

# 海岸構造物前面での波動運動を利用した磁歪式波エネルギー発電に関する研究

金沢大学大学院 学生会員○我妻純平 金沢大学 上野敏幸 金沢大学 正会員 斎藤武久

## 1. 研究の背景および研究の目的

波浪エネルギーは化石燃料に代わる次世代エネルギーとして我が国で先駆的にその利用に関する研究開発が進められてきた再生可能エネルギーの一つである。その利用方法に関しては、OWC(Oscillating Water Columns)に代表される、波浪エネルギーを空気流に変換しタービンを回転させる方式が代表的であり、現在欧州での実用化が進んでいる。ただし、元の波浪エネルギーを複数の変換過程を経て電気エネルギーに変換するこのシステムでは、エネルギー変換に伴うエネルギー損失が大きい。このため、エネルギー損失の少ないデバイスの開発は将来の再生可能エネルギーの効率的な利用促進への鍵であり多くの研究が行われている。特に最近では、波動運動に追従した柔軟圧電材料の変形から電力を獲得する研究が進められている<sup>1)</sup>。これに関連して、著者らは柔軟圧電材料よりも格段に大きな電位差の発電を可能とする磁歪材料を用いた発電デバイスを開発し、海洋域における波浪エネルギー利用に関する研究を行ってきた<sup>2)</sup>。本研究では、海岸及び港湾施設において、定常的に重複波のエネルギーを利用出来るような防波堤や護岸前面への設置を想定した磁歪式振動発電デバイスを新たに開発し、波力発電の更なる可能性の模索を目的とする。

## 2. 研究内容

磁歪材料とは、磁界を印加すると形状が変化する性質（磁歪効果）と、応力を加えると内部の磁束密度が変化する性質（逆磁歪効果）を特に顕著に示す材料で、本研究では逆磁歪効果を利用して磁束密度の変化から電磁誘導の法則により起電力を取り出す。従来の研究<sup>2)</sup>ではコイルを巻いた磁歪素子を板に連結させた平行な片持ち梁構造の振動発電デバイス（図-1）を用いているが、本研究では振動の継続時間が長いU字型の構造を取り入れ、波のエネルギーをより効率的に変換できる波力発電システム（図-2）を構築した。磁歪式振動発電デバイスは磁歪素子が自由振動（固有振動数は100Hz程度）する際に発電効率が最も高くなる。波浪の振動数は1Hz程度と発電デバイスの固有振動数とは大きく異なるため、デバイス端部に永久磁石を装着し、磁石の脱着に伴う発電部の固有振動を利用して所定の周波数振動を確保する<sup>3)</sup>。デバイス端部の磁石の脱着をいかに実現させるかが効率的な発電のポイントとなるが、本研究では護岸前面に発電デバイスを設置し、護岸によって発生する重複波の揚圧力をスイッチ板に作用させることによって磁石を脱着し、発電デバイスの自由振動を励振する。本研究では図-3に示す二次元造波水槽を用いて実験を行った。振動発電デバイスは水槽岸側に設置された護岸前面に取り付け、水深は55cmに固

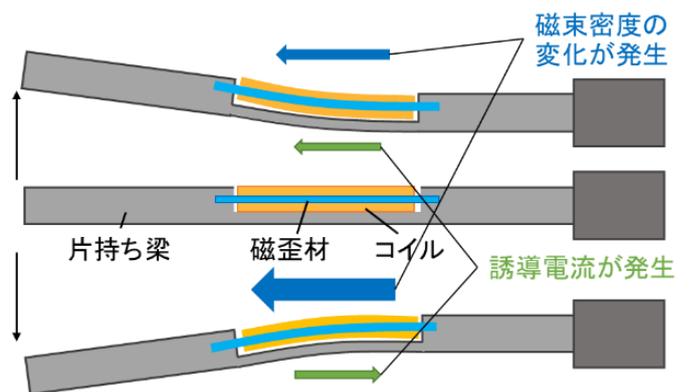


図-1 磁歪素子を連結した板およびコイルの構造

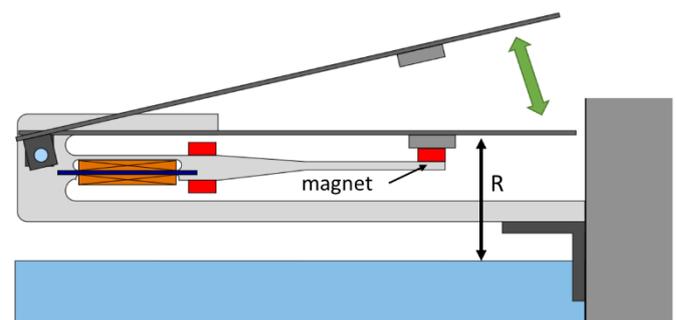


図-2 護岸設置型の新たな振動発電デバイス

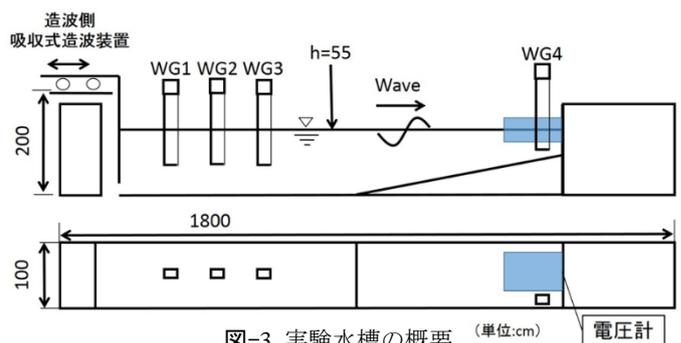


図-3 実験水槽の概要（単位:cm） 電圧計

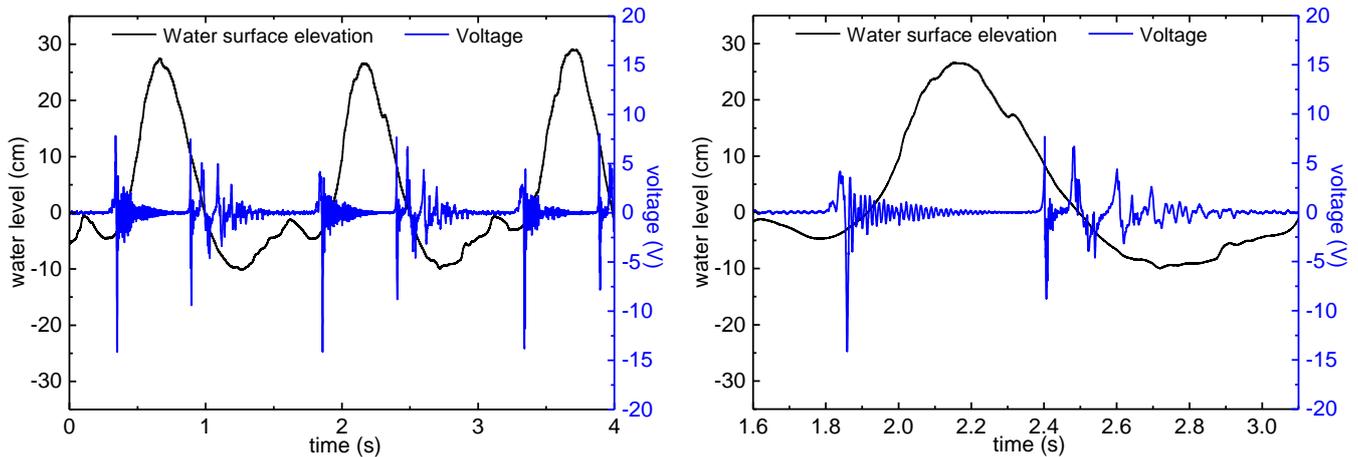


図-4 規則波を作用させた場合の護岸前面での水位および出現電位差の時系列変化( $T=1.5s$ ,  $H=18.9cm$ ,  $R=2cm$ )

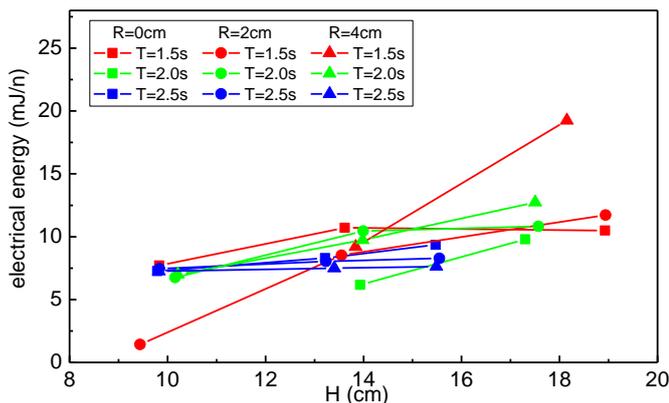


図-5 入射波高の変化に伴う一回の発電で取得できる発電容量の変化特性

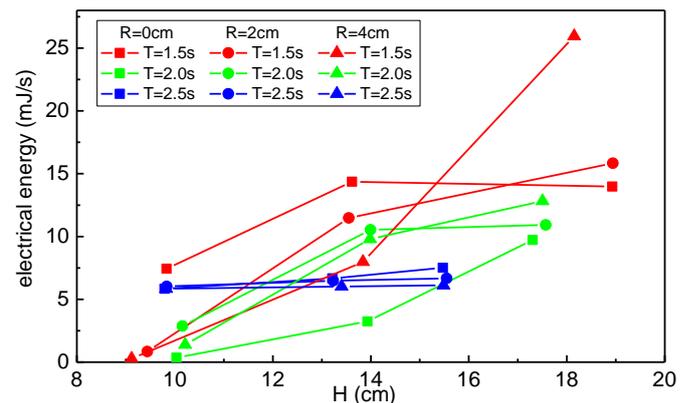


図-6 入射波高の変化に伴う単位時間当たり発電で取得できる発電容量の変化特性

定し、スイッチ板と静水面とのクリアランス  $R$  が  $0, 2, 4cm$  となるように設置高さを変え、それぞれのクリアランスにおいて、規則波（入射波高  $H=9.1\sim 18.9cm$ , 周期  $T=1.5\sim 2.5s$ ）および規則波の諸元が有義値となる不規則波を作用させ、護岸前面での水位変動および出現電位差（ $130\Omega$  抵抗結線時）を計測した。

### 3. 実験結果および考察

図-4 に振動発電デバイスに規則波を作用させた場合の護岸前面での水位および出現電位差の時間変化特性を例示 ( $T=1.5s$ ,  $H=18.9cm$ ,  $R=2cm$ ) する。図より護岸前面の水位の上昇に連動したスイッチ板の離脱によって発電デバイスでは自由振動が発生し、最大  $10V$  以上の電圧の振動波形が発現している。さらに打ち上がった波の水塊の下降に連動してスイッチ板が磁石に吸着する場合においても、スイッチ板による衝撃力によってデバイスが振動し発電が行われており、本研究で用いた波力発電システムにおいては一周期に二回発電することが分かった。また、今回の実験で一回の発電時（例えば図-4 右側の電位差の時間変化で  $t=1.8\sim 2.2s$  など）に取得できる発電容量を入射波の違いで整理した結果を図-5 に示す。図より、一回の発電時の発電容量は入射波高の増加に伴って若干の増加傾向がみられることが分かった。一方、図-6 に単位時間当たりの発電容量特性を整理した結果を示す。対象期間における水面変動の周波数に発電回数は比例するため、発電が一周期に二回定常的に発生するような波高条件においては短周期波ほど発電効率が高くなっている。不規則波を作用させた場合の実験結果および入射波のエネルギーと発電で得られたエネルギーから求められる発電効率などについては、発表当日に検討結果の報告を行う。

#### 参考文献

- 1) 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. 65, No. 1, pp. 1296-1300, 2009.
- 2) 斎藤武久・我妻純平：磁歪材料を用いた振動発電デバイスによる波浪エネルギー利用に関する研究，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol. 70, No. 2, pp. 1306-1310, 2014.
- 3) 上野敏幸・河出卓也・山田外史：磁歪式振動発電の周波数アップコンバータによる広周波数帯域化，Dynamics and Design Conference 2013 講演論文集 in USB Flash Drive, 2013.