

研究成果報告書

研 究 題 目		人工藻場として活用できる海床設置型発電装置の開発	実 施 年 度 24～25年度
代 表 研 究 者	所 属	広島大学大学院工学研究院・機械システム・応用力学部門	
	氏 名	田中 義和	印

1. 研究の目的・背景

近年、欧州諸国の自然エネルギー利用発電技術への関心・期待は非常に高く、政府主導の下、積極的な施策がなされている。海洋エネルギーを利用した発電技術開発の例としては、洋上風力発電、Pelamis・Oyster・Wave Dragon・EPAM 発電（以上、波力発電）、SeaGen(潮力発電)を挙げることができる。洋上型風力発電に関しては周知の通り、欧州で精力的に研究開発が実施されており、その開発には、国内主要企業も参入し、実用レベルで研究開発が進んでいる。一方、波力・潮力・潮流発電に関しては、風力発電・太陽光発電に比べて、発電効率、経済性、安全性、景観、コストなどの面で課題が多く、本格的導入にはまだまだ時間がかかる状況である。

一方、日本においては、1980～2002年に波力発電について活発な研究・開発（海陽、海明、マイティホエール）が行われたが、近年では、欧州諸国と比べ研究・開発があまり実施されていない。平成23年8月19日に閣議決定された第4期科学基本計画において、グリーンイノベーションの推進がうたわれ、今後、海洋立国日本として、海洋エネルギー開発は実施すべき重点課題であることは、世界を牽引、経済的繁栄を維持しつつ拡大する観点から、明らかである。

これまで代表者らの共同研究チームは、圧電材料である圧電フィルムを用いた柔軟発電体（Flexible Power Generation Device）を創出し、基礎的研究（柔軟発電体の構造、自由振動発電、強制振動発電、水中での発電、蓄電方法の基礎）で成果を挙げ、さらに柔軟発電体の応用研究として、柔軟発電体と広島特有のかきいかだを組み合わせた垂下蓮式海洋エネルギー発電システム、風力発電を志向した植栽的発電構造物に関する研究を実施してきた。

日本沿岸の波エネルギーは平均 7kW/m であると推定されており、このエネルギーを回収する技術を開発することは、日本のエネルギーセキュリティの確保、経済発展を牽引していく上で大変重要であることは明らかである。また、近年減少傾向にある藻場をなんらかの形で再生することは海洋環境・漁業を維持する上で重要である。そこで、代表者は、柔軟発電体を用いた海床設置型波エネルギー発電装置に関する研究を着想し、本試験研究では、目標発電量を 10mW/m^2 (LED 点灯に十分な量)とし、以下の項目、「植物を模した柔軟発電体の開発」、「本発電装置の設計における基礎データの構築」、「集魚効果の検討」について研究を行う。

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

本研究課題で提案する柔軟発電体 Flexible Piezoelectric Device を用いた海床設置型波エネルギー発電装置の概念図を図1に示す。図に示すように、FPED を海床から縦置きに設置した場合、FPED を海床に対して水平に設置した場合を想定している。このような構成は、コンブやわかめの形態から発案した。このような装置構成を念頭に置き、振動試験機や造波水槽を用いて様々な条件で実験を実施した。

実験の様子を図2に示す。図2(a)は全体の構成、図2(b)は縦置き型、図2(c)は横置き型の実験の様子である。FPED は、厚さ、長さ、幅を変えて多数製作、実験に使用した。造波水槽を用いた実験装置の全体構成を図2(a)に示す。左端に造波機が設置されており、右端には消波帯が設置されている。発電装置を水槽の中央に設置し、波力発電特性の計測を行い、発電特性の傾向を得た。また、広島大学竹原ステーション、漁業関係者の理解もあり沖縄県国頭村にて現地実験を行い、発電可能であることを確認した。

また、FPED を用いた波力発電特性評価方法の理論解析方法を検討した。検討した理論解析方法の概要を図3に示す。はり理論、圧電理論、モリソン式を組み合わせることでFPED の波力発電特性評価方法を開発した。開発した評価方法の妥当性は、実験結果と比較することで検証した。図4に発生電圧の時系列波形、波力発電評価方法による結果と実験結果の比較を示す。理論評価結果と実験結果はよく一致していることが確認できる。

以上の研究成果を元に、申請時の計画は概ね達成されたと考える。特に、柔軟発電体を用いた波力発電の理論解析方法を構築できたことは、大変大きな成果と考える。これにより、実機スケールの設計・評価が迅速かつ容易に行える。今後の課題は、小規模実機スケールの実験、集魚効果のさらなる検討が挙げられる。

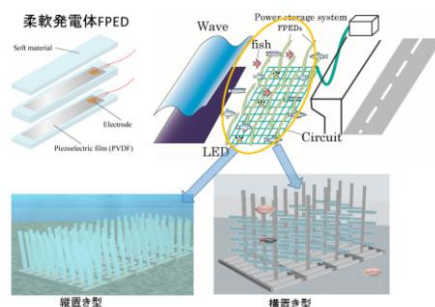


図1 柔軟発電体とそれを用いた海床設置型発電装置

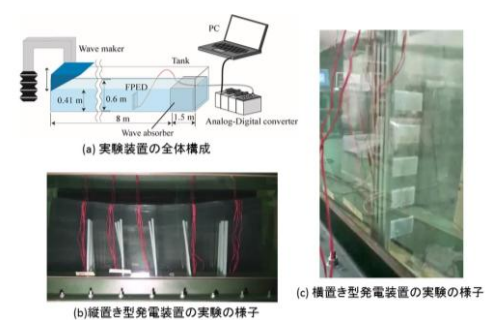


図2 実験装置構成と実験の様子

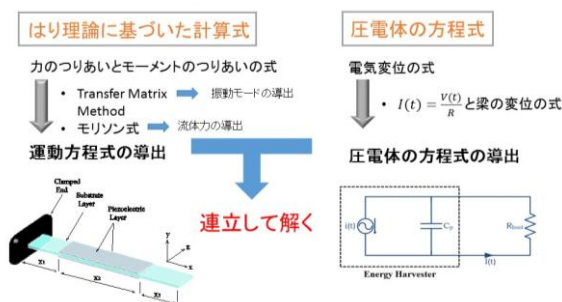


図3 理論計算方法の概要

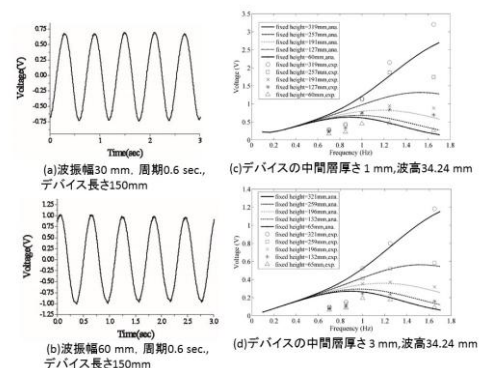


図4 実験結果と理論計算結果の一例

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

経費については、会計報告書の記載するように、当初の計画から大きな変更なく執行を行った。申請時の研究経費は 192 万円であり、助成いただいた助成金 145 万円であった。このことを考慮し、経費執行を行った。助成金 145 万円の使用内訳は、消耗品費に 1,154,840 円（申請時 109 万円）、旅費に 154,760 円（申請時 16 万円）、謝礼金に 140,400 円（申請時 20 万円）であった。

以上のように、申請時の計画から大きく異なる使い方はしておらず、妥当な経費使用状況であると判断する。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

本申請によって実施された研究成果により、柔軟発電体を用いた波力発電の現実性が大いに向上した。特に、この研究で得られた、柔軟発電体を用いた波力発電評価方法に基づくと、実機スケールで 1 デバイス辺り 10mW/m^2 は容易に達成可能であることが確認されている。今後は、海洋エネルギー発電に関連する機関への周知・啓蒙活動が重要になってくると考えられる。特に漁業関係者の理解と協力は、海洋エネルギーに関する研究を実施する上で、必要不可欠である。漁業関係者の理解を得るためには、本提案装置が漁業に与える良い影響と悪い影響を明らかにしなければならない。そのために、国内外で実施されている洋上風力発電の環境アセスメントに関する情報を収集し、本提案装置が漁業に与える影響を評価していく。また、実海域の波条件を基に装置の設計を行い、その経済的な評価を実施し、実用化へと開発を進めていく。

5. 成果の発表（学会での発表，学術誌への投稿等を記載．予定を含む）

〔雑誌論文〕（計 8 件）

1. H. Mutsuda, R. Watanabe, S. Azuma, Y. Tanaka and Y. Doi., Ocean Power Generator Using Flexible Piezoelectric Device, Proceedings of the ASME 32rd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 査読有, 2013, CD-R, OMAE2013-10078
2. 陸田秀実, 森崎健一, 田中義和, 土井康明, 引張・圧縮型柔軟発電デバイスを用いた波浪エネルギー利用方法に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 69, No. 2, 査読有, 2013, I_1311-I_1315
3. 陸田秀実, 東翔太, 渡邊隆太, 田中義和, 土井康明, 垂下式弾性浮体ユニット型海洋エネルギー発電方式の発電特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 69, No. 2, 査読有, 2013, I_1316-I_1320
4. Mutsuda, H., J. Miyagi, Y. Doi and Y. Tanaka, Wind Energy Harvesting Using Flexible Piezoelectric Device, Journal of Energy and Power Engineering, Vol.7, 査読有, 2013, pp.1047-1051
5. Yoshikazu Tanaka, Keitaro Matsumura, Hidemi Mutsuda, An experimental study of power generation and storage using a flexible piezoelectric device, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol.39, Number 1-4, 査読有, 2012, pp.603-608
6. Yoshikazu Tanaka, Yoshikazu Michinaka and Hidemi Mutsuda, An experimental study of a submerged power generator that uses flexible power generation devices, Journal of the Japan Society of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol. 20, No. 2, 査読有, 2012, pp.541-546
7. Y. Tanaka, K. Matsumura and H. Mutsuda, Study on flexible power generation device using piezoelectric film, Journal of Energy and Power Engineering, ISSN1934-8975, Vol. 6, Number 3, 査読有, 2012, pp.353-360
8. H. Mutsuda, M. Hirata, R. Watanabe, Y. Doi and Y. Tanaka, Elastic Floating Unit with Piezoelectric Device for Harvesting Ocean Wave Energy, Proceedings of the ASME 31rd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2012-83318, Vol.7, ISBN 978-0-7918-4494-6, 査読有, 2012, pp.233-pp.240

国外学会発表（査読有）（計 2 件）

1. Y. Tanaka, T. Oko, H. Mutsuda, A. A. Popov, R. Patel, S. McWilliam, Forced vibration experiments on flexible piezoelectric devices operating in air and water environments, 16th international symposium on applied electromagnetics and mechanics ISEM2013, pp.353-354, Aug., 2013, Quebec, Canada.
2. Hidemi Mutsuda, Junpei Miyagi, Yasuaki Doi and Yoshikazu Tanaka, Wind Energy Harvesting Using Flexible Piezoelectric Device, ICPEE2012, Sep. 1-2, 2012, Phuket, Thailand

国内学会発表（計 7 件）

1. 尾古卓也, 田中義和, 陸田秀実, 水中に設置された柔軟発電体の理論解析方法に関する研究, 第 22 回 MAGDA カンファレンス in 宮崎, pp. 465-468, 11 月, 2013, 宮崎
2. 尾古卓也, 田中義和, 陸田秀実, 空気中および水中に設置された柔軟発電体の理論解析方法に関する研究, 第 26 回計算力学講演会 CD-ROM 論文集, 2518, 11 月, 2013, 佐賀
3. 東翔太, 渡邊隆太, 陸田秀実, 田中義和, 土井康明, 海洋エネルギー利用に向けた柔軟発電デバイスの開発とその発電特性, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2013S-YS1-6, CD-ROM, 5 月, 2013, 広島
4. 尾古卓也, 田中義和, 陸田秀実, 道中良和, 柔軟発電体の理論解析方法に関する研究, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2013S-YS1-8, CD-ROM, 5 月, 2013, 広島
5. 田中義和, 尾古卓也, 陸田秀実, 道中良和, はり理論による柔軟発電体の理論解析に関する検討, 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. 34-37, 5 月, 2013, 箱根
6. 田中義和, 渡邊隆太, 陸田秀実, 杉谷信, 宮本憲一, 水中強制振動実験による柔軟発電体の発電量の検討, 第 21 回 MAGDA コンファレンス, pp. 529-532, 11 月, 2012, 仙台
7. 田中義和, 道中良和, 品川和毅, 陸田秀実, 柔軟発電体を用いた海床設置型発電システムの開発, 第 24 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. 67-72, 5 月, 2012, 富山