

複数振り子を用いた Hydro-VENUS の発電性能

岡山大学大学院 学生会員 ○佐々木 拓人
岡山大学大学院 正会員 比江島 慎二

1. 目的

潮流発電に用いられるプロペラ翼は、薄く貧弱な構造で水流による大きな力や漂流物の巻き込みなどで壊れやすく、特殊な形状で製作に高度な技術を必要とするため製造コストが高い。また、鋭利なプロペラ翼が漁場の魚を傷つける恐れもある。我々はプロペラに代わり、円柱などの剛体振り子を流体励起振動させて発電する Hydro-VENUS (Hydrokinetic Vortex ENergy Utilization System)を開発中である。本研究では、Hydro-VENUS の振り子を複数連動することにより発電性能を高める実験を行った。

2. 実験方法

複数の振り子を流れに対して並列に配置して互いに連結した同期振り子 (Fig. 1)、および複数の振り子を連結せずに互いに独立して振動させる非同期振り子 (Fig. 2) を検討した。同期振り子は、複数の振り子の回転軸を互いにタイミングベルトで連結することで常に同位相で振動し、複数の振り子の回転力を 1 本の回転軸に集約して 1 つの発電機を駆動する。一方、非同期振り子は、複数の振り子が独立に振動してそれぞれ独立の系統で 1 つの発電機を駆動する。同期振り子は 2 連と 3 連の 2 通り、非同期振り子は 2 本の振り子を直列配置した場合と並列配置した場合の 2 通りを検討した。なお、振り子の励振力を高める目的で固定円柱を振り子上流に設置するケースでは、固定円柱下流端と振り子上流端の間の隙間距離は 20mm とした。振り子直径は $D=115\text{mm}$ 、長さは $L=500\text{mm}$ 、上流固定円柱の直径は振り子直径と同じ 115mm にした。



(a) 2 連同期



(b) 3 連同期

Fig. 1 同期振り子



(a) 2 連非同期直列



(b) 2 連非同期並列

Fig. 2 非同期振り子

3. 実験結果

単一振り子、2 連同期振り子、3 連同期振り子、2 連非同期振り子の並列配置、2 連非同期振り子の直列配置のそれぞれで発電したときの発電電力 E_a の最大値を Fig. 3 に示す。2 連非同期振り子の直列配置は振り子上流に固定円柱は設置せず、それ以外はすべての振り子上流に固定円柱を設置している。発電電力の最大値は同期振り子では単一振り子に比べ 2 連で約 2 倍、3 連で約 3 倍に増加している。このとき、同期振り子では連結本数の増加に比例してトルクが増加したことが皮相電力増大の要因となっていることを別途確認した。一

キーワード 潮流発電, 小水力発電, エネルギー取得率, 振り子, 流体励起振動, Hydro-VENUS

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境生命科学研究科 hiejima@okayama-u.ac.jp

方、2連非同期振り子(並列)では、発電電力は単一振り子の1.4倍程度しか増加せず、同じ2本の振り子を用いた2連同期振り子よりも低い。非同期振り子では、2本の振り子の角速度に差があるとき、角速度の小さい方の振り子で空回りが生じるため、2連同期振り子に比べて発電電力が低下したと考えられる。

上流固定円柱の本数を変化させたときの3連同期振り子の発電電力最大値の比較をFig. 4に示す。固定円柱3本を3本の振り子それぞれの上流に1本ずつ設置した場合、固定円柱2本を3本の振り子のうち中央の振り子を除く両側の振り子の上流に1本ずつ設置した場合、固定円柱1本を中央の振り子の上流のみに設置した場合の3ケースである。発電電力は固定円柱の数が増えるほど増加している。このとき、トルクは固定円柱の数とともに増加しており、このことが発電電力増大の要因となっている。

2連非同期振り子の直列配置では、2本の振り子それぞれの振り子上流に固定円柱を設置した場合、上流の振り子の上流のみに固定円柱を設置した場合、および固定円柱を設置せず2本の振り子のみの4ケースである。このとき、固定円柱と振り子、あるいは振り子どうしの隙間間隔はすべて20mmとした。2連非同期振り子の並列配置では、両方の振り子上流に固定円柱を設置している。それぞれのケースで最大の発電電力の比較をFig. 5に示す。直列配列のいずれの固定円柱本数の時よりも並列配置のときの発電電力の方が大きい。直列の場合、上流と下流の振り子のそれぞれの振動による流れの影響によって、互いの振り子の運動を阻害する様子が断続的に見られた。また、直列配置の中では固定円柱なしの時の発電電力が最大だった。直列配置の場合、固定円柱はむしろ振り子振動の励振力を低下させる働きがあると言える。

4. まとめ

- (1) 複数の振り子を並列に連結して同期振動させることにより、連結本数に比例する発電電力が得られた。このとき、振り子本数の増加によるトルクの増大が発電電力増大の要因となっている。また、複数の振り子のすべての上流に固定円柱を設置するとき、最も高い励振効果が得られる。
- (2) 複数の振り子を非同期で振動させた場合、同期振動させた場合に比べ発電電力が低かった。これは、2本の振り子のうち角速度の低い方の振り子が発電機を駆動することなく空回りするのが要因と考えられる。直列配置では、上下流方向に近接して配置された振り子どうしが互いの流れの干渉によって励振力が弱められ、並列配置よりも発電電力が低下した。また、直列配置では固定円柱は振り子の励振力を弱めてしまう。

参考文献

- 1) 比江島, 岡, 林, 井上: 倒立振り子の流力振動を用いた発電のための基礎的実験, 土木学会論文集 B3(海洋発電), Vol.69, No1, pp.12-21, 2013.

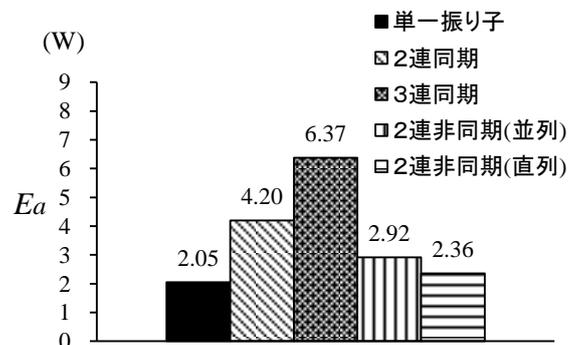


Fig. 3 振り子形式による比較

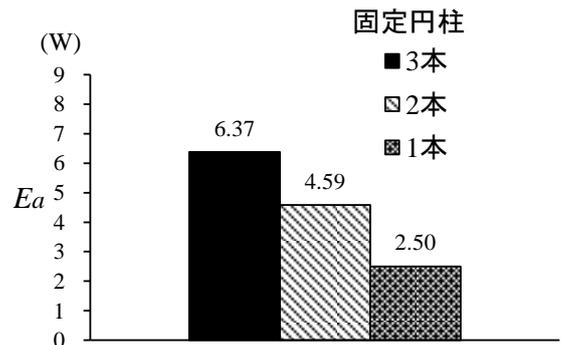


Fig. 4 3連同期振り子の固定円柱本数の影響

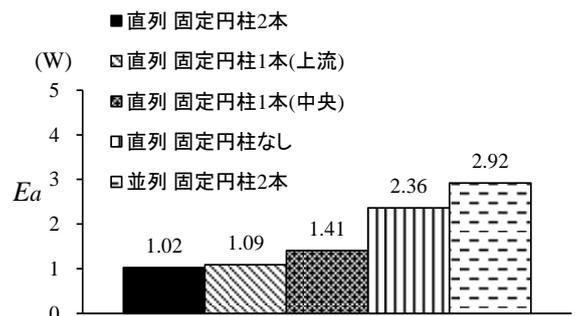


Fig. 5 2連非同期振り子の振り子配置と固定円柱本数の影響