

J-23

## 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

## A study on Improvement Performance of a VAT Marine Turbine Applied Variable-Pitch System

## (Part2) Evaluation Power of the Turbine and Its Characteristic

○中澤那世留<sup>1</sup>, 仲村泰徳<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 clarify a performance of a Vertical axis type marine turbine with variable pitch blade by experiments in a current channel. Torque performance, Power characteristics and Rotation performance can be obtained from forced rotation experiments by using the variable-pitch turbine model developed and a conventional type turbine. Thrust power acts on the variable-pitch turbine because of adopting Cycloidal system. It was also made clear in this study. Torque performance can be remarkably improved by adopting the variable pitch system comparing with a conventional type one.

## 1. 研究背景

その 1 により, 垂直軸型可変ピッチ翼水車の各初期取り付け角度の起動特性が明らかになり, 従来の垂直軸型水車と比べ機動性の向上が確認された。しかし, その駆動性能やトルク特性といった水車性能はまだ明らかにされていない。水車性能は, 水槽実験により, 水車の回転速度, トルク, パワー特性を把握する事により明らかにする。

## 2. 既存の研究

経塚ら<sup>1)</sup>は水槽実験と単一流管理論により, 動翼の断面形状, 翼枚数及び翼の取り付け角度について検討し, 3 枚翼の水車では断面形状は円弧翼で翼の取り付け角度は+5° が高性能であったと報告した。

## 3. 研究目的

本研究は, 水槽実験により垂直軸型可変ピッチ翼水車の水車性能を明らかにすることを目的とする。水槽実験は, 可変ピッチ翼の特性の評価を行うため強制回転試験を行う。

## 4. 実験方法

垂直軸型可変ピッチ翼水車の水車模型を用いた, 水槽実験により, 強制回転試験を行う。強制回転試験では, モーターにより強制的に水車を回転させ, 回転数におけるトルクを計測した。なお, 水槽実験で利用した水車模型の概要は, その 1 に示されているため割愛する。

## 5. 解析方法

周速比は, 水車の円運動の先端回転速度と流入流速の比として定義される。水槽実験により得られた回転数を(1), (2)式を用いて, 角速度  $\omega$  と周速比  $\lambda$  を算出する。

$$\omega = 2\pi n \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{\omega l}{U} = \frac{2\pi n l}{U} \quad (2)$$

水車の性能は, 水車パワー係数  $C_p$  (Power Coefficient) で評価出来る。水車パワー係数  $C_p$  は(3)式で表すことができる。なお, 式に記載されている変数については, その 1 を参照されたい。

$$C_p = \frac{\omega Q}{\frac{1}{2}\rho A U^3} \quad (3)$$

$\rho$ : 流体密度,  $A=D \times l_b$ : 受圧面積 (投影面積)

さらに理想的な水車が, 自然流から得られる最大水車パワー係数は  $\eta_{\max}=C_p=0.593$  とされている。この値はベッツ係数とも呼ばれており, 理論的最大水車効率である。

## 6. 実験結果

## 6-1. パワー特性

強制回転試験は,  $\gamma_0=-20^\circ, -30^\circ$  に翼制御の設定をした可変ピッチ翼水車と,  $\gamma=0^\circ$  で固定した垂直軸型水車のパワー特性の評価を行った。  $U=0.6\text{m/s}$  時の水車パワー係数の結果を Figure 1 に示す。この試験では制御した翼そのものの性能について検討を行って

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.

いる．垂直軸型水車では広範な周速比において  $C_p=0.2$  程度の結果である．そこで可変ピッチ機構を導入し， $\gamma_0=-20^\circ$ ， $-30^\circ$  に翼制御の設定をした可変ピッチ翼水車ではこれを上回る結果となった．

$\gamma_0=-20^\circ$  では  $\lambda=2.5$  付近で  $C_p$  が落ち込む．その原因として遷移レイノルズ数が考えられる．

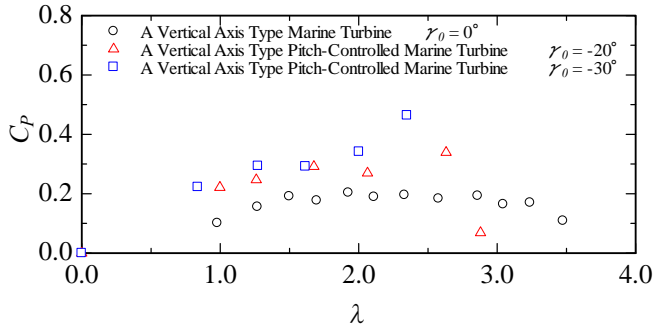


Figure 1. Power coefficient of 3 cases experimental results

### 6-2. スラスト力

本研究の可変機構は，フォイトシュナイダー推進機とサイクロイドプロペラを参考にしたものである．その為，水車が回転することによりスラスト力（推進力）が発生することが予想出来る．そこで，異なる翼制御の設定をした水車のスラスト力の向きや大きさを知ることは，水車設置方法に関してその影響を無視出来ないの非常に重要なことと言える． $U=0.0\text{m/s}$  時の強制回転試験の結果により，異なる翼制御の設定をした水車のスラスト力をベクトル線図で Figure 2 に示す．このベクトル線図はスラスト力の方向と大きさを，原点からのプロット点までのベクトルで示している．

この図から  $\gamma_0$  がマイナスの翼制御の設定の水車では，X 軸方向の流れに向かって（マイナス側）スラスト力が出ているのが分かる．この結果により，X 軸方向の流体力荷重を無視出来る場合があることが分かる．また，翼制御角度の大きい設定の水車程，Y 軸方向の+側にスラスト力が発生していることが分かる．

結果は記載していないが， $U=0.6\text{m/s}$  時の強制回転試験の結果により，一様流中のスラスト力について検討を行っている．この結果， $\gamma_0$  がマイナスの翼制御の設定の水車は回転数が少ない場合では，X 軸方向の流体力荷重の方が大きく，流れの方向（プラス側）にプロット点があった．しかし，回転数の増加に伴い，X 軸方向の流体力荷重があるにもかかわらず，流れの方向に向かって（マイナス側）プロット点が

あったことを付記しておく．

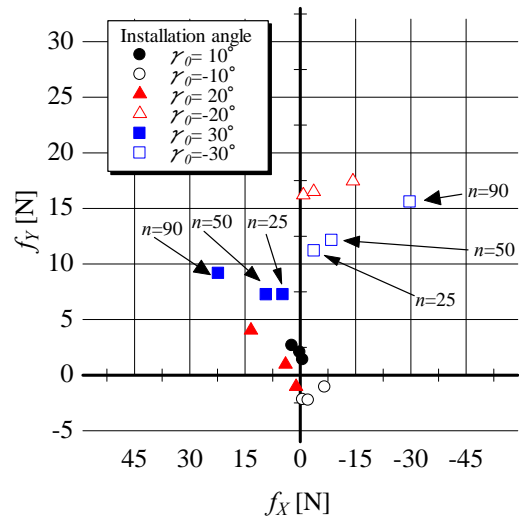


Figure 2. Vector locus of Thrust power every setting angle of blade

### 7. 結論

- ・可変ピッチ機構を導入することによる，水車のパワー性能の著しい向上が確認でき，可変ピッチ翼の有用性を示す事ができた．
- ・初期取り付け角度  $\gamma_0=-30^\circ$  は，水車の理論上最大パワー効率  $\eta_{\max}=C_p=0.593$  である，ベッツ係数に近い，高効率な翼制御である．
- ・初期取り付け角度  $\gamma_0=-10^\circ$ ， $-20^\circ$ ， $-30^\circ$  は，X 軸方向の流れと逆方向にスラスト力が働いている．この特性により，水車に働く流体荷重を軽減でき，設置海域や設置方法の幅広い検討が行える．

### 謝辞

その 1 に同じく，両助成に感謝申し上げますと共に，実験をするに当たり，お助言いただきました東京大学技術専門員鈴木博文氏に謝意を表します．

### 参考文献

- [1] 経塚雄策，尾川協一郎，若濱久敬：潮流発電用ダリウス形水車の流体力特性について，日本船舶海洋工学会講演論文集，第 4 号，pp.39-45，2006．
- [2] 木方靖二，塩野光弘：来島海峡におけるダリウス形水車による潮流発電，電気学会論文誌 D，Vol.112-D，No.6，pp.530-538，1992．
- [3] 塩野光弘，鈴木勝行，木方靖二：潮流発電に用いるダリウス形水車におけるブレードの違いによる水車特性の比較，電気学会論文誌 B，Vol.123-B，No.1，pp.76-82，2003