磁歪材料を用いた新たな振動発電デバイスの対波浪エネルギー振動発電デバイスの開発利用に関する研究

金沢大学 学生員 ○上田宗裕　金沢大学大学院 西本聖史　学生員 我妻純平
金沢大学 上野敏幸　金沢大学 正会員 斎藤武久

1. 研究背景

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) [1]に代表される空気タービンを利用した波浪エネルギー変換デバイスを用いたものが代表的であり，我が国での開発を契機に現在ではヨーロッパ特にイギリスでの実用化が進んでいる．ただし，オリジナルの波浪エネルギーを複数の変換過程を経て電力を引き出すこのシステムで，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，変換に伴う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，従来の防波堤や浮体構造物内における流体あるいはそれに伴う空気流を介したエネルギー変換デバイスに代わった新たな発電デバイスを利用した波浪エネルギー利用の試みが行われている．

2. 従来の研究および研究目的

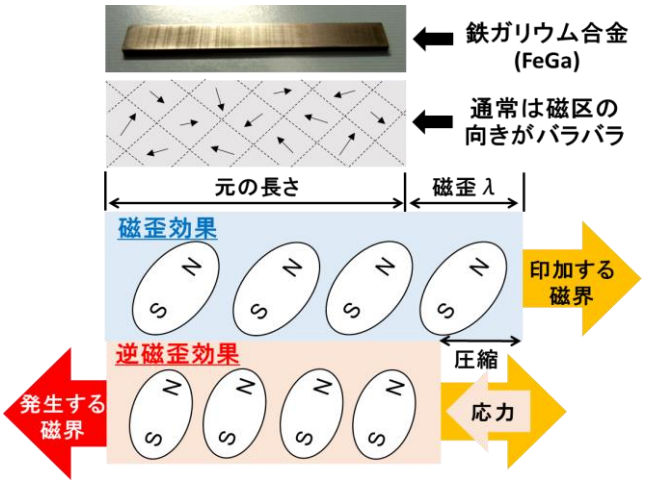
上述した新たな発電デバイスに関して，例えば，陸田ら [2]は波動運動に追従した柔軟圧電材料の変形から電力を獲得する弾性圧電デバイスを用いた波エネルギー利用の研究に着手し，海洋域および沿岸域での利用を精力的に進めている．一方で，柔軟圧電材料を用いた発電方式などに見られる材料への周期的な加圧による発電機構はエレクトレット，可動磁石(電磁誘導)などの振動発電に分類されるが発電効率や耐環境性が高いとは言い難い．また，圧電素子は脆性材料で曲げや衝撃への耐久性が弱く，発生電圧は高いが低周波数域で負荷より取り出せる電力が小さくなる特徴がある．

これに関連して，上野・山田 [3]は，鉄ガリウム合金磁歪材料を用いた振動発電技術を提案している．この材料の大きな特徴は材料が延性材料であり，外力に対して非常に強く良好な加工性を有していること，さらに，最大 1T 以上も磁束密度が変化することが挙げられている．磁歪材料を用いた発電デバイスを高周波アップコンバータ化により波浪エネルギー利用に向けたて改良した北ら [4]の基礎的研究を発展させ，規則波および不規則波を作用させた場合の発電容量に関して実験的に考究している．

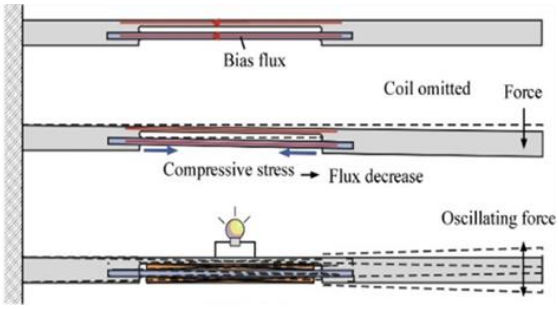
以上の研究経緯を踏まえて本研究では，磁歪材料を用いた波浪による発電システムを構築し，波力発電の更なる可能性の模索を目的とする．異なる波浪条件下で発電効率の変化を調査し，より効率的な発電が可能な波の諸元を検討するとともに，波動論を用いた理論解析を行い，発電に対して最適な波浪条件および発電デバイスの構成条件について考究する．

3. 研究の手法

本研究では，斎藤 [5]の研究を踏まえて磁歪材料を用いた振動発電デバイスによる波浪デバイスによる波浪エネルギー利用に関する研究を発展させる．以下に，本研究で用いる磁歪材料および振動発電デバイスの概要を例示する．磁歪材料は**図−1** に(a)のように，磁界を印加すると形状が伸縮変化する性質(磁歪効果)と，逆に磁歪材料に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)を示す材料で，本研究では逆磁歪効果を利用して発電を行う．このとき，例えば，**図−1(b)** に例示するように発電機を方持ちで固定し，適切な固有振動を外部より与えることにより電磁誘導でコイルに起電力が発生する．



(a)　磁歪材料の特徴



(b) 磁歪材料を用いた発電の仕組み

図-1 磁歪材料を用いた発電機の構成および発電の仕組み[5)]

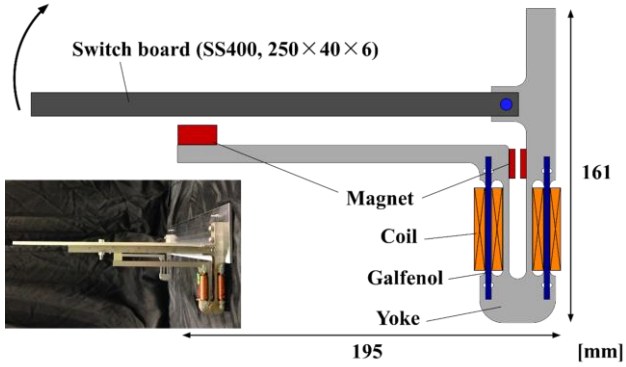


図-2 新型 U 字型発電デバイス

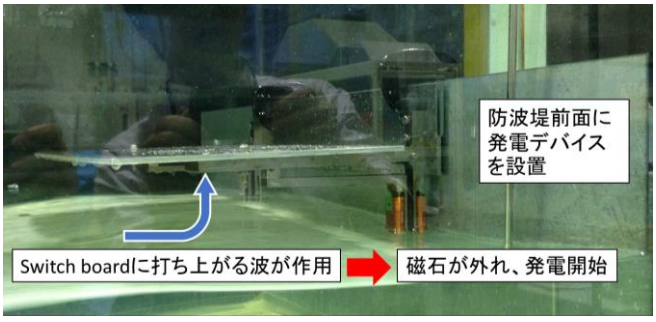


図-3 防波堤前面での波の打ち上げによる発電方式

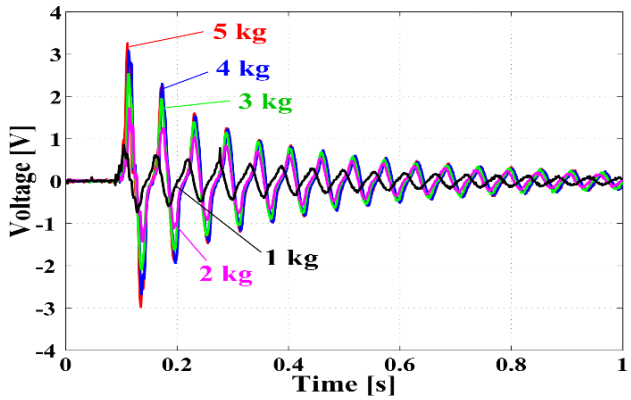


図-4 出力電圧

本研究では発電効率の向上を図るために音叉形状に組み込んだ新たな振動発電デバイスの実験を試みる．さらに波浪の直接的作用力の利用および防波護岸あるいは，防波堤前面に設置し，波浪エネルギー利用を試みる．今回の実験ではより効率よく外力を取り入れることと設備の施工面を考慮し，防波堤側面等での設置を試みる．実験には大型 2 次元造波水槽（W/H/D：22m/2m/1m）を用いて室内で行う．**図-2** のデバイスを**図-4** のように防波堤を想定した箇所に設置し，規則波および規則波の諸元が有義値となるブレットシュナイダー・光易型スペクトルを有する不規則波を作用させて，防波堤全面における波の打ち上げによる波力によって磁石の着脱を行うことで発電させ，その時の波高，発生電圧を計測する．

図-4 に実験に用いるデバイスの片端に約 10~50N の力を作用させた時の出力電圧をグラフにし，今回使用したデバイスの基本特性を示す．実験では 2 つの U 字型デバイスを設置しその上にスイッチ板を設けている．発電デバイスは合計で 4 つ使用している．

4. 解析結果および考察

発電デバイスは波の打ち上げによる波力によって磁石を着脱，デバイスを振動させて発電する．そのため発電量は磁石の時間当たりの着脱回数に比例すると推察される．そのため周期は短く，波高は高い程発電量は増大すると予想される．しかし，防波堤前面では重複波が発生するため，この予想とは異なる結果が得られる可能性ある．その結果については今後実験を行い発表までにまとめる予定である．

5. まとめ

本研究では，既往の磁歪材料を用いた発電振動デバイスをスケールアップすると同時に振動方式の改良を試みることによって，実海象の波浪が有する振動帯にさらに近づけた振動デバイスを提供できることが期待される．さらに外力となる波浪の作用方法を改善することによって波浪エネルギーを獲得できることが期待できる．

参考文献

1) 永田 修一：波力発電の研究開発の現状，マリンエンジニアリング，Vol. 47，No. 4，2012
2) 陸田秀実・川上健太・黒川剛幸・土井泰明・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
3) 上野敏幸・山田外史: 磁歪材料を用いた小型振動発電素子の特性評価，日本 AEM 学会誌, Vol.20, No. 1, pp. 168 -173.2012
4) 北 翔太・上野敏幸・山田外史：磁歪材料を用いた波力発電システムの基礎的研究，第 25 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム講演論文集．pp. 200-201．2013
5) 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，土木論文集 B2(海岸工学)，Vol.70，印刷中