速からでも起動し、発電をすることによって、より多くのエネルギーを獲得しているからである。

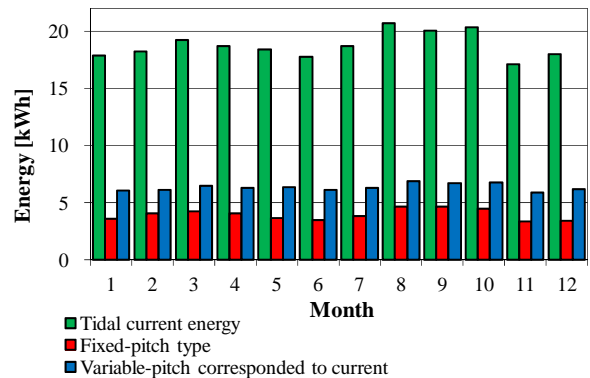


Figure.3 Comparison of take-off energy of fixed-pitch angle type and variable-pitch type for each month (per  $0.1\text{m}^2$ )

## 7. 結言

- $\gamma_0 = -30^\circ$  の設定の水車では、流速 0.5 [m/s] で起動することが可能であることを明らかにした。
- $\gamma_0 = -20^\circ$  の設定の水車では、流速 0.6, 0.8 [m/s] において水車パワー係数 0.4 を示すことが明らかとなった。
- 備讃瀬戸のような潮流発電には適さない海域において、流況対応型可変ピッチ翼水車では、固定ピッチ翼水車に対して、約 4 割程度エネルギー獲得量が増加する。

## 8. 謝辞

本研究は科学研究費補助金課題番号 23560975（代表：居駒）および、日本大学理工学部シンボリック・プロジェクト（海洋利用システム、代表：居駒）の一部として実施したことを付記し、両助成に感謝致します。また、本論文を作成するにあたり、協力して頂いた仲村泰徳氏（研究当時 日本大学大学院生）に深く感謝を申し上げます

## 9. 参考文献

- [1] 仲村泰徳, 居駒知樹: 可変ピッチ機構を導入した垂直軸型水車の高性能化に関する研究(その 1) 起動性能・駆動性能の評価, 平成 24 年度日本大学理工学部学術講演会集, No.J-22, 2012.
- [2] 中澤那世留, 居駒知樹: 可変ピッチ機構を導入した垂直軸型水車の高性能化に関する研究(その 2) 水車パワーの評価と水車の特性, 平成 24 年度日本大学理工学部学術講演会集, No.J-23, 2012.
- [3] 第 5 管区海上保安本部海洋情報部のホームページ: <http://www1.kaiho.mlit.go.jp>