

令和元年6月14日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04599

研究課題名(和文) 吊り下げ式垂直軸型潮流タービンの開発

研究課題名(英文) Development of the hanging type vertical axis tidal current turbine

研究代表者

秋元 博路 (Akimoto, Hiromichi)

大阪大学・工学研究科・特任教授(常勤)

研究者番号：20283971

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,380,000円

研究成果の概要(和文)：従来の潮流・海流タービンは、電気機械部を海中に沈めて固定するため、防水、保守、潮流に耐える巨大な支持構造などが経済性を減じてしまう。これを解決するため、垂直軸型タービンを回転軸上端で吊り下げ、防水が要らない水面上に発電機を置く。流れの強さに応じて傾斜を許容する事で支持構造を大幅に削減する。本提案について水槽実験、海上実験、流体数値シミュレーションによる解析を実施し、その実現性を確認した。海上曳航実験では制御の不具合のため短時間出力ではあるが所定の性能が得られた。海上係留実験は、港内での実施のため十分な潮流速度が得られなかったが、海上での遠隔制御・監視・計測の方法が確立できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

潮流タービンは、流れが速く漁業に不向きな場所に設置され、風車よりも小型で大出力の装置となる。また潮流の変化は規則的であるため、送電会社が接続拒否の理由とする不規則な出力変動を含まないため系統接続が容易である。

本研究は、この種の装置の経済性を飛躍的に高めるため、装置を単純化し、電気機械部を防水措置の要らない水面上に配置する、流れに応じて傾斜を許容して高コストな支持構造を減らす事を提案し、その実現可能性を実験と数値シミュレーションにより確認した。

これらは、海洋再生可能エネルギー利用の経済性を高める事で社会に貢献する。

研究成果の概要(英文)：Conventional marine current turbines require submerged electro mechanics and a huge support structure to keep the device in the strong tidal current. They deteriorate the economic performance of the system.

To solve these problems, the author propose a vertical axis water turbine supported at the upper end of its rotational shaft. Its electro mechanics are installed above the water surface at the upper end of the shaft. The turbine tilts according to water current speed so that the support structure will be significantly reduced.

Feasibility study of the proposal was conducted by the methods of water tank test, sea trial and computational fluid dynamics. In a towing sea trial, the turbine output the design power though it was not continuous due to a failure of control system. Unfortunately, its mooring test was unsuccessful for the insufficient current speed of the site. However, the attempt provided know-hows of the remote control and measurement of the floating turbine system.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：潮流タービン 海流タービン 垂直軸型タービン 吊り下げ型 傾斜 浮遊軸型潮流タービン

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

潮流タービンによる発電は、空気よりも密度が 1000 倍近く高い海水の流れを使うため、小型でも高出力の発電装置となる。また出力変動が月の運行に従って予測可能であるため、系統連携が容易である事が魅力である。しかし、これが本格的な商用化にいたらない理由として、海水に浸ける電気機械は製造と保守の費用が高い事、水流から大きな力を受けるため支持構造が大きくなり、流体力学的にも経済的にも不利になってしまう事が挙げられる。このような問題を解決するため、発電機を海面上に配置でき、水流の力に応じた傾斜を許容できる垂直軸型タービンを潮流発電に使用する事を検討する。

垂直軸型タービンは、回転軸を水面上まで延長すれば、発電機を完全防水が必要とならない高さに搭載できる。また流れに対して傾いても性能が落ちにくい事から、回転軸上端で吊り下げ支持とする事で支持構造を大幅に削減する。

2. 研究の目的

従来の潮流タービンの考え方の多くは、多くは水平軸型タービンを海中に沈め、強固に海底に固定するものである。このため、本提案のように傾斜動揺を許容するルーズな設置は新しい発想である。そこで、吊り下げ方式の係留および発電機構造の検討や、傾斜したタービンの実験や数値解析による性能評価を行い、本コンセプトの実現可能性と経済性を示す。

3. 研究の方法

本研究は、水槽曳航実験、海上実験、流体数値シミュレーションを用いて行った。揚力型の垂直軸型タービンは、小型機(低 Reynolds 数)では性能を発揮しにくいと、予算内で大型のタービンモデルを製作するべく、ラジコンヘリコプターのブレード等を流用してモデルを製作した。海上実験は、本研究の採択後に始まった産学連携により、1kW 級のタービンを製作し、海上曳航実験と係留実験を実施した。

数値流体シミュレーションは、Unsteady Reynolds Averaged Navier-Stokes (URaNS) 法および Vortex Line 法を用いた。垂直軸型タービンまわりの流れは本質的に非定常であり、タービン傾斜も考慮すると 3 次元計算とならざるを得ない。URaNS 計算は、オープンソースの OpenFOAM と市販ソフトの StarCCM を検討した。Vortex Line 法には、オープンソースの QBlade を使用した。

4. 研究成果

水槽曳航実験用のタービンモデルは、直径 400mm、高さ 1600mm のローターの回転軸上端を浮体で支える設計である。垂直軸型タービンの回転シャフトは浮体下部を貫通するが、回転シャフトを支える軸受、増速機、発電機は全て水面よりも上にあるため完全防水を必要としていない。水流によるスラストを受けても傾斜を適正な範囲内に維持するため、回転シャフトの下端にバラスト重りを搭載した。

模型実験は、このサイズではまだ粘性が強く影響してトルクが小さく、発電機を駆動しながらの回転は困難である事が判った。ただし、バケットの後付けにより、タービンを揚力型から抗力型に改造する事で、支持方法は特に問題が無い事を確認している。

当初は、同じタービンの海上曳航実験を考えていたが、別の産学連携プロジェクトにより 1kW 級タービンを製作し海上曳航実験を行った。このタービンは、直径 800mm、高さ 2500mm であり、この実験では約 800W の短時間出力を確認できた。ただし、出力電流を吸収するに十分なバッテリーを用意できていなかったため、充電コントローラーのバッテリー保護機能により、定常出力を維持できなかった。

本研究の 3 年目(最終年度)の実験では、この上記タービンを借用して佐賀県呼子港内に係留する実験を行った。本来は、潮流が期待できる港外に設置する事が望ましいが、実験機のサイズと予算を考慮して港内への設置である。交通の邪魔にならない岸寄りであるため十分な潮流速度が得られなかったが、係留方法や遠隔での制御・計測・監視方法について重要な知見が得られた。

数値シミュレーションによる解析は、RaNS 計算をクラウド上の計算用サーバーで開始したが、並列計算による速度向上が期待よりも小さかったため、研究協力者 原(鳥取大学)の計算機に切替え、垂直軸型タービンの傾斜影響およびブレード支持アームの影響評価を行った。本研究の対象は潮流タービンであるが、流体力学的な面は、垂直軸型の風車と共通である。

ブレード支持アームは、それ自体の抵抗による損失だけでなく、ブレード本体の渦放出タイミングを早める事で、タービン性能を大きく低下させうる事が示された。また傾斜した垂直軸型タービンのまわりの流れの特徴が把握できた。

RaNS 計算は詳細な流場情報を提供するが計算時間が長いため、用途に応じて Vortex Line 法による解析を併用した。この計算には、オープンソースの風車シミュレーターである QBlade を用いている。この解析では、傾斜時の性能低下は、垂直軸型タービンの方が水平軸型よりも小さい事を確認した。

提案している吊り下げ式の潮流タービンは、従来の考え方よりも単純な構造となり、電気機械部を完全防水にする必要がない。また傾斜しても性能が落ちにくい垂直軸型タービンの特性を活かして、タービンを直立に保つ事を止め、支持構造を削減する。個々の単純なアイデアの組み合わせにより、ローテクでローコストの潮流発電装置を構成できる事が確認できた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

1. Y. Hara, N. Horita, S. Yoshida, H. Akimoto, T. Sumi, "Numerical Analysis of Effects of Arms with Different Cross-Sections on Straight-Bladed Vertical Axis Wind Turbine", *Energies*, Vol. 12, No. 11, 2019.

[学会発表] (計 7 件)

1. Hiromichi Akimoto, Kazuhiro Iijima, Yutaka Hara, "Prediction of the Flow around a Floating Axis Marine Current Turbine", *Techno-Ocean 2016*, Kobe Convention Center, 2016.
2. 秋元博路, "浮体式垂直軸型風車および潮流タービンのための浮遊軸型発電機構", 自動制御連合講演会, 2016.
3. 原豊, 堀田直希, 秋元博路, 住隆博, 吉田茂雄, "垂直軸風車のアーム抵抗に関する数値解析", 機械学会年次大会, 2017.
4. 山下まりこ, 秋元博路, "傾斜を許容した垂直軸型潮流タービンの性能予測", 日本船舶海洋工学会春季講演会講演論文集, No. 24, pp. 745-747, 2017.
5. 堀田直希, 原豊, 吉田茂雄, 秋元博路, 住隆博, "直線翼垂直軸風車のブレードとアームの粘性摩擦分布に関する数値解析", 機械学会年次大会, 2018.
6. Hiromichi Akimoto, Hidetaka Senga, Yasutaka Imai, Yutaka Hara, "Towing experiments of the flexibly supported vertical axis tidal current turbine", *Grand Renewable Energy 2018*, Tokyo, 2018.
7. 梅本宙輝, 千賀英敬, 秋元博路, "数値シミュレーションによる垂直軸型潮流発電機タービンの性能評価", 船舶海洋工学会春季講演会, 2019.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：

国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名： 千賀英敬

ローマ字氏名： Hidetaka SENGA

研究協力者氏名： 原 豊

ローマ字氏名： Yutaka HARA

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。