

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

秋田大学 正 会 員 ○齋藤 憲寿
非 会 員 高橋 圭太
学生会員 西脇 遼
正 会 員 渡辺 一也

1. はじめに

近年、光や熱など周囲環境に存在する微小なエネルギーを電力へ変換する技術（エネルギーハーベスティング）が注目されている。これまで小規模な発電は用途が限られていたが、電子機器の省電力化技術の進歩に伴い用途が広がっている¹⁾。我が国の沿岸域に到来する平均的な波エネルギー輸送量は少なくとも 3500 万 kW と見積もられて²⁾おり、これらを長期間供給可能な電源や、災害時の非常用電源として活用することが期待できる。本研究は波エネルギーを活用する手法の一つとして、圧電素子を用いた小型振り子発電装置を開発し、発電実験を行った。

2. 発電の仕組み

図-1 に小型振り子発電装置の概要を示す。直径 65 mm×高さ 200 mm、下端を回転自由にした中空の発電装置を水中へ設置し、波エネルギーが衝突すると波の衝撃力と浮力の復元力によって振り子のように動揺する。そこで、圧電素子を用いて発電装置の動揺を電気エネルギーへ変換する。表-1 に本研究で用いた圧電素子の電気的特性を示す。



図-1 発電装置

表-1 圧電素子の電気的特性

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

3. 実験概要

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 250 mm に設定して規則波（波高 50 mm，周期 1.5 s）を 30 s 作用させた。超音波波高計および図-1 に示す圧電素子、6 軸センサーはワンボードマイコンの一種である Arduino に接続しており、100 ms 毎に波高を計測し、15 ms 毎に圧電素子の出力電圧、発電装置本体の角度、角速度および角加速度を計測した。なお、圧電素子の出力電圧は交流であるため、ブリッジ回路により全波整流す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-2 に 10~15 s における発電装置の角度および波高の関係を示す。規則波の通過により、発電装置は -0.20~0.10 rad の範囲で振り子運動を行った。0.10 rad で波のクレストが通過すると -0.20 rad まで傾くが、復元力により 0.00 rad へ戻る。そして、トラフが通過すると、クレストの接近に伴い 0.10 rad まで傾く。これらは陸田ら³⁾と同様の傾向であった。

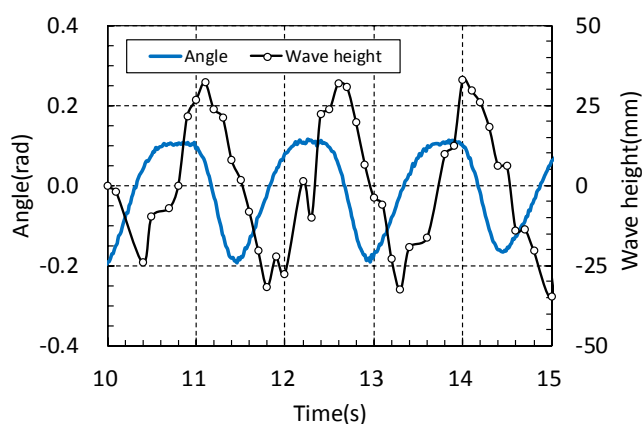


図-2 時間と角度および波高の関係

キーワード 圧電素子，小型振り子発電，波エネルギー，エネルギーハーベスティング，角速度，角加速度

連絡先 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2769

図-3に10~15 sにおける発電装置の角速度および波高の関係を示す。規則波の通過により、発電装置は $-0.022\sim 0.014$ rad/sの範囲で振り子運動を行った。波のクレストの通過に伴い、 -0.20 radまで傾くと角速度は $-0.022\sim 0.014$ rad/sとなり、 0.00 radへ戻るとともに $0.005\sim 0.010$ rad/sとなる。そしてトラフが通過すると、クレストが通過するまでに正負を交互しながら $0.007\sim 0.016$ rad/sと速くなる。

図-4に10~15 sにおける発電装置の角加速度および波高の関係を示す。規則波の通過により、発電装置は $-0.56\sim 0.59$ rad/s²の範囲で振り子運動を行った。波のクレストやトラフの影響は見られなかったが、角度に関係なくプラスマイナスを交互していることから、発電装置は波位相により常に微細に動揺していると考えられる。

図-5に10~15 sにおける発電装置の出力電圧および波高の関係を示す。1つの規則波が発電装置を通過する際に、出力電圧のピークを3つ確認できた。まず、波のクレストが通過すると、発電装置がマイナス側へ傾き、角速度が大きく変化することで1つ目の発電が始まっている。出力電圧はピーク時で $8.11\sim 9.41$ Vであった。また、トラフが通過する直前には発電装置の復元力（浮力）に伴いプラス側へ傾き、角速度が大きく変化することで2つ目の発電が始まっている。出力電圧はピーク時で $4.89\sim 5.97$ Vであった。そして、トラフが通過するとクレストが通過するまでに3つ目の発電が始まっているが、出力電圧はピーク時で $0.23\sim 0.37$ Vであった。これらの発電の要因として、波位相や復元力（浮力）に伴う発電装置の動揺を圧電素子が慣性力として吸収し、電気エネルギーへ変換していたと考えられる。

5. まとめ

本研究は、圧電素子を用いた小型振り子発電装置を開発し、実験により波エネルギーを利用した発電を確認できた。また、発電装置本体の角速度や角加速度が圧電素子の出力電圧へ影響していると考えられるため、今後は規則波の条件を変えて発電性能との関係を明らかにしていく予定である。

謝辞

本研究で使用した計測プログラムの作成にあたり、秋田大学大学院理工学研究科 谷口智行技術長にご指導を頂きました。ここに記して謝意を表します。

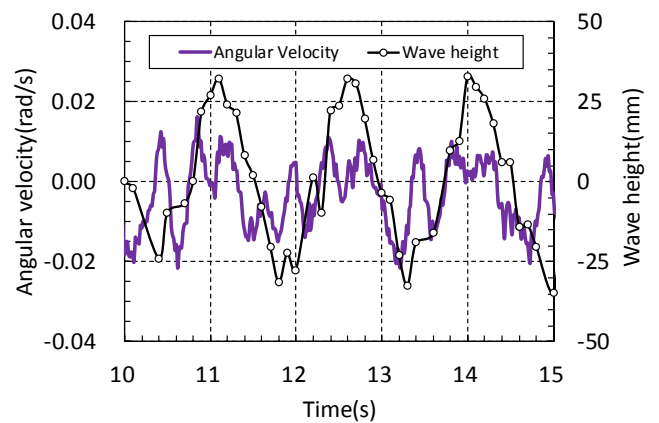


図-3 時間と角速度および波高の関係

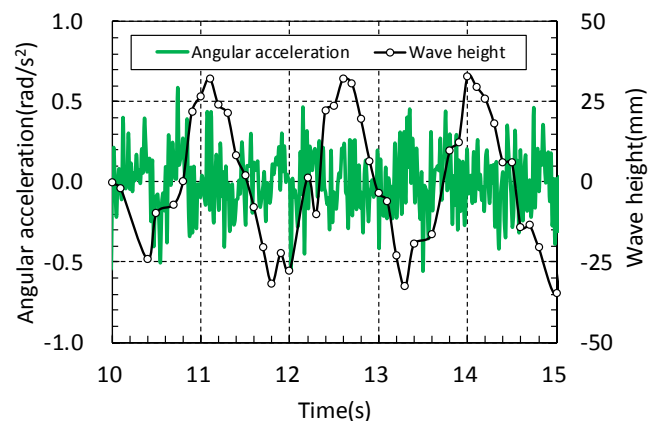


図-4 時間と角加速度および波高の関係

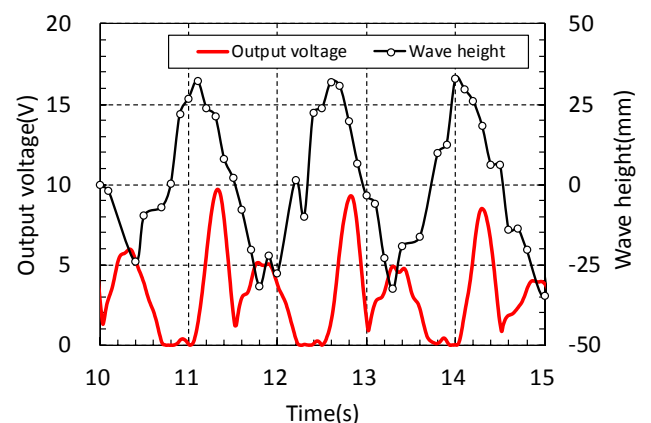


図-5 時間と出力電圧および波高の関係

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) 高橋重雄, 安達崇: 日本周辺の波パワーとその利用に関する一考察, 海岸工学論文集, 第36巻, pp.874-878, 1989.
- 3) 陸田秀実, 川上健太, 黒川剛幸, 土井康明, 田中義和: 弾性圧電デバイスを用いた波エネルギー利用技術の開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.B2-65, No.1, pp.1296-1300, 2009.