

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25630107

研究課題名(和文)磁歪式振動発電スイッチを利用した高出力波力発電システムの開発

研究課題名(英文)Development of high power output wave power generation system using magnetostrictive vibrational power switch

研究代表者

上野 敏幸 (Ueno, Toshiyuki)

金沢大学・電子情報学系・准教授

研究者番号：30338256

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：磁歪材料を利用した波力発電の可能性を検証した。発電システムはコイルを巻いた板状の鉄ガリウム合金と磁性ステンレスの平行梁構造に磁気バイアス用の永久磁石が付いた発電デバイス、これに永久磁石の吸脱着により自由振動を励振するメカニズムから構成される。トリガとなる作用力はブイの浮力もしくは岸壁の跳ね返り波である。前者においては水面の上下に伴うブイの浮力差で自由振動が励振され発電が行えることを水槽試験で実証した。後者においても跳ね返り波で板が上下し、同じく自由振動の励振で発電が行えることを実証した。いずれも一回の振動で無線センサモジュールの動作に十分なmJオーダーの電気エネルギーを取り出すことに成功した。

研究成果の概要(英文)：We investigated potential of wave power generation using magnetostrictive material. The power generation system consists of plate of magnetostrictive element (Fe-Ga alloy) with coil wound, stainless yoke, permanent magnet, and free vibration inducing mechanism using desorption of permanent magnet. Here, the trigger forces are buoyancy of a buoy or rebound wave at quay. In former case, we demonstrated power generation by free vibration occurred by difference of buoyancy accompanied with up and down of surface of water. In latter case, we verified power generation by free vibration occurred by up and down motion of switching plate caused by the rebound wave. In both case, we succeeded to retrieve electrical energy of mJ order by single vibration enough to operate wireless sensor module.

研究分野：振動発電

キーワード：振動発電 波力発電 磁歪材料

1. 研究開始当初の背景

波力発電の実用化に期待が寄せられている。従来技術として、ブイの上下運動や圧縮空気でタービンを回す方法が提案されているが、本格的な実用化に至っていない。一方、研究代表の上野は、磁歪材料を用いた実用的な振動発電技術を開発した。このデバイスは堅牢で効率が高く、機械エネルギーの40%を電気エネルギーに変換できる。

2. 研究の目的

本研究においては振動発電スイッチを応用した波力発電システムを提案する。システムは、シンプルで堅牢、容易な設置を特徴とし、波や緩やかな水の動きから発電を行うことを目的とする。これを河川や海岸に設置することで、無線センサシステムの電源やエネルギー源として利用できる。本研究では、その原理と実用性を試作により検証した。

3. 研究の方法

発電スイッチは、コイルを巻いた磁歪素子(鉄ガリウム合金)とヨークの平行梁でできた発電体と、スイッチ用の永久磁石板、およびベースで構成される。板と発電体は、片端がベースに固定され、定常時、発電体と板は磁石の吸着力で一体化している。ここで板に引張り力が作用すると、発電体は湾曲し、平行梁にて、素子に軸方向に大きな応力が付加される。更に引張り力を大きくし、これが吸着力を越えると、発電体は板から脱着し、高い周波数の自由振動を行う。この時、磁歪素子に応力が交番状に作用し、逆磁歪効果により磁化が変化、電磁誘導にてコイルに起電力が発生する。波力発電システムは、発電スイッチとブイをワイヤーで連結したものである。スイッチが海底や岸壁に固定された状態で、他端に繋がるブイに波の上下で浮力が働くと、ワイヤーを介してスイッチには引張り力が作用する。この力で上に述べた発電スイッチが動作し、発電が行われる。本研究では、発電スイッチと球形のブイもしくはスイッチ板を組み合わせたシステムを試作、造波試験装置により実験的検証を行った。

4. 研究成果

ブイの浮力を脱着トリガとして利用する

図1の発電システムを設計、製作した。磁歪素子の形状は $1.5 \times 7 \times 50 \text{ mm}^3$ である。まず予備実験として、これを水槽の底面に固定し、水面の上下20mm程度で、磁石が脱着、発電が行えることを確認した。次に、これを造波試験装置の底面に固定、ブイに規則的な波を作用させた。結果、ブイの楕円運動し、ワイヤーに引っ張り力が作用することで、スイ磁石が脱着、自由振動時、最大10V程度の電圧が発生した。また波に同期し継続して発電が行われることを確認した。

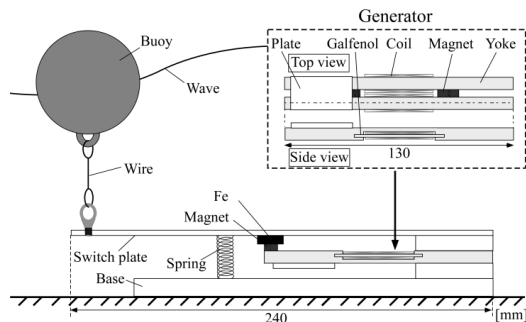


図1 ブイの浮力を用いた発電システム

端面の砕波で上下するスイッチ板を脱着トリガとする図2の発電システムを考案した。これは2個の発電スイッチとスイッチ板で構成されるものである。磁歪素子の形状は $3 \times 15 \times 100 \text{ mm}^3$ である。これを造波試験装置の端面に固定し、規則的な波を作用させたところ、予想した原理に基づき図3の時間応答に示す継続的に発電が行えることを確認した。またスイッチ板と入射波高との間隔 $s(=0, 20, 40 \text{ mm})$ および波の高さ、周期 $T$ と発電量の関連性を調査した(図4~6)。結果、スイッチ板が落下したときの衝撃でも、相当量の発電が行われること、またこれが周期には依存せず、 $s$ が小さいほど大きくなる傾向がわかった。

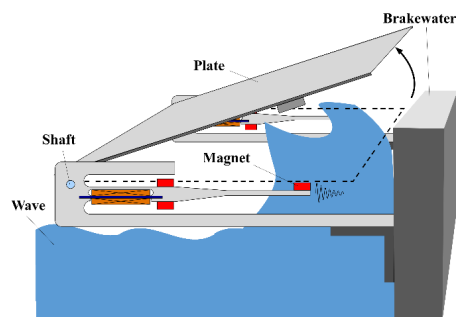


図2 跳ね返り波を用いた発電システム

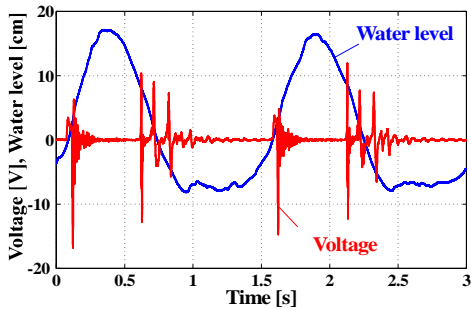


図3 水位と発生電圧の時間応答

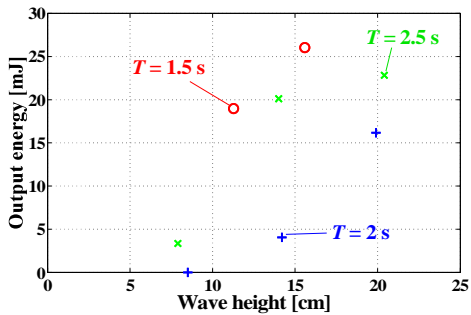


図4 発電量と入射波高 (間隔  $s = 0$  mm)

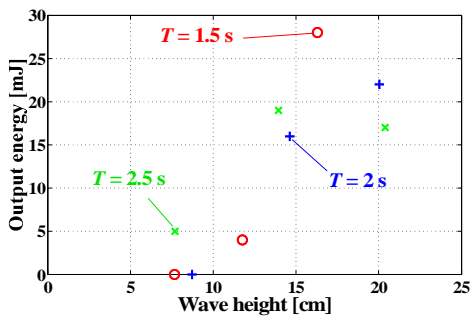


図5 発電量と入射波高 (間隔  $s = 20$  mm)

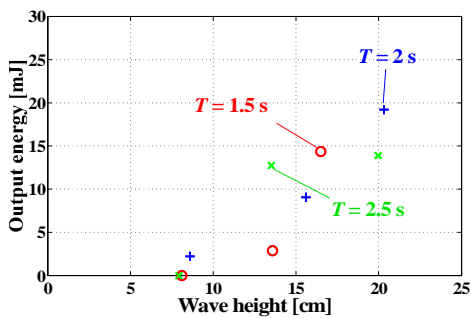


図6 発電量と入射波高 (間隔  $s = 40$  mm)

ブイの浮力、および跳ね返り波のいずれにおいても脱着力として十分で、また一回の発電において数～数十 mJ のエネルギーを得た。これは無線センサモジュールの動作に十分な値である。また発電スイッチの発電効率を向上させる目的において力係数を定式化、これを増加させる構造、磁気回路の設計指針を確立した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

1. Shota Kita, Toshiyuki Ueno and Sotoshi Yamada, "Improvement of force factor of magnetostrictive vibration power generator for high efficiency" J. Appl. Phys. 117, 17B508 (2015) 査読有り

〔学会発表〕(計8件)

1. 西本, 若妻, 上田, 上野, 斎藤, "磁歪式振動発電デバイスを用いた波力発電装置の開発", 第27回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム, pp.343-346 (2015) 長崎県佐世保市
2. 西本, 上野, 山田, "波力発電への利用を想定した磁歪式振動発電デバイスの出力の周波数依存性", H27 電気学会全国大会 (2015) 香川県高松市
3. S.Kita, T.Ueno, S.Yamada, "Improvement of Force Factor of Magnetostrictive Vibration Power Generator for High Efficiency", 59th Annual Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Conference, 2014, Hawaii, USA
4. 北, 上野, 山田, "磁歪式振動発電デバイスの磁気回路の考慮による力係数の向上", 平成26年基礎・材料・共通部門大会 (2014) 長野県長野市
5. 北, 上野, 山田, "磁歪式振動発電デバイスの磁気回路による高効率化", 第26回「電磁力関連ダイナミクス」シンポジウム講演論文集, pp.194-197 (2014) 岩手県盛岡市
6. 北, 上野, 山田, "磁歪式振動発電デバイスの結合係数における磁気回路の影響", H26 電気学会全国大会 (2014) 愛媛県松山市
7. 北, 上野, 山田, "磁歪式振動発電の電気・機械結合係数および発電効率の向上", 電気学会マグネティクス研究会 MAG-13-094, pp. 51-56 (2013) 石川県金沢市
8. 北, 上野, 山田, "磁歪材料を用いた波力発電システムの基礎的研究", 第25

回「電磁力関連ダイナミクス」シンポジウム講演論文集, pp.200-201 (2013)  
神奈川県箱根町  
〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

〔その他〕  
ホームページ等  
<http://vibpower.w3.kanazawa-u.ac.jp/index.html>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

上野 敏幸 (Ueno Toshiyuki)

金沢大学・理工研究域電子情報学系・

准教授

研究者番号：30338256

### (2)研究分担者

斎藤 武久 (Saito Takehisa)

金沢大学・理工研究域環境デザイン学系・

教授

研究者番号：40242531