

研究成果報告書

研 究 題 目		高性能な柔軟発電デバイスを用いた海洋エネルギー利用技術	実 施 年 度
			H27～28 年度
代 表 研 究 者	所 属	広島大学 学術院（理工学分野，機械・総合工学ユニット） 大学院工学研究科	
	氏 名	陸田 秀実	印
1. 研究の目的・背景 本研究では，中小規模分散型，かつ，安全・安心な独立型電源の革新的イノベーション技術の一つとして，集魚目的の浮漁礁を有効活用しつつ，波浪・潮流・海流の海洋エネルギーを獲得することが可能な海洋エネルギープラットフォーム EFHAS，ならびに，EFHAS に適合した発電デバイス（高性能な柔軟発電デバイス）を新たに提案・開発することを目的としている．本 EFHAS は，漁業活動との協調性が極めて高く，集魚灯・航路灯・海洋環境および防災情報の無線通信センサー機器への独立電源として利用可能である． 近年の波力・潮流発電の研究開発動向は，大規模電源の確保と高効率化の観点から大型化が急速化している．しかしながら，このような傾向は，着床式や浮体式プラットフォームの全体構造の大型化，建造およびメンテナンス費用の増大，安全面の低下等，新たな問題を引き起こしている．そのため，本格的な普及・実用化が進まない要因の一つともなっている．また，漁業者の操業区域を侵害し，漁業権等の既得権益と雇用を損なう問題も発生している．その一方で，我国における大規模集約型電源インフラは，自然災害によるダメージやそれに伴う電力損失が極めて大きい．このため，地産地消型・中小規模分散型で，かつ，安全・安心な独立型電源の革新的イノベーションが緊急課題となっている． 以上の背景を踏まえ，申請者は，集魚を目的とした浮漁礁（表層・中層）を有効活用しつつ，波浪エネルギーや潮流・海流のエネルギーを獲得するための浮漁礁型海洋エネルギープラットフォーム EFHAS の研究を行う． 上述したコンセプトに基づく浮漁礁型海洋エネルギープラットフォーム EFHAS は，これまで国内外において研究・施工・調査事例がない．また，これに適合する潮流発電タービンと高性能な柔軟発電デバイスの研究開発・設計事例はない．特に，ここで開発するスプレー型圧電デバイスは，申請者が独自開発を続けているエネルギー・ハーベスティング技術の一つであり，国内外において類似の例がない状況にある． 以上のことから，本研究で開発する EFHAS は，海洋環境を維持・発展させつつ，新たな発電機能を付加価値として創出するものである．そのため，電源確保の厳しい沿岸・外洋域において，集魚灯，航路灯，海洋環境および防災情報などの無線センサー機器への電力供給が可能となり，漁業資源・漁業者との共生・独立電源型の革新的イノベーション技術の一つに成り得ると考えられる．			

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）

H27 年度に、図-1 に示す通り、高性能柔軟発電デバイスの試作品を開発し、室内において波浪試験および潮流試験を実施した。また、はり理論のモード解析法と圧電方程式を組み合わせた柔軟発電デバイスの発電理論計算ツールを開発し、デバイスの最適化を行った。

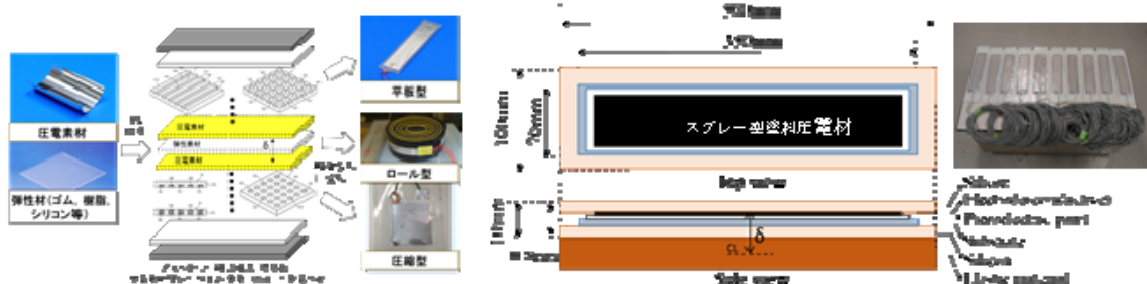


図-1 高性能な柔軟発電デバイスの構造様式と試作品

上述の成果を踏まえ、H28 年度は、浮漁礁型海洋エネルギープラットフォーム EFHAS の水槽試験およびフィールド試験を実施した。まず始めに、図-2 に示す浮漁礁の本体に作用する流体力と浮体安定性について、微小振幅波理論に基づく設計計算を行った。想定海域および実機サイズの浮漁礁（高さ 5.4m，直径 1.5m，設置水深 1000m）に使用する材料・重量・個数を考慮して、喫水・重心・浮心・メタセンター高さを算出し、静力学的安定性の評価を行った。次に、礁体に作用する波，流れ，風力および吹送流について，対象海域の様々な気象海象条件を想定し，礁体と係留索の構造強度・材料強度の設計要求を満足するように設計を行った。その後，水槽試験をした後，EFHAS および高性能な柔軟発電デバイスを製作し，図-3 に示す現地フィールド試験を実施し，所定の発電量と運動性能を確認した。

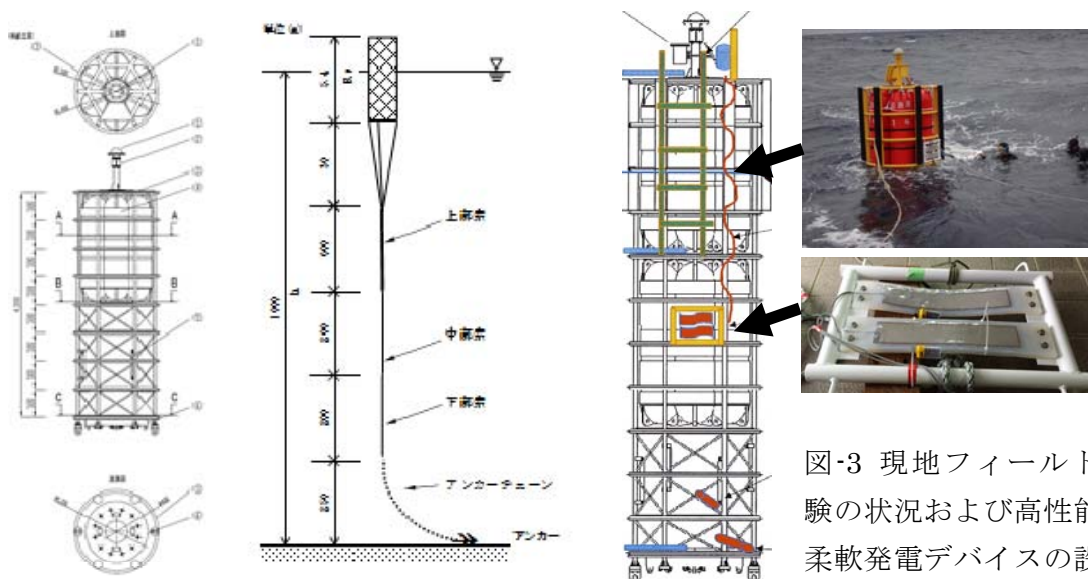


図-2 海洋エネルギープラットフォームの設計概要

図-3 現地フィールド試験の状況および高性能な柔軟発電デバイスの設置状況

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

H27～28年度計画では合計120万円を計上していた。申請時の計画に比べて、フィールド調査・学会旅費（学生2名）がやや増えたが、備品および室内試験、学生謝金等については当初予定通りとなった。なお、本研究において不足する費用は、校費による補てんを行うこととした。これに対する実績は以下の通りである。

具体的な使途は、次の通りである。備品は、防水型加速度変換器、データロガー、ひずみ計測ユニット、ACアダプターを購入し、合計38.9万となった。また、数値シミュレーションの実施およびそのデータ解析補助として学生謝金18万、さらに、フィールド計測調査4.2万、フィールド計測、情報交換および研究成果の学会発表旅費に44.5万、その他、工作費として14.2万を使用した。なお、詳しくは、会計報告書に記載との通りである。

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）

本研究において、本格的な浮漁礁型海洋エネルギープラットフォームEFHASの実用化に向けた基礎的研究を行うことができた。特に、1) 高性能な柔軟発電デバイスの開発とそれを搭載した場合のEFHASの基本設計、2) デバイスの理論設計支援ツールの開発、3) 波・流れ作用下におけるEFHASの係留・運動特性の解明、4) EFHASに適合した高性能な発電デバイスの設計製作および発電性能の検証、さらには、5) フィールド試験を実施した。以上のことから、本研究期間中に、浮漁礁型海洋エネルギープラットフォームEFHASの学術的な知見とその設計指針を得ることできた。

今後は、発電デバイスの発電量、蓄電量、変形特性、耐候性、耐久性、付着生物などについて、さらに調べる予定である。また、実用化を見据えて、小型蓄電体、ワイヤレス機器、計測センサー、GPS等と柔軟発電デバイスを接続し、自立電源ユニットとしての機能性と有用性を検証する必要がある。その後、再度、1年間の長期実証フィールド試験を実施し、年間の発電性能、耐久性能を検証し、その成果を踏まえ、5年後には実用化が見込めるものと考えられる。

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）

学術誌

- 1) Simply-supported multi-layered beams for energy harvesting, Rupesh Patel, Yoshikazu Tanaka, Stewart McWilliam, Hidemi Mutsuda, Atanas A. Popov, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, doi: 10.1177/1045389X16657418, 2016.
- 2) Model refinements and experimental testing of highly flexible piezoelectric energy harvesters, Rupesh Patel, Yoshikazu Tanaka, Stewart McWilliam, Hidemi Mutsuda, Atanas A Popov, Journal of Sound and Vibration, Vol.368, pp.87-102, 2016.
- 3) Study of power generation using FPED assuming engine vibration, Yoshikazu Tanaka, Takuya

Oko, Hidemi Mutsuda, Kazuo Ichikawa, Toshihide Yamamoto and Keisuke Okihama, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics 52, 1377-1383 1377, 2016, DOI 10.3233/JAE-162104, IOS Press.

- 4) 柔軟発電体を用いた波力発電の特性評価方法に関する研究, 尾古卓也, 田中義和, 陸田秀実, 日本 AEM 学会誌, Vol.23, No.1, pp.111-117, 2015.
- 5) An Experimental study of wave power generation using a flexible piezoelectric device, Tanaka, Y., T. Oko, Mutsuda, H., R. Patel, S. Mcwilliam and A. Popov, Journal of Ocean and Wind Energy, pp.28-36, Vol.2, No.1, 2015.2.

学会発表

- 1) Ocean Energy Platform using a Floating Fishing Bank, Shade Rahmawati, Hidemi Mutsuda, Yasuaki Doi, Proc. of Workshop on Environmental Technologies in Naval Architecture and Ocean Engineering, WETNAOE, pp.69-73, 2016.12.
- 2) Numerical Estimation for Tidal-current Energy Resources in Indonesia, Shade Rahmawati, Mutsuda, H., E. Yoshitomi and Y. Doi, Proceedings of the 25rd International Society of Offshore and Polar Engineers(ISOPE), pp.519-527, Rhodes, Greece, 2016.
- 3) 浮漁礁型海洋エネルギー発電プラットフォームの設計・製作に関する研究, 横田俊介, 秦俊介, 陸田秀実, 田中義和, Shade Rahmawati, 土井康明, 森山恭雄, 海野勇士, 妹尾貴文, H28 年度 日本船舶海洋工学会秋季講演会, CD-R, 福岡, 2016.
- 4) 塗布型圧電素材を用いた柔軟発電体の試作, 男武 悟, 田中義和, 陸田秀実, 海野雄士, 森山恭雄, 妹尾貴文, 第 28 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム, CD-R, 2016.
- 5) 柔軟発電素材による浮漁礁型海洋エネルギー利用技術に関する研究, 横田俊介, 秦 俊介, 陸田秀実, 土井康明, 田中義和, 第 28 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム, CD-R, 2016.
- 6) Wave Energy Converter Using a Compressed Type of Flexible Piezoelectric Device, Hidemi Mutsuda, Motoki Otake, Kenichi Morisaki, Yoshikazu Tanaka and Yasuaki Doi, Proceedings of the 25rd International Society of Offshore and Polar Engineers(ISOPE), pp.1059-1065, Hawaii, USA, 2015.
- 7) Numerical Estimation for Tidal-Current Energy Resources in Indonesia, Shade Rahmawati, Hidemi Mutsuda, Yasuaki Doi, 日本船舶海洋工学会秋季講演会, CD-R, 2015.11.