

令和 2 年 6 月 20 日現在

機関番号：15401
 研究種目：基盤研究(B) (一般)
 研究期間：2017～2019
 課題番号：17H03494
 研究課題名(和文) 浮漁礁型海洋エネルギープラットフォームとそれに適合した発電デバイスの研究開発

 研究課題名(英文) Development of a fish aggregating device with ocean energy harvester and an ocean energy harvester

 研究代表者
 陸田 秀実 (Mutsuda, Hidemi)

 広島大学・工学研究科・准教授

 研究者番号：80273126
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、地産地消・小規模分散型、かつ、安全・安心な独立電源型エネルギーハーベスターの一つとして、浮漁層型海洋エネルギー発電プラットフォームを提案・開発したものである。具体的には、1) FFBの基本設計方法・指針の提案、2) 海洋環境CFDシミュレータの開発、3) 搭載する発電デバイスの設計・製作、さらには、4) 係留力、運動性能を評価するための水槽試験を実施するとともに、5) 実海域フィールド試験を実施し、各種センサーに電力供給が可能であることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案・開発した浮漁層型海洋エネルギー発電プラットフォーム(FFB)は、漁礁周辺を回遊する魚群の一例として利用可能である。また、FFBは、このような海洋環境を維持・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。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・独立電源型の海洋エネルギーハーベスティング技術になり得ると考えられる。また、得られた知見・技術は、係留型浮体構造物の設計指針にも応用できるものである。

研究成果の概要(英文)：Fishes are easy to be gathered around fish aggregating devices (FADs), which is an environment-friendly artificial ocean infrastructure. This study has proposed and developed a new type of FAD with an ocean energy harvester to generate an independent electric power for navigational and environmental sensors, specially at archipelago areas with fishery and aquaculture. The characteristics of fluid force on FAD were investigated by numerical and theoretical works assuming steady state in time and the motions of FAD were also examined by experimental works. The proposed FAD can achieve 15% reduction for averaged snap load and 30% for maximum one. The amplitudes of surge, sway and heave motions excited by vortex-induced vibration (VIV) in wave-current conditions can be reduced up to 50%. Generated electric power by the optimized energy harvester was estimated at a typical archipelago area.

研究分野：船舶海洋工学，海洋工学，エネルギー工学

キーワード：浮漁礁 海洋エネルギー エネルギーハーベスティング

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

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。

本研究では、この浮漁礁をプラットフォームとして利活用することで、波力、潮流、振動エネルギーによる発電装置を組み込み、集魚灯、航路灯、海洋環境および防災情報などの無線通信センサー機器への電源供給を目指している。通常、浮漁礁は、耐用年数 10 年程度であるため、材料費、維持管理費、施工等のライフサイクルコストの大幅な削減が期待できる。また、新たな漁場を創出するため、漁業活動との協調性が極めて高く、各種目的に応じたセンサー機器と組み合わせることができるため、多目的な浮漁礁型海洋エネルギープラットフォーム (Fish Aggregating Device, FAD) の構成が可能になると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、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、海洋エネルギーを獲得することが可能な「浮漁礁型海洋エネルギープラットフォーム (Fish Aggregating Device, FAD)」、ならびに、FAD に適合した発電デバイスを新たに提案・開発するものである。本 FAD 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。

本研究では、1) FAD および発電デバイスの設計指針の提示、2) 水槽・実海域フィールド試験による FAD 係留浮体の流体力学的特性の解明、3) 海洋波と係留浮体の非線形相互作用 CFD ツールの開発を目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、地産地消・小規模分散型、かつ、安全・安心な独立電源型エネルギーハーベスターの一つとして、浮漁層型海洋エネルギー発電プラットフォーム (Floating Fishing Bank, FFB) を提案・開発することを目的としている。そのために、1) FFB の基本設計方法・指針の提案、2) マルチスケールリンク海洋環境 CFD シミュレータの開発、3) 搭載する発電デバイス (小型潮流発電タービンおよびスプレー型圧電デバイス) の設計・製作、さらには、4) それらの係留力、運動性能を評価するための水槽試験を実施する。最終年度には、5) FFB に発電デバイスを搭載した実海域フィールド試験を実施し、各種センサーに電力供給が可能であることを実証する。本研究終了時には、FFB の学術的な知見と設計指針を得ることが可能となる。

4. 研究成果

以下の通り、各課題に対する研究成果の概要を示す。

(1) 課題 1：浮漁礁型海洋エネルギープラットフォーム (FAD) の基本設計

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 (アルミフレーム、防舷材、耐圧式フロートなど) ・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、チェーンと繊維ロープから構成される係留索と礁体に作用する波、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 (操業～サバイバル条件) を想定し、礁体と係留索の構造強度・材料強度の設計要求 (安全率=3.0) を満足するよう設計した (図-1 参照)。

(2) 課題 2：非線形海洋波の数値計算ツールの開発

実海域は、多方向不規則波と潮流・海流が共存する非線形流体場である。このような海域に FAD を設置する場合、非線形流体力とそれに伴う浮体動揺、係留索の 3 次元運動を適切に把握する必要がある。特に、水槽試験が難しい波・流れ共存場に加え、風外力が作用するサバイバル条件下における 3 次元 FAD 挙動と係留力を高精度で予測することが重要となる。そこで、浮体・海洋波の強非線形相互作用シミュレーションが可能な設計支援ツールを開発した (図-2 参

照).

(3) 課題3：波・流れ作用下における FFB の係留力と運動特性に関する水槽試験

先に示した課題1・2で設計された FAD の模型スケール (1/50~1/100) 試験を実施した。これまでの研究において、①衝撃波力によるスナッフ荷重を低減させるための弾性係留索および②カルマン渦による礁体の自励振動を低減させるためのフィンの有用性を確認した。ここでは、弾性係数、弾性材長さ・本数、フィン形状・個数・位置およびアスペクト比等を変更し、FAD の係留力および礁体運動特性を明らかにした。同時に、課題2で開発された設計支援ツールの精度検証と種々のチューニング・改良を行った。

(4) 課題4：FAD に適合した海洋発電デバイスの設計・製作

FAD の直径と各種センサーの駆動・消費電力を考慮して、小型軽量の発電デバイスを設計した。基本設計には、流体解析ソフトおよび構造解析ソフトに加えて、発電予測シミュレーションモデルを独自開発した。これらを用いて、FAD に適合した海洋発電デバイスの設計とデバイス製作を行った。

(5) 発電デバイスの発電性能試験

課題3および4で最適設計・製作された発電デバイスについて、曳航水槽・回流水槽・波浪水槽を用いて発電性能試験を実施した。特に、流速・波高・波周期、それらが組み合わされた条件下 (操業~サバイバル) において、平均発電量およびその変動特性を把握した (図-3 参照)。次いで、浮漁礁型プラットフォームに発電デバイスを装着した場合の模型試験も実施した。その際、課題3で明らかとなった波・流れ作用下における FAD の係留力特性と 6DOF 運動特性に基づいて、試験条件を設定し、実海域試験に向けた技術的知見を獲得した。

(6) 課題7：実海域フィールド設置および発電性能試験

課題5で使用した発電デバイスを改良 (必要に応じて、再製作) し、実海域に設置するとともに、短期間の発電性能試験を実施した。実証海域は、これまで協力関係にある沖縄県国頭村漁業協同組合の管理域とし、既に設置済の浮体を有効活用した。ここでは、発電デバイスの発電量、変形特性、耐候性、耐久性、付着生物などについて調べた。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した (図-4 参照)。

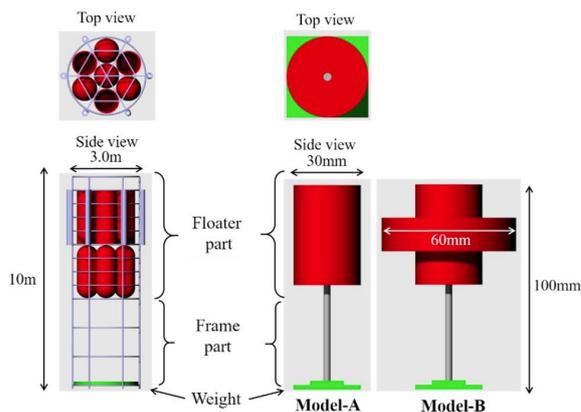


図-1 FAD の概要

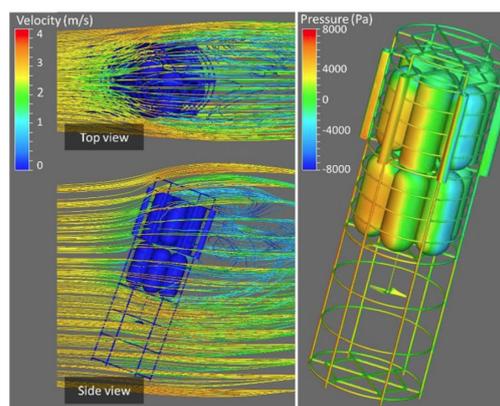


図-2 FAD 周りの流体解析

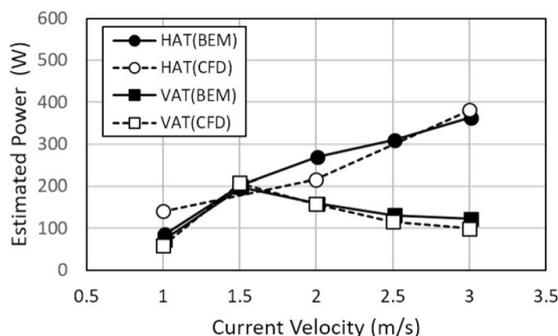


図-3 予測発電量の推定 (例)

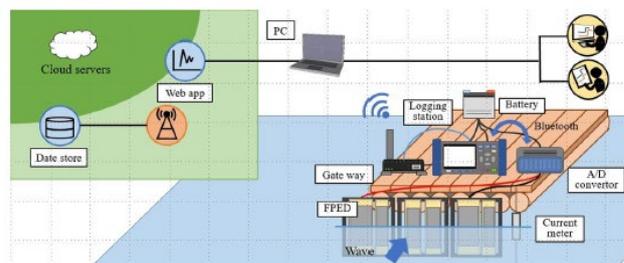


図-4 フィールド試験の概要図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Taiga Kanehira, Hidemi Mutsuda, Sam Draycott, David Ingram, Yasuaki Doi	4. 巻 1
2. 論文標題 Numerical Simulation of Multidirectional Waves with Full-Spectrum Using DualSPHysics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of the 38th International Conference on Ocean, Offshore & Arctic (OMAE)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Suandar Baso, Hidemi Mutsuda, Yasuaki Doi	4. 巻 10
2. 論文標題 Predicting the motions of a fishing boat caused by improving the stern part using a hybrid particle-grid scheme	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Technology	6. 最初と最後の頁 236-246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Taiga Kanehira, Hidemi Mutsuda, Yasuaki Doi, Naokazu Taniguchi, Samuel Draycott, David Ingram	4. 巻 61
2. 論文標題 Development and experimental validation of a multidirectional circular wave basin using Smoothed Particle Hydrodynamics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 109-120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hidemi Mutsuda, Yoshikazu Tanaka, Yasuaki Doi, Yasuo Moriyama	4. 巻 172
2. 論文標題 Application of a flexible device coating with piezoelectric paint for harvesting wave energy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ocean Engineering	6. 最初と最後の頁 170-182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka, Y., Koyama, H., Odake, S., Mutsuda, H., Popov, A., Patel, R. and McWilliam, S.	4. 巻 59
2. 論文標題 Coupled FPEDs using springs for broadband energy harvesting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics	6. 最初と最後の頁 557-565
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taiga Kanehira, Hidemi Mutsuda, Kento Kawawaki and Yasuaki Doi	4. 巻 1
2. 論文標題 Physical mechanisms and characteristics of a stern slamming using Particle Based Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of 6th World Maritime Technology Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taiga Kanehira, Hidemi Mutsuda, Sam Draycott, David Ingram, Yasuaki Doi	4. 巻 1
2. 論文標題 Multidirectional Wave Making with Full-Spectrum Using DualSPHysics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceeding of Workshop on Environmental Technologies in Naval Architecture and Ocean Engineering	6. 最初と最後の頁 37-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taiga Kanehira, Andi Ardianti, Hidemi Mutsuda, Yasuaki Doi	4. 巻 1
2. 論文標題 Fluid Structure Interactions Between Waves and Coastal Structures Using SWE-SPH	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 26th International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE)	6. 最初と最後の頁 539-545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taiga Kanehira, Andi Ardianti, Hidemi Mutsuda, Yasuaki Doi,	4. 巻 CD-R
2. 論文標題 Fluid Structure Interactions Between Waves and Coastal Structures Using SWE-SPH	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 26th International Society of Offshore and Polar Engineers(ISOPE)	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hidemi Mutsuda, Shade Rahmawati, Yasuhito Miyata and Yasuaki Doi	4. 巻 131
2. 論文標題 Numerical Investigation into the Restoration of Ocean Environments Using Steelmaking Slag	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Pollution Bulletin	6. 最初と最後の頁 428-440
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Andi Ardianti, Hidemi Mutsuda, Kento Kawawaki, Yasuaki Doi	4. 巻 137
2. 論文標題 Fluid structure interactions between floating debris and tsunami shelter with elastic mooring caused by run-up tsunami	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Coastal Engineering	6. 最初と最後の頁 120-132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 田中義和、小山浩明、男武悟、陸田秀実	4. 巻 26
2. 論文標題 パネで接続された圧電エネルギーハーベスターに関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本AEM学会誌	6. 最初と最後の頁 166-171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Taiga Kanehira, Hidemi Mutsuda, Sam Draycott, David Ingram, Yasuaki Doi	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of Numerical Tank for Multidirectional Wave Basins Using GPUSPH	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceeding of Workshop on Environmental Technologies in Naval Architecture and Ocean Engineering 2017	6. 最初と最後の頁 63-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hidemi Mutsuda, Yoshikazu Tanaka, Rupesh Patel, Yasuaki Doi, Yasuo Moriyama, Yuji Umino	4. 巻 68
2. 論文標題 A Painting Type of Flexible Piezoelectric Device for Ocean Energy Harvesting	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Ocean Research	6. 最初と最後の頁 182-193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hidemi Mutsuda, Yoshikazu Tanaka, Rupesh Patel, Yasuaki Doi	4. 巻 68
2. 論文標題 Harvesting Flow-Induced Vibration Using A Highly Flexible Piezoelectric Energy Device	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Ocean Research	6. 最初と最後の頁 39-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shade Rahmawati, Hidemi Mutsuda, Yasuaki Doi, Yasuo Moriyama	4. 巻 1
2. 論文標題 Characteristics of a Fish Aggregating Device with Ocean Energy Harvester	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Technology	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00773-017-0482-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Fadli Syamsudin, Minmo Chen, Arata Kaneko, Yudi Adityawarman, Hong Zheng, Hidemi Mutsuda, Aruni D. Hanifa, Zhang Chuangzheng, Guillaume Auger, John C. Wells, Xiaohua Zhu	4. 巻 38(5)
2. 論文標題 Profiling measurement of internal tides in Bali Strait by reciprocal sound transmission	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Acoustical Science and Technology	6. 最初と最後の頁 246-253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Andi Ardianti, Hidemi Mutsuda, Kento Kawawaki, Yasuaki Doi, Takuso Fukuhara	4. 巻 64
2. 論文標題 Characteristic of Tsunami Force Acting on Shelter with Mooring	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Ocean Research	6. 最初と最後の頁 70-85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Taiga Kanehira, Hidemi Mutsuda, Yasuaki Doi, Naokazu Taniguchi, Samuel Draycott and David Ingram
2. 発表標題 Numerical Simulation of Multidirectional Waves in FlowWave
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taiga Kanehira, Hidemi Mutsuda, Kento Kawawaki, Yasuaki Doi, Hironori Yasukawa
2. 発表標題 Characteristics of Stern Slamming Pressure in Following Irregular Waves
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金平 大河, Andi Ardianti, 陸田 秀実, 土井 康明
2. 発表標題 SWE-SPH法による海洋波と沿岸構造物の相互作用に関する研究
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----