

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04942

研究課題名(和文) 浮体型波力発電装置のハイブリッド発電シミュレーションに関する研究

研究課題名(英文) Simulation of Hybrid Power Generation for Floating Wave Energy Converters

研究代表者

今井 康貴 (IMAI, YASUTAKA)

佐賀大学・海洋エネルギー研究所・准教授

研究者番号：90284231

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：小さい波パワーから大きな波パワーまで発電可能なクロスフロー風車発電システムをBBDBに搭載し発電性能を評価した。水槽実験で波浪中発電実験により以下を明らかにした。直線翼と円弧翼をもつクロスフロー風車3種類の定常流中における風車単体の動力変換性能を調べた。円弧翼が最も効率を示した。円弧翼と直線翼では動力変換効率の最高値はほぼ同じであるが、円弧翼は直線翼より高効率となる流速帯域が大きいことを示した。また、直径300mm、450mm、600mmの円弧翼風車とBBDBを組み合わせて波浪発電実験を実施した。直径450mm風車、入射波波長 / 全長 $L=3.0$ の場合に、最大発電効率14%を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

浮体式波力発電装置は波力発電装置を船に搭載して沿岸に係留するものであり、防波堤に固定するための工事が不要である。また、防波堤に余計な改造や外力負荷を発生させない。土木規則面から見れば今後大規模導入に有望な方法である。本研究で開発した形式は波資源の季節変動、モータリング用の電力が確保できない災害時などにおいても対応可能な浮体型波力発電装置であり、今後の波力発電の利活用に資するものである。

研究成果の概要(英文)：A cross-flow wind turbine generation system capable of generating power from small to large wave was installed in a BBDB and its performance was evaluated. The following results were obtained through experiments in waves in a water tank. The power conversion performance of three types of cross-flow wind turbines with straight blades and circular arc blades were investigated in steady flow. The arc blade showed the highest efficiency. The highest values of power conversion efficiency were almost the same for the arc and straight blades, but the arc blade showed a larger velocity band for higher efficiency than the straight blade. Wave power generation experiments were also conducted using 300mm, 450mm, and 600mm diameter arc-blade wind turbines in combination with BBDBs. The maximum power generation efficiency of 14% was obtained for a 450mm-diameter wind turbine with an incident wavelength of /total length $L=3.0$.

研究分野：波力発電

キーワード：波力発電 後ろ曲げダクトツイ クロスフロー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

浮体式波力発電装置は波力発電装置を船に搭載して沿岸に係留するものであり、防波堤に固定するための工事が不要である。また、防波堤に余計な改造や外力負荷を発生させない。土木規則面から見れば今後大規模導入に有望な方法である。佐賀大学はこれまで浮体式波力発電装置「後ろ曲げダウトブイ (Backward Bent Duct Buoy: BBDB)」の動力変換の性能向上を研究してきた(図1)。主に船体形状や重心が波パワーから空気パワーへの変換効率に与える影響を数値計算や水槽実験で調査してきた。

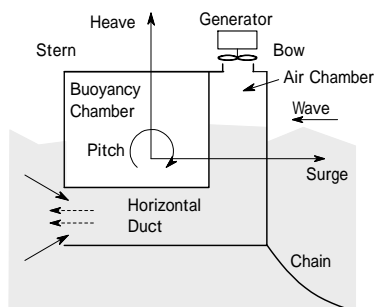


図1 浮体式波力発電装置「後ろ曲げダウトブイ (BBDB)」概念図

今後実際の海洋試験を行うにあたり、以下の問題を解決する必要がある。

- 1) 波資源に季節変動があるため、これらに対応する必要がある。九州北部では夏季は静穏海象が多い一方、冬季は強風により波高が大きく、波周期が長い。季節変動があるため、一念を通じて発電するためには、これらに対応する発電システムを開発する必要がある。
- 2) 災害時や小型船舶の沖合発電などはモータリング用の電力が確保できないため、これらの場合においても発電可能な浮体型波力発電装置を開発する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では上記の問題を解決するために垂直軸型風車を搭載した浮体型波力発電装置 (BBDB) の開発を行うとともに水槽実験で電力変換実験を実施し動力変換過程を調査する。海洋波は季節変動があることから、低周速比から自己起動可能な垂直軸型を採用した。サボニウス型やクロスフロー型を採用した。垂直軸型風車で水平軸型風車と異なり大重量の発電機を船底近くに設置でき、波浪中の安定性も向上する利点がある。ただし、BBDB と風車形式や寸法、動力変換過程の関係は明らかではないため、数値計算や水槽実験で動力変換過程を調査する。

3. 研究の方法

3.1 風車形式と単独性能試験

本研究で調査した発電形式を図2に示す。風車は低周速比、簡単な構造、大起動トルク、波浪中船体運動の安全面からサボニウス型とクロスフロー型の2種類を選択した。サボニウス風車の概要を図3に示す。羽根枚数2枚、直径300mm、オーバーラップ比0.2、ギャップは0とした。Aは羽根の直径、Bはオーバーラップ比、Cはギャップ値を示す。オーバーラップ比とは、中心側の円弧端と円弧端の距離Bである。クロスフロー風車(直線翼)の概要を図4に示す。翼枚数は12枚、タービン直径D1は300mmD、2は内径の直径、aは翼の間隔角度、bは翼取付角を示している。先行研究にならひ D2/D1=0.7、a=30°、b=45°とした。クロスフロー風車(円弧翼)はタービン直径D1=300mm、450mm、600mmの3種類を製作した。直線翼と同じ翼枚数、間隔角度、翼取付角とした。中心反り線は半径(1/5)の円弧とした(図5)。

図6に同一直径(D1=300mm)におけるタービン形状効率を示す。横軸は流量係数、縦軸は効率である。流量係数は流路断面平均流速に対するチップ周速度である。効率はダクトから出る空気パワーに対するタービンパワー(トルクとロータ角速度の積)である。最大効率を示したクロスフロー円弧翼を採用した。

図7にクロスフロー円弧翼の効率に対する直径影響を示す直径D1=300mm、450mm、600mmの3種類の効率を計測した。水槽実験の空気流量範囲ではD1=450mmが最も高い効率を示した。

3.2 波浪中発電試験

佐賀大学海洋エネルギー研究所の二次元水路で波浪中発電実験を行った。図8に水槽実験配置図を示す。水路は全長14m、幅0.8m、水深1mである。水槽片端に設置した造波機で造波し、反対側の消波ブロックで波を吸収する。BBDBモデルを水槽中央に係留した。

入射波波長とBBDBの全長Lの比 $L/\lambda=1.5\sim 3.5$ において動力変換効率を計測した。図9に

タービン取付前の波パワーに対する空気パワーの比（一次変換効率）を示す．最大の一次変換効率は $\lambda=3.0$ において 0.5 を示した．

図 10 に波パワーに対する電力パワーの比（発電効率）を示す．発電効率は直径 $D=450\text{mm}$ ， $\lambda=3.0$ において 0.14 を示した．

4．研究成果

小さい波パワーから大きな波パワーまで発電可能なクロスフロー風車発電システムを BBDB に搭載し発電性能を評価した．水槽実験で波浪中発電実験により以下を明らかにした．

風車単体の動力変換性能：直線翼と円弧翼をもつクロスフロー風車 3 種類の定常流中における動力変換性能を調べた．円弧翼が最も効率が良かった．円弧翼と直線翼では動力変換効率の最高値はほぼ同じであるが，円弧翼は直線翼より高効率となる流速帯域が大きいことを示した．

発電機性能：発電機の外部抵抗は，内部抵抗に近いほど発電電力が得られる．今回使用した発電機の内部抵抗は約 100 Ω であった．外部抵抗を変えて発電機単体の発電試験を行い，今回の水槽実験条件においては 1k Ω を採用した．

整流ダイオード性能：外部抵抗の値が内部抵抗の値に近くなるほど，整流前の値に近いデータを得た．本実験で使用した外部抵抗 1k Ω では約 25%まで電圧が降下した．今後，整流ダイオードを検討する．

発電実験：直径 300mm, 450mm, 600mm の円弧翼風車と BBDB を組み合わせて発電実験を実施した．直径 450mm 風車，入射波波長 λ /全長 $L=3.0$ の場合に，最大発電効率 14%を得た．

ハブがあると，ハブ無しの場合と比較して，発電効率が減少することを示した．発電効率向上にはハブなしが重要であることを明らかにした．

今回クロスフロー風車は翼枚数を 12 枚に固定したが，あくまでも風車としてクロスフローを使用するときの最適翼枚数のため，今後翼枚数を変化させて検討する必要がある．

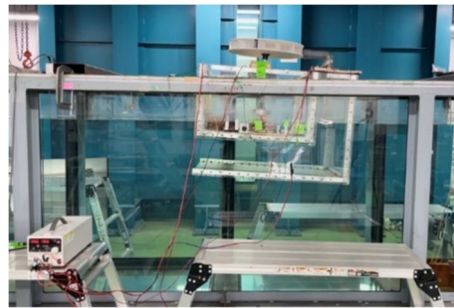
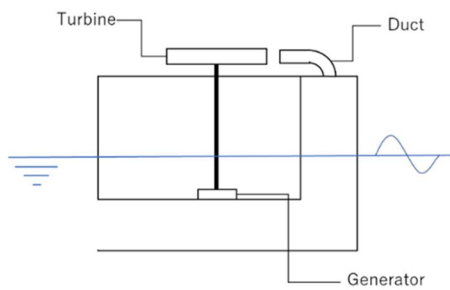


図 2 垂直軸風車搭載 BBDB 概念図（左）および水槽における波浪中発電実験

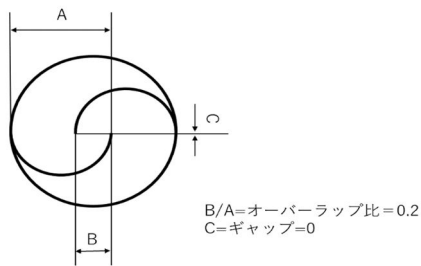


図 3 サボニウス風車概要

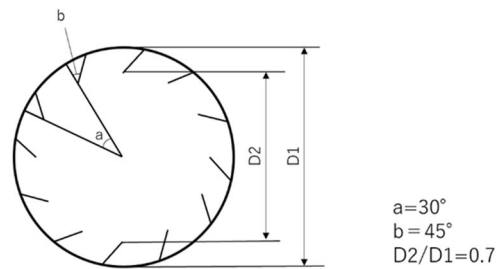


図 4 クロスフロー風車（直線翼）概要

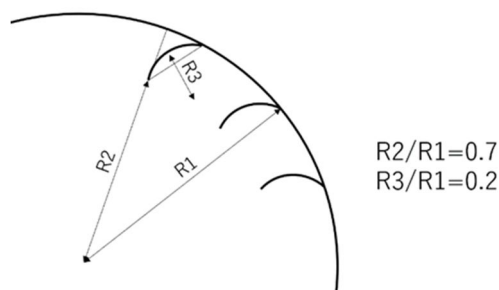


図 5 クロスフロー風車（円弧翼）概要

Efficiency by turbine type $\Phi=300[\text{mm}]$

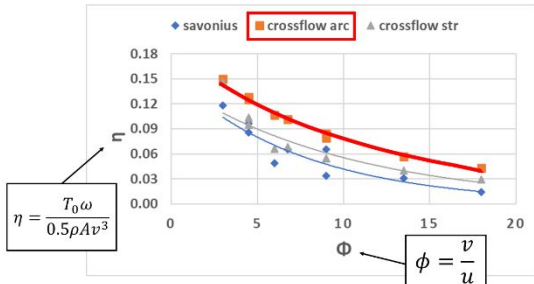


図6 タービン効率におよぼす形式の影響

Efficiency by turbine diameter Type: Crossflow arc

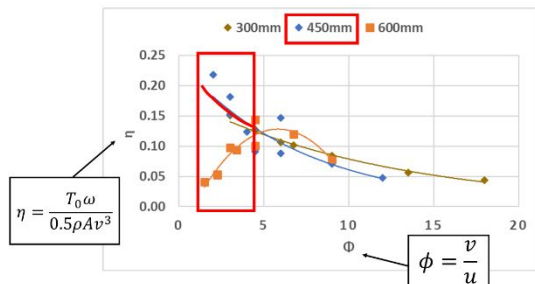


図7 タービン効率におよぼす直径の影響

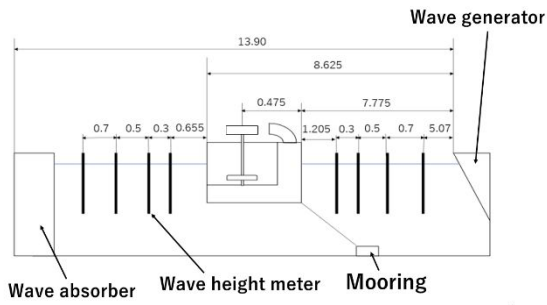


図8 水槽実験配置図

1次変換効率

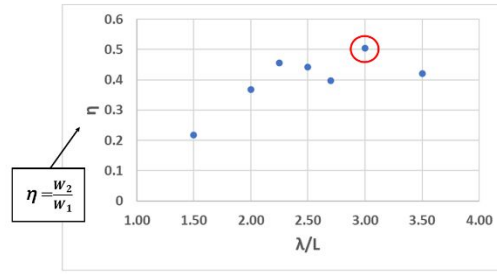


図9 一次変換効率

Efficiency by turbine diameter

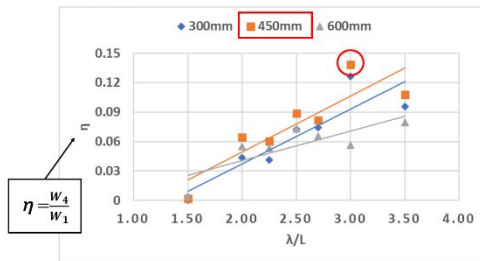


図10 波浪中発電効率

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	永田 修一 (Nagata Shuichi) (30404205)	佐賀大学・海洋エネルギー研究センター・特任教授 (17201)	
研究分担者	石田 茂資 (Ishida Shigesuke) (30360712)	佐賀大学・海洋エネルギー研究センター・教授 (17201)	
研究分担者	村上 天元 (Murakami Tengen) (90611278)	佐賀大学・海洋エネルギー研究センター・准教授 (17201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関