

振動発電デバイスを用いた小規模な波力発電における水深の影響

秋田大学 正 会 員 ○齋藤 憲寿

非 会 員 高橋 圭太

正 会 員 渡辺 一也

1. はじめに

IoT 社会を実現するためには電源の確保が重要な課題の一つとして挙げられており，天候や昼夜を問わず電力を供給し，電池のように交換を必要としない代替電源技術であるエネルギーハーベスティング¹⁾が注目されている．しかし，海中は人が立ち寄り難い環境であるためエネルギーハーベスティングのニーズが高いが，関連した研究はあまり行われていない．そこで著者ら²⁾³⁾は海中で使用する IoT センサの駆動や通信に不可欠な自立電源への適用を想定し，波力発電装置の開発を行っている．本研究では発電装置を水深の異なる環境へ設置し，発電への影響について検討した．

2. 発電の仕組み

図-1 に波力発電装置の概要を示す．円筒（直径 65 mm×高さ 165 mm）の下端を回転自由にした発電装置に波が衝突すると，波の衝撃力と円筒の浮力（復元力）によって振り子運動が行われる．そして，円筒内部にある振動発電デバイスが変形することによって発電装置の振動を吸収し，電気エネルギーへ変換する．表-1 に振動発電デバイスの物理的性質，図-2 に計測システムの概要を示す．

3. 実験概要

図-3 に発電実験の概要を示す．可傾斜造波循環水路（長さ 12 m，幅 0.3 m）の中央付近に発電装置および超音波波高計を設置した．そして水深を 160 および 280 mm に調整し，規則波（波高 20 mm，周期 2 s）を発生させた．各計測機器はワンボードマイコンの一種である Arduino に接続しており，20 ms 毎に 5 s 間，波高，発電装置の角度，角速度および振動発電デバイスの電圧を計測し，電圧を既往研究⁴⁾により電力へ換算した．なお，振動発電デバイスの電圧は交流であるため，ブリッジ回路により全波整流す



図-1 発電装置の概要

表-1 振動発電デバイスの物理的性質

寸法(mm)	75×20×0.43
共振周波数(Hz)	3300
共振抵抗(Ω)	300
静電容量(nF)	110
出力電圧(V)	±80
出力電流(μA)	100

※おもり 47.7g使用



図-2 計測システムの概要

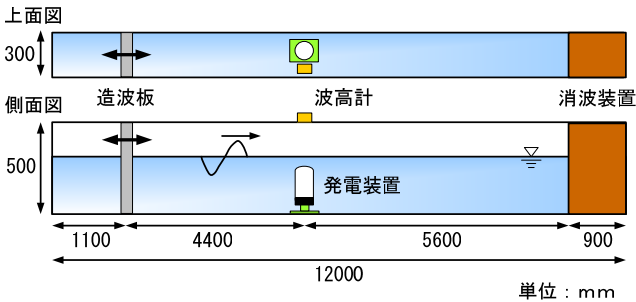


図-3 発電実験の概要

ることで全て正の値として Arduino へ入力している．

4. 実験結果および考察

図-4 に時間と発電装置の角度および波高の関係を示す．波の通過に伴い発電装置は振り子運動を行っており，1つの波に相当する 1.2~3.2 sを見ると，

波高 0 mm 付近で発電装置が大きくマイナス側へ傾き、その直後に発電装置の浮力により大きくプラス側へ傾く。そして次の波の接近と浮力の反動により、0 rad 以上の範囲で 2 回傾いていた。ここで、波の周期および波高が同じ場合、角度が変化する傾向は水深に関係なく概ね一致していたが、傾いた範囲を比較すると、水深 160 mm では 0.68 rad、水深 280 mm では 0.25 rad と水深によって異なっていた。この要因として、水深 160 mm では発電装置の円筒が半分程度露出しているのに対し、水深 280 mm では完全に水没していたため、円筒の浮力が大きく影響していたと考えられる。

図-5 に時間と発電装置の角速度および角度の関係を示す。振り子運動に伴い発電装置が傾き始める前に角速度が変化していることがわかる。また、角速度の変化の傾向は図-4 に示す角度と同様に水深に関係なく概ね一致していたが、角速度の範囲を比較すると、水深 160 mm では $-0.06 \sim +0.07$ rad/s、水深 280 mm では $-0.04 \sim +0.02$ rad/s と水深によって異なっていた。したがって、水深の低下に伴う浮力の低下により振り子運動の角度や角速度が大きくなることが明らかとなった。

図-6 に時間と振動発電デバイスの電力および発電装置の角度の関係を示す。水深 160 mm を見ると、1 つの波が発電装置を通過することにより電力のピークを 4 つ確認でき、最大電力は $22.1 \mu\text{W}$ であった。一方、水深 280 mm の発電の傾向は水深 160 mm と概ね一致しているが最大電力は小さく、 $2.0 \mu\text{W}$ であった。ここで、波の衝突力や発電装置の浮力（復元力）に伴う振動を慣性力³⁾として振動発電デバイスが吸収し、電気エネルギーへ変換していることから、振り子運動と発電の関係については検討が必要であるといえる。

5. まとめ

本研究は、振動発電デバイスを用いた波力発電装置を水深の異なる環境へ設置し、発電への影響について検討を行った。その結果、水深の低下に伴い浮力が低下すると、振り子運動の角度や角速度が大きくなり、振動発電デバイスの最大電力が大きくなることが明らかとなった。今後は波の周期や波高を変えて実験を行い、振り子運動と発電の関係を明らかにしていく。

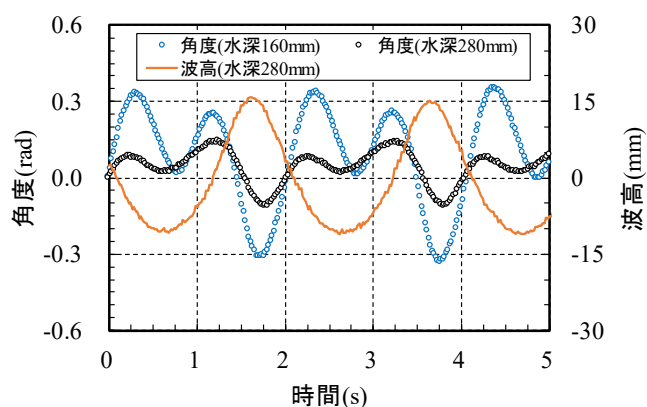


図-4 時間と角度および波高の関係

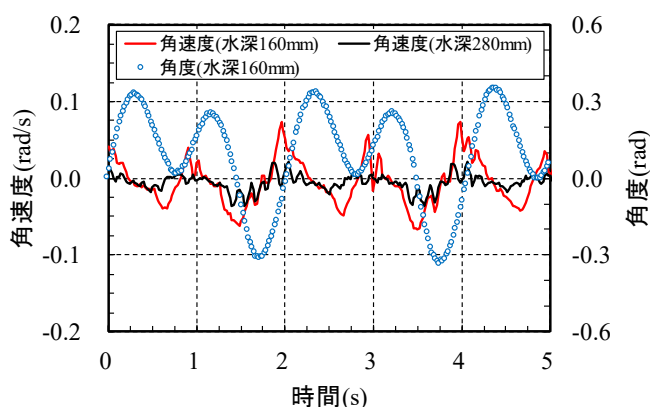


図-5 時間と角速度および角度の関係

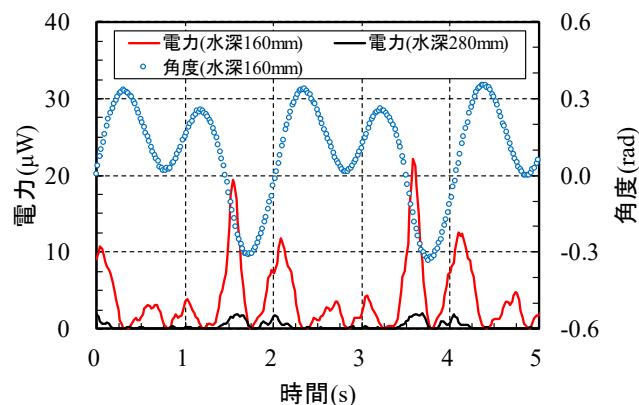


図-6 時間と電力および角度の関係

参考文献

- 1) 竹内敬治：エネルギーハーベスティングの最新動向，表面技術，Vol.67，No.7，pp.334-338，2016。
- 2) 齋藤憲寿，高橋圭太，西脇遼，渡辺一也：再生可能エネルギーを活用するための小型振り子発電装置の開発，東北地域災害科学研究，Vol.55，pp.197-202，2019。
- 3) 齋藤憲寿，高橋圭太，西脇遼，渡辺一也：圧電素子を用いた小型振り子発電による波エネルギーの活用に関する研究，平成 30 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，II-67，2019。
- 4) 齋藤憲寿，高橋圭太，渡辺一也：IoT センサの駆動を想定した振動発電デバイスによるマイクロ水力発電，東北地域災害科学研究，Vol.56，pp.209-214，2020。