

双方向流用の空気衝動タービンの潮流発電への適用に関する研究

木上 洋一^{*1}, 塩見 憲正^{*1}, 高尾 学^{*2}, 永田 修一^{*3},
今井 康貴^{*3}, 村上 天元^{*3}, 津上 由起夫^{*4}, 藤井 基史^{*4}

Application of Impulse Air Turbine for Bi-Directional Flow to Tidal Energy Conversion

Yoichi KINOUE^{*1}, Norimasa SHIOMI^{*1}, Manabu TAKAO^{*2}, Shuichi NAGATA^{*3}, Yasutaka IMAI^{*3},
Tengen MURAKAMI^{*3}, Yukio TSUGAMI^{*4}, and Motoshi FUJII^{*4}

^{*1}Department of Mechanical Engineering, Saga University, 1, Honjo, Saga, 840-8502, Japan

^{*2}Department of Mechanical Engineering, Matsue National College of Technology, 14-4, Nishiikuma, Matsue, Shimane, 690-8518, Japan^{*1}

^{*3}Institute of Ocean Energy, Saga University, 1, Honjo, Saga, 840-8502, Japan

^{*4}Initial Design Department, Namura Shipbuilding Co. Ltd., 5-1, Shioya, Kurogawa, Imari-shi, Saga, 848-0121, Japan

Abstract

The bi-directional impulse turbine and the bi-directional diffuser for tidal energy conversion is investigated in this paper. The bi-directional impulse turbine with fixed guide vanes is adopted because the turbine has a large efficiency and an advantage of maintenance. The turbine characteristics is obtained experimentally by the air turbine test rig. As a bi-directional diffuser suitable for the bi-directional impulse turbine, the diffuser geometry is proposed, which has a simple cone geometry. The combination system of the impulse turbine and the diffuser is investigated experimentally by using the water tunnel at IOES. This system is proved to produce the power by a tidal flow experimentally.

Key words : Tidal energy conversion, Bi-directional flow, Impulse turbine, Diffuser, Water tunnel experiment

1. 緒 言

再生可能エネルギーの供給元として、海洋は大きな可能性を有している。海洋エネルギーとしては波浪、潮汐、海流・潮流、海洋温度差、洋上風力、塩分濃度差等のエネルギーがあるが、本研究では潮流エネルギーを対象とする。潮流の変動は規則正しく起こる往復流であるので長期にわたって予測可能であり、比較的信頼性の高いエネルギーといえる。

潮流による発電を考える場合、実用性を高めるために集流が効果的である。本研究では、風力タービンで導入例があるディフューザーによる集流(Ohya et al., 2001)を行うことについて、数値解析により検討した。また発電に用いる往復流型タービンについては、波力発電用に開発された固定案内羽根を有する往復流型衝動タービン(空気タービン) (Setoguchi et al., 2000) を水用に適用した。

2. 実験装置と方法

潮流タービン試験装置(図1)は、全長約2.5m、幅1.0m、水深0.7mの回流水槽内観測部に設置し、上流側の流速を一定に保ち、タービン(ケーシング直径 $D=170\text{mm}$)の回転速度を15rpm~80rpmの範囲で段階的に変更し

原稿受付 2015年8月31日

^{*1} 所属機関 (〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地 佐賀大学大学院工学系研究科機械システム工学専攻)

^{*2} 所属機関 (〒690-8518 島根県松江西市生馬町14-4 松江工業高等専門学校機械工学科)

^{*3} 所属機関 (〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地 佐賀大学海洋エネルギー研究センター)

^{*4} 所属機関 (〒848-0121 佐賀県伊万里市黒川町塩屋5-1 株式会社名村造船所船舶海洋事業部基本設計部)

E-mail of corresponding author: kinoue@me.saga-u.ac.jp

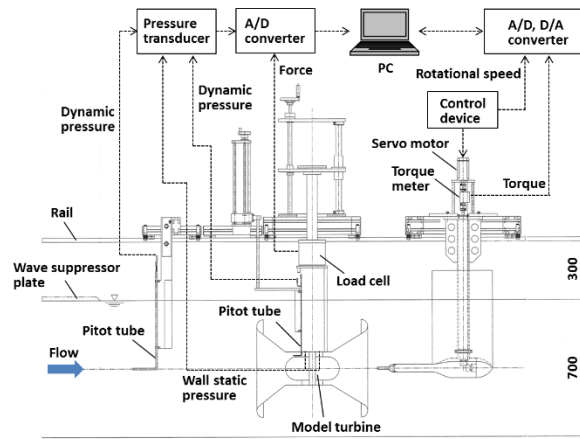


Fig. 1 Test rig for water turbine and diffuser.

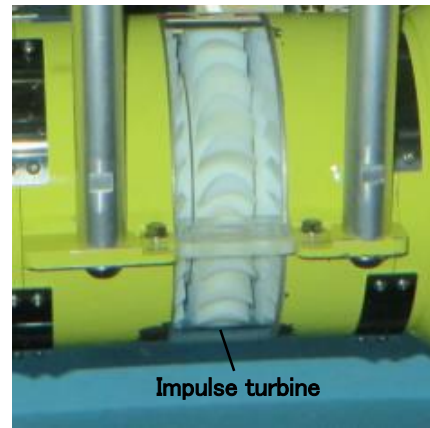
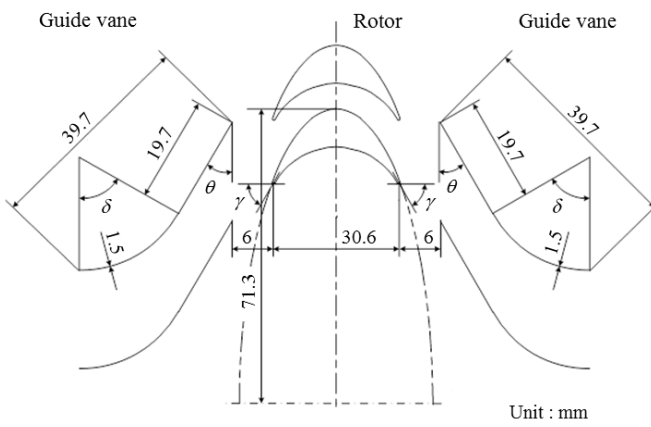
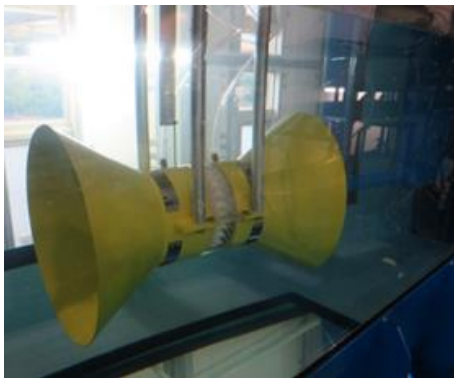


Fig. 2 Impulse turbine for water flow.



(a) Diffuser I



(b) Diffuser II

Fig. 3 Two types of bi-directional diffuser.

て実験を行った。本回流水槽は2インペラ方式垂直循環型回流水槽で、表面流加速装置、気泡除去装置および制波板を有し、0.1m/s~1.5m/sの範囲で流速を設定できる。但し、本実験では、潮流タービン装置入口の軸流速度 v を別途用意したピトー管を用い、ロータ回転中心面から1m上流側、水底から0.35m上の位置で計測した。また、実験では、タービン前後の壁面静圧差 Δp 、タービンに加わる軸方向の力 F_a 、出力トルク T およびタービン角速度 ω を測定した。所定のタービン回転数毎の計測時間は1分間で、サンプリング周波数は20Hzである。タービン案内羽根入口の軸流速度 v_a はロータ回転中心面から95mm上流側のスパン中央で測定し、タービン前後の壁面静圧はロータ回転中心面から60mm上流側および60mm下流側で計測した。上流・下流の壁面静圧測定位置における流路面積は同じである。なお、軸方向の力 F_a の計測に際して、タービン軸とACサーボモータ軸のカップリングおよび案内羽根入口に設置したピトー管の治具にはスラスト方向に前後できる可動部を設けて、軸方向の力 F_a がタービン部以外に働かないようにしてある。

衝動タービンには、空気用に開発された固定案内羽根付き衝動タービンの縮尺モデルを水用として適用した。供試ロータ(図2)は、翼先端直径169.4mm、翼先端隙間0.3mm、ハブ直径 $D_h = 119\text{mm}$ 、入口(出口)角 $\gamma = 50\text{deg}$ 、翼枚数24枚である。また、ロータ前後には設定角 $\theta = 37.5\text{deg}$ 、厚さ1.5mm、羽根枚数26枚の固定案内羽根を配置してある。

また図3に2通りの双方向流型ディフューザーを示す。ディフューザーIは傾き31度で最大半径が2.2Rであり、ディフューザーIIは傾き45度で最大半径が3.0Rである。

3. 実験結果と考察

3.1 性能評価の方法

潮流タービンの性能は、以下に示す式(1)~(6)により評価する。

$$\text{流量係数} \quad \phi = v_a/u \quad (1)$$

$$\text{流速の比} \quad v_a/v \quad (2)$$

$$\text{軸力係数} \quad C_f = F_a / (\rho u^2 A/2) \quad (3)$$

$$\text{圧力降下係数} \quad \psi = \Delta p / (\rho u^2/2) \quad (4)$$

$$\text{軸動力係数} \quad \tau = T\omega / (\rho u^3 A/2) \quad (5)$$

$$\text{効率} \quad \eta = T\omega / (\Delta p Q) = \tau / (\phi\psi) \quad (6)$$

ここに、 A : 流路面積 $\{= \pi D^2(1-v^2)/4 = 0.0116\text{m}^2\}$ 、 R : ケーシング半径 $(= D/2 = 0.085\text{m})$ 、 u : 翼先端における周速度 $(= R\omega)$ 、 v : ハブ比 $(= D_h/D = 0.7)$ 、 ρ : 水の密度 $(= 1000\text{kg/m}^3)$ である。なお、ケーシングと翼先端との隙間が狭いため、翼先端における周速度 u の計算にはケーシング半径 R を用いた。

3.2 実験結果

図4に流速の比、図5に軸力係数、図6に圧力降下係数、図7に軸動力係数および図8に効率の実験結果をそれぞれ示す。また一点鎖線で空気タービンの実験結果を示す。

図4と図5より、最大半径の大きいディフューザーIIの方が、内部への集流効果が大きく、軸方向に受ける抵抗力が大きいことがわかる。また図6~図8より、波力発電用空気衝動タービンと潮流発電用水衝動タービンとで、相似則がほぼ成立していることがわかる。

本実験結果より、固定案内羽根付き衝動タービンと双方向ディフューザーの組み合わせシステムを用いて、潮流発電を行うことは十分可能であるが、実用性を高めるため、性能改善を継続することが必要である。

4. 結 言

(1) 固定案内羽根付き衝動タービンと双方向ディフューザーの組み合わせシステムを用いて、潮流発電を行うことは十分可能である。

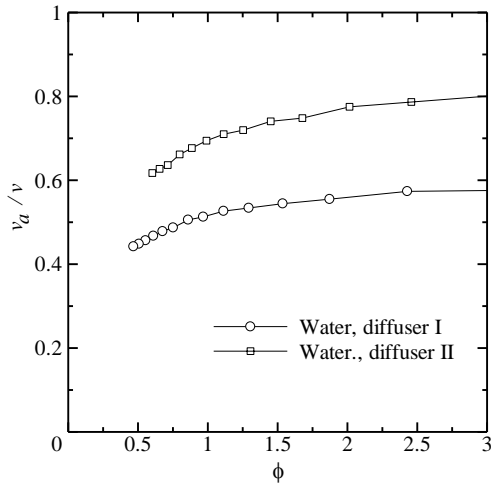


Fig. 4 Velocity ratio

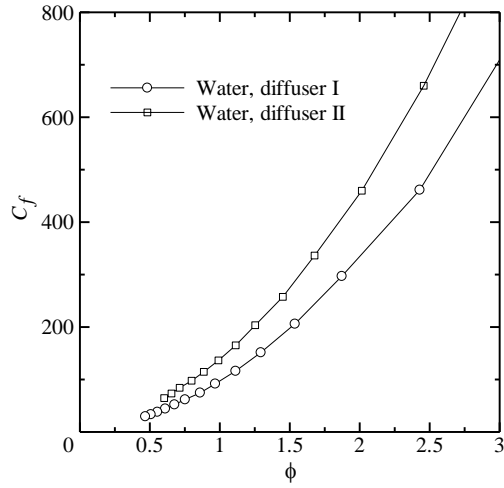


Fig. 5 Axial force coefficient

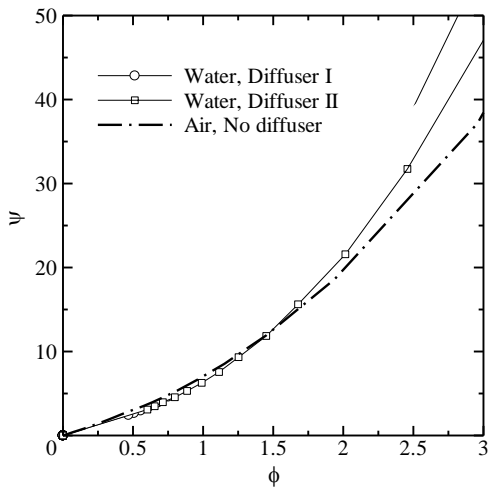


Fig. 6 Pressure drop coefficient

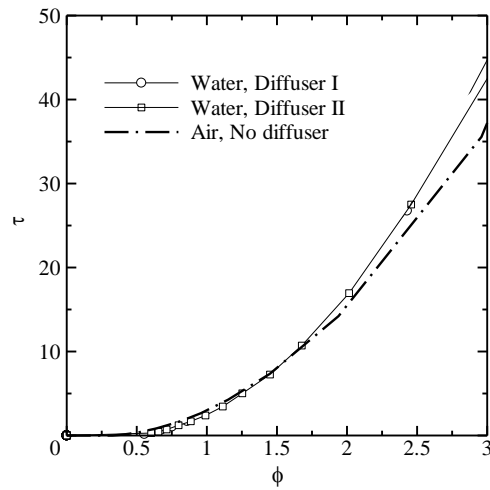


Fig. 7 Torque coefficient

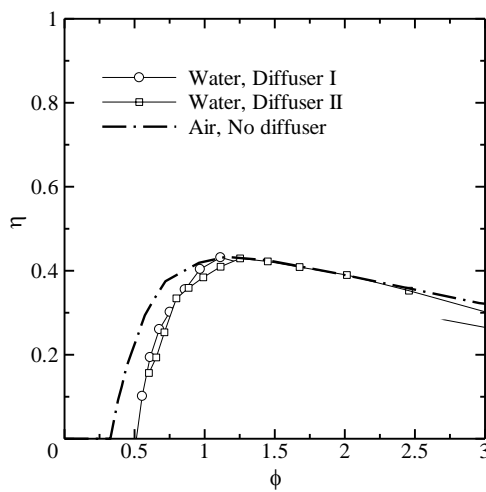


Fig. 8 Efficiency

(2) ディフューザーの最大半径が大きいと集流効果が大き一方、軸方向の抵抗力が増すので、最適な形状を見いだすことが必要である。

謝 辞

この研究は平成 26 年度佐賀県再生エネルギー等導入促進事業として実施されました。ここに記して感謝申し上げます。

文 献

- Ohya, Y., Karasudani, T., Sakurai, A., and Inoue, M., Development of High-Performance Wind Turbine System by Wind-Lens Effect (Locally Concentrated Wind Energy), Proceeding of the 23th Symposium for Techniques Utilizing Wind Energy, 2001, pp. 76-79 (in Japanese).
- Setoguchi, T., Takao, M., Kinoue, Y., Kaneko, Santhakumar, S., and Inoue, M., Study on an Impulse Turbine for Wave Energy Conversion, International Journal of Offshore and Polar Engineering, Vol. 10, No. 2 (2000), pp. 145-152.