

J-54

ダリウス水車の翼厚が水車性能に及ぼす影響に関する基礎的研究

A Fundamental study on Influence of Wing Thickness to Driving Performance of a Darrieus Marine Turbine

○仲村泰徳¹, 増田光一², 居駒知樹³

*Yasunori Nakamura¹, Koichi Masuda² and Tomoki Ikoma³

Abstract: This paper investigates influence of wing thickness given to driving performance of darrieus marine turbines. Five one that the wing thickness was changed is made, and the marine turbine efficiency of each marine turbine at flow velocity 0.6m/sec is investigated. The darrieus marine turbine is vertical three blades. A straight line wing of NACA63₃-018 is applied. The wing is made a circular arc wing in CFD calculations. A circular arc wing has circular arc mean line matching the rotation locus of the turbine, as based on NACA63₃-018. Marine turbines with five of 16, 18, 20, 22, and 24% in the ratio of the maximum wing thickness is calculated. It is understood that the marine turbine efficiency decreases when thickening it too much though it is assumed that the start performance goes up when the wing thickness is thickened.

1. 緒言

海流・潮流を利用した発電システムの一つとしてダリウス水車がある。この水車の問題点として起動トルクが小さく自起動しないことが挙げられる。この問題に対して、ダリウス型風車では翼厚を厚くすることで起動性能が高くなるとされているが^[1]が、水車では詳細が解明されていないので、翼厚を変化させた場合における、水車性能の詳細を解明することを目的とする。

2. 研究方法

CFD 計算を適用して検討を行う。CFD 計算には汎用熱流体解析ソフト FLOW-3D[®]を使用する。

2. 1 水車モデル

直径 $D=0.3\text{m}$, ブレード長さ $d=0.3\text{m}$, 翼弦長 $C=0.0767\text{m}$ の翼枚数 $n=3$ 枚のダリウス水車モデルを Fig. 1 に示す。翼は NACA63₃-018 を円弧翼にして使用する。ソリディティは $\sigma=0.244$ である。ソリディティ σ は「翼の回転面積に対する全翼面積の比」と定義され、(1) 式で定義できる^[4]。翼の材質はアルミニウムとする。NACA63₃-018 の 6 桁の数字の意味を Table 1 に示す。計算に用いる翼厚を Table 2 に示す。

$$\sigma = \frac{nC}{\pi D} \quad (1)$$

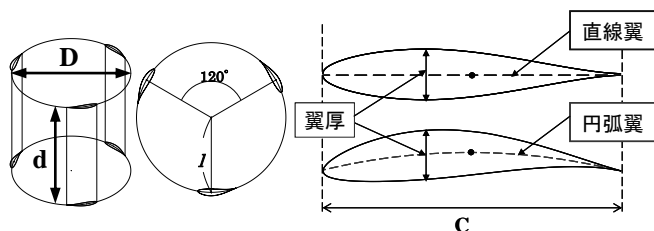


Fig. 1 Outline of Water turbine model

Table 1. Parameter of NACA63₃-018

6	NACAの6桁方式による翼型系列を示す
3	最少圧力点を示す(前縁から値を10倍した距離%)
3	設計揚力係数を中心として層流を保ち小さい抵抗係数を持つことを示す(値に±0.1を掛けた数値)
0	設計揚力係数の1/10を示す
18	最大翼厚比を示す

Table 2. Type of wing thickness(%)

Type	Proportion of maximum wing thickness(%)
type a	16
type b	18
type c	20
type d	22
type e	24

*今後、最大翼厚比 16% を type a, 18% を type b, 20% を type c, 22% を type d, 24% を type e と定義する。

2. 2 CFD 計算概要

水車に一樣流を 5 秒間与え、type a~e の水車性能の計算を行う。水車に抵抗係数 $C_r = 0.1$ を加える。計算内容を Table 3 に示す。計算領域は Fig. 2 に示す。

翼の密度はアルミニウム ($\rho=2700\text{kg/m}^3$), 流体は水 ($\rho=1000\text{kg/m}^3$) とする。

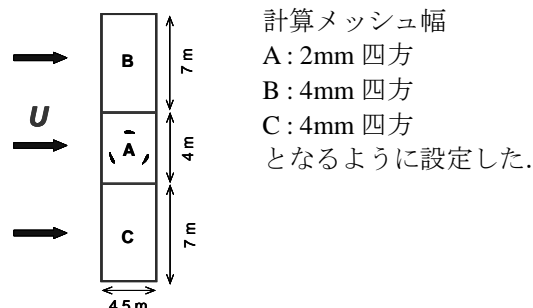


Fig. 2 Outline of CFD calculation

Table 3. Measurement description in CFD calculation

Flow velocity : U	Type of wing
$U=0.2 \sim 0.6 \text{ m/sec}$ (every 0.2 m/sec)	type a ~ e

*1 : 日本大学理工学部海洋建築工学科 大学生

*2 : 日本大学理工学部海洋建築工学科 教授・工博

*3 : 日本大学理工学部海洋建築工学科 専任講師・博士 (工学)

University Student, CST/Nihon Univ.

Professor, CST/Univ., Dr. Eng.

Assistant Professor, CST/Univ., Dr. Eng.

3. 計算結果及び考察

type a~e のダリウス水車の回転数, トルク値 Q , 流体力 (Inline 荷重 F_x , Cross-flow 荷重 F_y) および水車効率を Table 4 および Fig. 3~Fig. 6 に示す.

トルク値 Q は $0.5\rho AU^2$ で除し, 流体力 F_x, F_y は $0.5\rho A_p U^2$ で除し無次元化した. 水車効率 η は流体の運動エネルギー P , 水車出力係数 C_p および水車軸出力 P_t から評価でき, (2) ~ (5) 式からなる.

A : 翼の掃過面積, l : 半径, A_p : 翼断面積, ω : 角速度

$$P = \frac{1}{2} \rho AU^3 \quad (2) \quad C_p = \frac{\omega Q}{0.5\rho AU^3} \quad (3)$$

$$P_t = 0.5\rho AU^3 C_p \quad (4) \quad \eta = \frac{P_t}{P} = C_p \quad (5)$$

この結果より流速 0.2, 0.4m/sec 時は type b より翼厚が厚い翼が良い水車効率を示している. type c は他の水車と比較して良い水車性能を示しているとは言えない. このことに対し, 与えた流速が type c の翼厚に適していないのではないかと考える.

Table 4. Number of rotations

Type of wing	Rotation number(rpm)		
	Flow velocity U (m/sec)		
	0.2	0.4	0.6
type a	0.5	1.4	2.0
type b	0.7	1.5	6.2
type c	0.7	1.4	2.0
type d	0.7	1.6	2.2
type e	0.7	1.4	2.3

*1 回転を 1.0 とする.

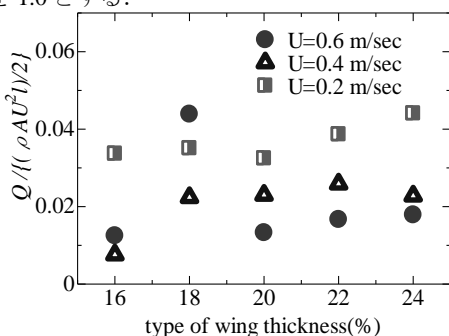


Fig. 3 Torque coefficients every type of wing thickness

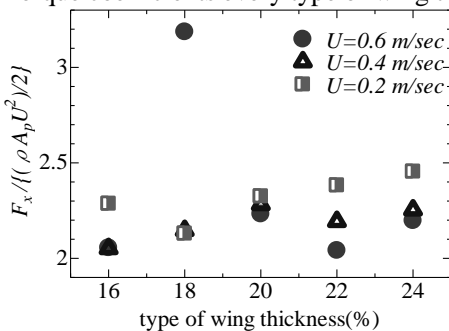


Fig. 4 Inline forces every type of wing thickness

4. 結言

流速 0.2~0.4m/sec 時の水車効率が翼厚の厚い翼が良い結果となったことから, 既存の研究^[1]のダリウス型風車と似た傾向が確認できた.

可変ピッチ方式などを取り入れることで起動性を向上させようと研究が進められているなか, 実海域に設置することを考えた際に, ダリウス水車と可変ピッチ方式を比較するとダリウス水車の水車効率は低い^[3], 設置海域の低流速域に合わせた翼厚の水車を設置することで, 低流速時でも回転し続けることができる. また, 可変ピッチ方式より低コストのため設置の容易さから, 水車効率の低さを補えるのではないかと考える.

参考文献

- [1] 鎌田翔, 飯島敏雄, 円能寺久行: 「直線翼垂直軸型風車用翼型の空力性能に及ぼす翼厚と曲率の効果」, 日本機械学会流体工学部門講演会講演概要集, 2005
- [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] 藤尾慎太郎: 「可変ピッチ式垂直翼水車の性能評価に関する研究」, 日本大学修士論文, 2009
- [4] 牛山泉: 「風力エネルギーの基礎」, 株式会社オーム社, 2005
- [5] 社団法人, 日本海洋開発建設協会, 海洋工事技術委員会: 「21 世紀の海洋エネルギー開発技術」, 山海堂, 2006

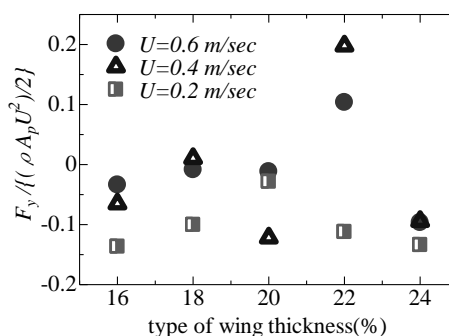


Fig. 5 Cross-flow forces every type of wing thickness

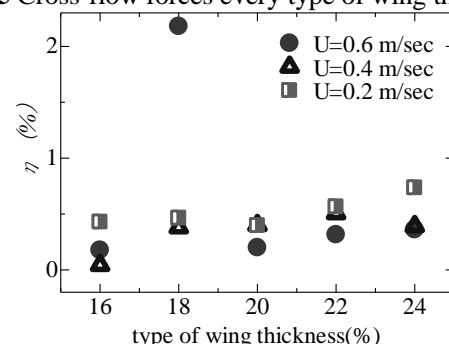


Fig. 6 Marine turbines efficiency every type of wing thickness