

国際科学技術共同研究推進事業  
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「低炭素社会の実現に向けた先進的エネルギーシステムに関する研究」

研究課題名「マレーシアにおける革新的な海洋温度差発電

(OTEC) の開発による低炭素社会のための持続可能な

エネルギーシステムの構築」

採択年度：平成30年（2018年）度/研究期間：5年/

相手国名：マレーシア

令和2（2020）年度実施報告書

国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

2019年 3月25日から2023年 3月24日まで

JST側研究期間<sup>\*2</sup>

2018年 6月 1日から2023年 3月31日まで

(正式契約移行日2019年 4月 1日)

\*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

\*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた年度末

研究代表者：池上 康之

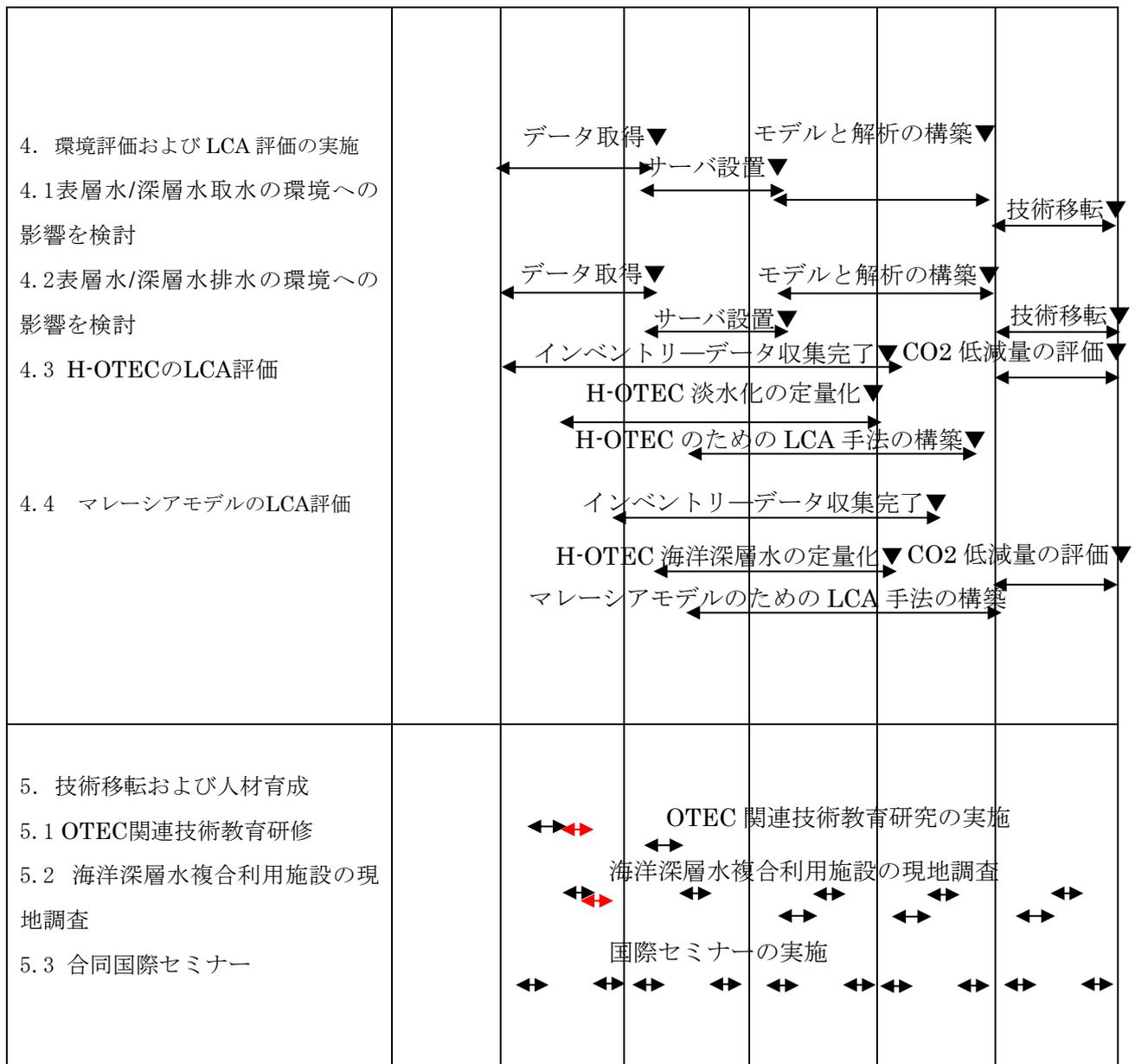
佐賀大学・教授

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

(H-OTEC: Hybrid Ocean Thermal Energy Conversion)

研究題目・活動	2018年度 (10ヶ月)	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度 (12ヶ月)
1. H-OTECシステム研究・開発 1.1 実験用システム基本設計 1.2 熱交換器の製造完了 1.3 試験装置の製作(本邦) 1.4 試験装置の輸送・試運転完了 1.5 システムの低コスト化技術の確立		▼ 実験プラントの基本設計完了 ▼ 熱交換器の製造完了	▼ 試験装置製作(本邦での組立完了) ▼ 実験装置完成			システムの低コスト化技術の確立
2. H-OTECの発電・造水技術確立 2.1 発電出力・造水性能達成 2.2 H-OTECの運転条件最適化 2.3 大型化(実機)の基本設計完了		海水データの取得		発電電力・造水性能達成 システムの運転最適化完了 実機基本設計の完了		
3. 海洋深層水の複合利用モデルの 基盤構築 3.1 社会実装候補地の検討 3.2 マレーシアに適した海洋深層 水複合利用方法の検討 3.3 マレーシアにおける海洋深層 水複合利用モデルの経済性評価			社会実装候補地の選定			マレーシアに適した海洋深層水複合利用方法の検討完了 海洋深層水複合利用モデルの経済性評価完了



\*新型コロナウイルス蔓延防止対策によるマレーシア内の行動制限および緊急事態発令により、マレーシア側の H-OTEC 機器格納建屋建設が遅れているため、H-OTEC 試験装置の輸送、試運転が大幅に遅れる見込み。運転の遅れによって、その後の発電・造水技術の確立等の取り組みが大幅に遅れる見込み。

(2)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

- ・新型コロナウイルス蔓延防止のための行動制限の影響により、本邦での全ての会議、トレーニング、セミナー等がオンラインでの実施となった。
- ・H-OTEC の優位性を明確にするため、H-OTEC の試験装置以外に提供機材として熱交換器の汚れ比較試験装置を新規で設置し、建屋が無くても先行して一部試験を実施する予定である。

## 2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

### (1) プロジェクト全体

本事業では、発電と海水淡水化による造水を同時に実現する(Hybrid Ocean Thermal Energy Conversion, 以下 H-OTEC)の開発を中心とし、マレーシアの地域に根差した海洋深層水利用の複合利用モデルである“マレーシアモデル”を提案し、OTEC および海洋深層水関連事業の事業展開を明確に示すことで社会実装に繋げることを目標としている。この目標を達成するために、H-OTEC 試験装置およびマレーシア近海の海洋データサーバを提供し、その関連技術の技術移転および人材育成によって共同でマレーシア国内での社会実装に向けた取り組みを実施する。

2020 年度は、新型コロナウイルスの影響により、マレーシアと日本での移動はできず、計画した内容の実施形態が大幅に異なる対応となった。マレーシア国内では、新型コロナウイルス蔓延対策としての移動制限、日本国内においても緊急事態宣言の発令等によって、基本的にオンラインシステムを活用したコミュニケーションとなった。そのため、専門家の派遣は全てオンラインで対応した。

日本からマレーシアに提供する機器は、H-OTEC 試験装置と海洋データサーバの 2 点である。2020 年度は佐賀大学において、マレーシアモデルの核となる H-OTEC の試験装置を製作し、製作元のゼネシス伊万里工場にて仮組立てを行った。同試験装置は、マレーシアのポートディクソン内の UPMIAquas に設置する予定であるが、同装置専用の建屋建設が新型コロナウイルス蔓延対策の移動制限によって大幅に遅れている。そのため、機器の輸送・設置および機器設置後の試験工程が大幅に遅れる状況となっている。

マレーシアモデルの中で、海洋深層水の複合利用については、マレーシアで海洋深層水を利用した水産物の事業化について、その品種を検討するための市場調査を行った。また、H-OTEC の商用化に向けて、H-OTEC のライフサイクルアセスメントの実施のための予備調査として、インベントリデータを収集した。

技術移転および人材育成としては、①20 名のマレーシア若手研究者がオンラインでの OTEC 関連技術教育プログラムへ参加したこと、および日本で仮組み立てした H-OTEC 試験装置を用いたオンライン技術説明会を実施した。また、第 1 回 SATREPS-OTEC フォーラムをオンラインで実施し、研究成果を一般に公開した。

さらに、H-OTEC の低コスト化技術の確立のため、主要機器であるフラッシュチャンバー、蒸発・凝縮熱交換器の小型モデルの製作を行い、より高効率かつコンパクトなフラッシュ蒸発室および高い伝熱性能の熱交換器の実現に向けた基礎データを取得するための試験装置による熱交換器の性能評価を実施し、プレート式熱交換器を用いた内部流動現象の解明のため、透明樹脂を用いた内部流動現象の可視化、Computational Fluid Dynamics(CFD)による内部流れの可視化を行った。

以下に、2020 年度に実施した 5 つの研究題目の実施内容の概要を以下に示す。

### (2) 研究題目 1 : H-OTEC システム研究・開発 (PO : Output 1)

リーダー

日本側	池上 康之	マレーシア	A Bakar Jaafar
-----	-------	-------	----------------

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

① 研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

本研究題目では、2019 年度に H-OTEC 試験装置の基本設計を行い、2020 年度末までに同試験装置を日本において組み立てる。その後、2021 年中にマレーシアに設置・試運転を行い、試験装置を整備する。一方、H-OTEC システムの更なる低コスト化のため、佐賀大学海洋エネルギー研究センターにおいて 2019 年度から 2023 年度にかけて熱交換器、フラッシュ蒸発器などの各主要機器の高性能化やシステムの最適化を検討する。

2019 年度は、H-OTEC システムのパラメータ解析によって試験装置の基本設計を行い、その基本設計に基づき、試験装置の製作に着手した。一方、フラッシュ蒸発器や H-OTEC 用蒸発・凝縮器の詳細な性能評価および基礎現象を解明するため、佐賀大学海洋エネルギー研究センター内に小型試験装置を設置した。

2020 年度は、主に(1)H-OTEC 試験装置を本邦で組上げて試運転を行い、マレーシア側へ輸出する、(2)佐賀大学内の既往の設備を活用し、蒸気の凝縮および OTEC の作動流体であるアンモニアの蒸発を同時に行う熱交換器の基礎特性試験を行う計画であった。

2020 年度は予定通りゼネシス本社工場（佐賀県伊万里市）で H-OTEC 試験装置の仮組立を実施した（2020 年 12 月末完了）。H-OTEC は、過去の OTEC の研究において理論的研究は実施されているが、本格的に実験できる本装置の規模の実験装置は世界でも製作されていない。

当初計画では、2020 年度末にマレーシアへ輸送する予定であったが、マレーシア側で新規建設している建屋の工期が新型コロナウイルス蔓延防止に伴う移動制限の影響で遅れている。マレーシア側での輸送期間を短くするため、本邦からマレーシアへの輸送は 10 ヶ月程遅い 2022 年 1 月頃になる見込みである。

一方、OTEC の基礎に着目した研究も実施している。H-OTEC の熱力学的基本特性について、2019 年度に日本海洋深層水利用学会の全国大会（オンライン）で発表した（安永他，海洋深層水研究，21(1), 2020, p.10)。また、2019 年度に発表した OTEC の基本的な性質および新たな熱効率やエクセルギー効率などの評価方法について、国際学会で発表した後（Yasunaga and Ikegami, 8<sup>th</sup> Int. OTEC Symposium, 2021）、その研究を中心に纏めた内容が国際論文誌に掲載予定となった（Yasunaga, et al, Energies, 14(8), 2021, p.2236）。

H-OTEC システムの開発の核となるフラッシュ蒸発器および海水中の不凝縮ガスを除去する脱気器の高性能化のため、2019 年度に小型の試験装置を製作した。同装置は、佐賀大学海洋エネルギー研究センター内にある既往の海洋温度差発電および海水淡水化設備を活用し、発電部のアンモニアラインおよび海水供給ラインに増設する形で設置している。2021 年度は、H-OTEC の核となる蒸発・凝縮器（アンモニアを蒸発させ、水蒸気を凝縮する）の性能評価を行い、この熱交換器の性能を基に H-OTEC システム全体の性能特性を理論的に明確にした。これらの結果は、今後、国際学会や国際論文誌で発表する予定である。

② 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

本研究題目内の技術移転内容は、基本的に研究題目 5 における活動を中心に実施している。本事業では、カウンターパートであるマレーシア工科大学への技術移転のため、①UTM の研究者の基

礎教育、②佐賀大学海洋エネルギー研究センター伊万里サテライトおよび久米島サテライトにおける装置を用いた OJT(On the Job Training)による技術移転を計画している。そのため、全研究題目に共通する技術移転内容の進捗状況については、研究題目 5 にて詳細状況を報告し、本研究題目内での報告は割愛する。

#### ③ 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

マレーシアにおいて、H-OTEC 試験装置を設置するための建屋を UPMI-AQUAS に新たに建設する必要があり、2020 年度末までに完工予定であったが、その建設が遅れている。現状、新型コロナウイルスの影響によって 2021 年末の完工へと大幅な工期の延長が推測されている。本建屋については、マレーシア内での新型コロナウイルス蔓延防止のための外出禁止・移動制限により、建設に向けての計画(設置場所の確定、基礎・建屋建設の入札準備)が大幅に遅れたのが要因である。本邦から輸送後、マレーシアにおける保管期間をできるだけ短縮するため、今後、装置輸送日程の調整が必要である。同国内は、近日、初めての緊急事態宣言の発令など更なる移動制限を強いられている。引続き状況を注視し、全体スケジュールへの反映および対策を検討する予定である。

#### ④ 研究題目 1 の研究のねらい (参考)

H-OTEC の基本設計、装置製作、設置、試運転と、OTEC の装置製作から試運転までの熱バランス、プロセス設計及び試運転を共同で実施することで、OTEC のプロセス設計に係る技術移転および人材育成を行う。さらに、H-OTEC 実験装置をマレーシアに設置することで、マレーシア工科大学 OTEC センターを中心に、本事業後も継続して研究できる環境を整える。

#### ⑤ 研究題目 1 の研究実施方法 (参考)

図 1 に H-OTEC 概略フロー線図を示す。H-OTEC の基本設計では、定常状態での各状態点におけるエネルギーおよび質量保存則および各構成機器の性能を仮定し、各状態の質量流量、温度、圧力、エンタルピー、エントロピーを算出する。2019 年度は定格の 3kW の出力を得るための熱源や作動流体の流量、機器の仕様を算出し、基本図面となるプロセスフロー線図を作成した。2020 年度は、佐賀大学海洋エネルギー研究センター内に設置した小型 H-OTEC 実験装置 (図 2) を用いて、プレート式蒸発・凝縮器の性能を測定した。また、得られた蒸発・凝縮器の性能および従来から実施している凝縮器の性能を用いて、1MW 規模の商用機 (実機) の試設計を行った。

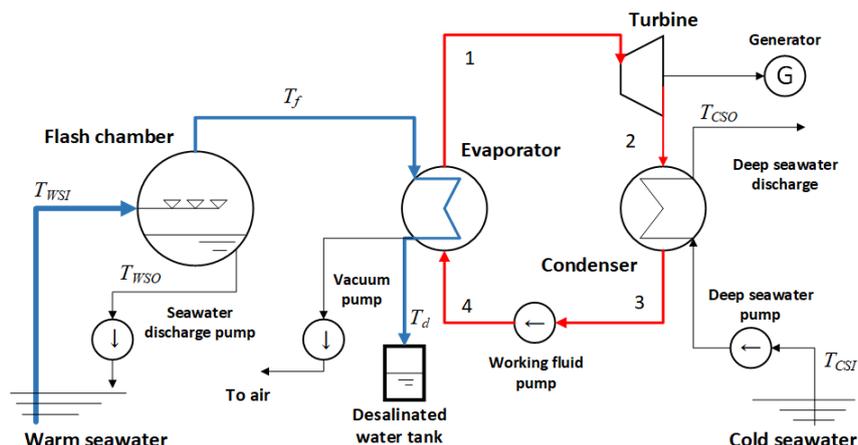


図1 H-OTEC 概略フロー線図



図2 小型 H-OTEC 試験装置

一方、更なる OTEC の熱交換器の高性能化に寄与するため、2019 年度に実施した熱力学的な視点から熱交換器を簡易的に選定する方法を進展させ、新たな熱交換器の性能評価方法を提案した。また、プレート式熱交換器内の蒸発、凝縮現象を解明するため、まずはプレート内の蒸発について、CFD (Computational Fluid Dynamics) モデルの構築を行っている。CFD モデルの構築では、Ansys Fluent を用い、加熱したプレート面からアンモニアを蒸発させ、その蒸発熱伝達係数を算出し、実験結果との比較を行っている。2020 年度は、平板のプレート面からの蒸発現象について、既往の実験および CFD 結果と新たに構築した CFD モデルの比較を行った。一方、プレート面からの蒸発現象については、3D プリンタで製作した透明樹脂の熱交換器を用いた可視化を行った。2020 年度は、高速度カメラで撮影した画像を処理することで、2 次元平面に簡素化した気泡の割合を抽出し、蒸発時のボイド率の計測を行った。計測結果から、目視による流れ状態の観測とボイド率から推測される流れの状態の比較を行った。現状の画像処理プログラムは、比較的低いボイド率の状態でのみ有効な測定が可能であるため、今後はさらなるプログラムの改善を行っていく予定である。

参考文献

Yasunaga, T., Kevin, F., Ikegami, Y., Performance evaluation concept in ocean thermal energy conversion

towards standardization and intelligent design, *Energies*, Vol.14, No.8 (2021) p.2336, DOI:10.3390/en14082336

Yasunaga, T., Ikegami, Y., Theoretical model construction for renewable low-grade thermal energy conversion: an insight from finite-time thermodynamics, *Proceedings of IIR Rankine 2020 conference*, p.1185 (2020) DOI:10.18462/iir.rankine.2020.1185.

Yasunaga, T., Okuno, T., Ikegami, Y., Parametric analysis of novel self-water supply ORC power system for hot spring thermal energy conversion, *Proceedings of IIR Rankine 2020 conference*, p.1184 (2020) DOI:10.18462/iir.rankine.2020.1184.

Yasunaga, T., Ikegami, Y., Fundamental characteristics in power generation by heat engines on thermal energy conversion (Construction of finite-time thermodynamics model and effect of heat source flow rate), *Transaction of the JSME (in Japanese)*, Vol.86, No.886, (2020) DOI:10.1299/transjsme.19-00383.

(3) 研究題目 2 : H-OTEC の発電・造水技術確立(PO : Output 2)

リーダー

日本側	安永健	マレーシア	Sathia Thirugnana
-----	-----	-------	-------------------

①研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

本研究題目では、主に H-OTEC 試験装置の設置場所である UPM I-AQUAS 内での実証試験に関する活動と、社会実装に向けた商用化プラントの設計を実施する。UPM I-AQUAS 内での実証試験では、年間を通じた同設置場所近海の海域の海水データの蓄積し、2021 年度以降に、研究題目 1 で製作し H-OTEC 試験装置の設置、運転の最適化を実施する計画である。

具体的な実験項目は、1) 試験海域の基本海水データの収集(2019～2023 年度)、2) 定格条件での発電・造水性能試験 (2021 年度)、3) 連続運転による安定運転の確認 (2022-2023 年度)、4) 各種運転条件 (定格以外の熱源条件での) の性能確認(2021-2022 年度)、5) システムの安定制御方法の確認(2021-2023 年度)、6) H-OTEC からの排水性能性状確認 (2021-2023 年度)、7) 製造水の性状確認を行う(2021-2023 年度)。また、発電・造水コストの評価と共に、大型化(実機)の基本設計として、実機のヒートバランス、基本設計を実施する予定である。しかし、現状、H-OTEC の試験装置設置完了が大幅に遅れる見込みであり、当初予定していた性能試験は、今後、短縮して実施する計画に変更する必要がある。

2020 年度は、2019 年度に引き続きマレーシア側で海水データの収集を実施している。現状は、出張できない状況であることから、2019 年度末以降の佐賀大学側の海水サンプリングは実施せず、マレーシア側研究者の海水分析データに留まる。本件については、引続き 2021 年度もマレーシア側を中心に海水データを計測し、そのデータの蓄積を行うことで、試験装置の性能評価に反映する予定である。

一方、社会実装に向けて、マレーシア国内のポテンシャル試算をマレーシア側研究者が中心となって実施し、共著論文として国際論文誌への掲載 (Thrugnana, et al., *Journal of marine Science and Engineering*, Vol.9 (1), 2020,p.22) および国際・国内の学会で発表した (Thrugnana, et al., 8<sup>th</sup> OTEC symposium, 2021, Thrugnana, et al., *海洋深層水研究*, 21(1), 2021, p.10)。

## ②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

本研究題目における主な技術移転は、マレーシアにおける H-OTEC 試験装置の建設、試運転および運転ノウハウを OJT で技術移転する予定である。2020 年度は本邦で製作・仮組み立てを行った H-OTEC 試験装置について、マレーシア側研究者を招聘し、本邦でのトレーニングを実施する予定であった。新型コロナウイルスの影響により移動ができない状況であることから、オンラインでのトレーニングを行い、マレーシア現地での組み立て方法、装置の基本的な仕組み、仕様、配置の説明を行うことで、マレーシア側の研究者の育成を図った。

その他各研究題目に共通の技術移転については、研究題目 5 における技術移転および人材育成にて実施しているため、本研究題目では報告を割愛する。

## ③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

マレーシアにおいて、H-OTEC 試験装置を設置するための建屋を UPMI-AQUAS に新たに建設する必要があり、2020 年度末までに完工予定であったが、その建設が遅れている。現状、新型コロナウイルスの影響によって 2021 年末の完工へと大幅な工期の延長が推測されている。本建屋については、マレーシア内での新型コロナウイルス蔓延防止のための外出禁止・移動制限により、建設に向けての計画(設置場所の確定、基礎・建屋建設の入札準備)が大幅に遅れたのが要因である。本邦から輸送後、マレーシアにおける保管期間をできるだけ短縮するため、今後、装置輸送日程の調整が必要である。また、計画していた実験の期間が大幅に短縮されることから、計画内容を見直す必要がある。オンラインでも対応可能な試験装置のデータ解析プログラムなどは先行して実施する必要がある。同国内は、近日、初めての緊急事態宣言の発令など更なる移動制限を強いられている。引続き状況を注視し、全体スケジュールへの反映および対策を検討する予定である。

一方、H-OTEC と従来のクローズド OTEC (C-OTEC) の性能比較の一環として、表層海水を用いた熱交換器の海生物由来の汚れ試験を新たに実施することにした。本試験では、H-OTEC の特徴である蒸発・凝縮器の利用と海水を直接流す従来の C-OTEC の性能比較の基礎データの構築および H-OTEC 性能試験の設置前に熱交換器の性能試験を実施し、先行して技術移転を行う目的である。

## ④研究題目 2 の研究のねらい (参考)

本研究題目では H-OTEC の運転を通し、H-OTEC の特性を理解すると共に、発電・造水のバランスを考慮した最適運転状態を明確にし、1MW 以上の発電容量の商用機の設計に反映し、商用機規模の H-OTEC の発電コストを明確にすることである。

## ⑤ 研究題目 2 の研究実施方法 (参考)

本研究題目では、H-OTEC の試験において必要となる海水データを取得し、試験装置設置海域のデータを整理し、蓄積する。具体的には、海水の温度、塩濃度、電気伝導度、溶存酸素(H-OTEC の真空ポンプ動力に影響を与える)、pH 等で有る。2020 年度は、本邦から出張して現地でのサンプリングができないことから、マレーシア側で海水をサンプリングして分析を実施している。

## 参考文献

- Thirugnana, S. T., Jaafer, A. B., Yasunaga, T., Nakaoka, T., Ikegami, Y., Su, S., Estimation of ocean thermal energy conversion resources in the East of Malaysia, Journal of marine Science and Engineering, Vol.9, No.1 (2021) p.22, DOI:10.3390/jsme9010022.
- Matsuda, Y., Suyama, D., Sugi, T., Goto, S., Yasunaga, T., Ikegami, Y., Construction of a state space model with warm and cold seawater flow rate inputs for an OTEC plant using Rankine cycle, Proceedings of SICE annual conference 2020 (2020) pp.1856-1861.
- Matsuda, Y., Sakai, R., Sugi, T., Goto, S., Yasunaga, T., Ikegami, Y., Construction of a state space model for a spray flash desalination system, Proceedings of 4<sup>th</sup> IEEE conference on Control Technology and Applications, (2020) p.922-927.
- Matsuda, Y., Suyama, D., Sugi, T., Goto, S., Yasunaga, T., Ikegami, Y., Construction of a state space model for an OTEC plants using Rankine Cycle with heat flow rate dynamics, Proceedings of the 21<sup>st</sup> IFAC World Congress (2020) pp.13225-13230.
- Matsuda, Y., Sakai, R., Sugi, T., Goto, S., Yasunaga, T., Ikegami, Y., Control system for water level control of flash chamber in a spray flash desalination system via stochastic process, Proceedings of the 51<sup>st</sup> ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications (2020) pp.7-12.

### (4) 研究題目 3 : 海洋深層水の複合利用モデルの基盤構築(PO : Output 3)

リーダー

日本側	池上 康之	マレーシア	Rahayu Binti Tasnim
-----	-------	-------	---------------------

#### ①研究題目 3 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

社会実装候補地の検討では、マレーシアにおける海洋基本データなどを取得・活用することで OTEC の適用可能な地域を明らかにし(2020～2023 年度)、当該社会実装候補地域の海水を分析し、その地域での実施可能性を検証する(2021～2023 年)。マレーシアに適した海洋深層水の複合利用形態の検討では、既往の海洋深層水複合利用形態およびその経済性の把握(2019-2020 年度)、マレーシアに適した複合利用形態およびその経済性の検討(2021-2022 年度)、マレーシアに適した複合利用形態モデルの選出(2023 年度)を行う。

2020 年度は、2019 年に引き続き海洋深層水で養殖可能な水産物の検討を行い、その市場や価格の調査を行った。さらに、沖縄県久米島の情報を収集し、久米島における海洋深層水の利活用状況および経済性試算データを収集した。また、具体的な社会実装候補地はマレーシア国内のサバ地区であり、同地域の政府とのコンタクトを始めている。

#### ②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

海洋深層水の複合利用についての技術移転は、OTEC 関連人材育成として、日本における海洋温度差発電と海洋深層水に関する研修を実施し、沖縄県久米島における海洋深層水産業の視察などを実施し、今後のマレーシアモデルの構築のための基盤教育を実施した。同研修の参加者が、独自で海洋温度差発電の排水を用いた海洋深層水の複合利用方法を検討し、マレーシアと日本の合同プロジ

ェクト会議にて、出席した研究者に対して提案した。

海洋深層水を用いた養殖として、アオサの養殖方法について、佐賀大学の平山招聘教授が培養方法の指導等を行った。

③研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開  
特になし

④研究題目 3 の研究のねらい（参考）

本研究題目は、マレーシアモデルを構築する上で、海洋深層水を資源として利用した場合の複合利用方法について、日本での取り組み事例を参考に、マレーシアでのニーズ、気候などに合わせた事業を構築し、経済的な実現可能性を検証することをねらいとする。

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法（参考）

マレーシア側の研究グループには、マレーシアモデルの経済性検討を行うグループが有る。2020 年度は、2019 年度に引き続き海洋深層水で養殖可能な水産物を調査し、その市場や価格の調査を実施した。この価格調査において、経済的に成立する可能性が有る事業、大きな市場が有る事業を認識した。

海洋温度差発電および海洋深層水の研修に参加したメンバーが、研修の最終日に、4 つのマレーシアモデル(案)を提案した。その内容を更に協議することで、マレーシアモデルのイメージを共有した。

(5) 研究題目 4 : 環境評価および LCA 評価の実施(PO : Output 4)

環境評価リーダー

日本側	早稲田 卓爾	マレーシア	Mohd Fadzil
-----	--------	-------	-------------

LCA 評価リーダー

日本側	田原 聖隆	マレーシア	Chiong Meng Soon
-----	-------	-------	------------------

① 研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

環境評価グループは、マレーシアトレンガヌ大学(UMT)海洋環境研究所と、共同観測およびモニタリングの研究について協議を実施した。また、東京大学に構築したプロトタイプ of データサーバーに、データセットの登録を開始した。

構築したプロトタイプ of マレーシアデータサーバーは、海洋再解析データの物理変数および算出した温度差エネルギーポテンシャル等を netCDF 形式で保管する。データは、図 3 の範囲を対象として収集する。メタデータを THREDDS (Thematic Real-time Environmental Distributed Data Services) で管理し、簡便なユーザーインターフェースで検索および可視化が可能な LAS (Live Access Server) に登録する。図 4 に LAS の例を示す。登録したデータリストから、データセット・変数を選択し、任意の領域・時間におけるマップを作図することができる。選択した数値データをダウンロードすることもできる。

収集するデータはそれぞれデータ頻度、水平・鉛直格子などが異なる。それらから、物理変数の気候値、季節気候値、月気候値、年平均とそれらのばらつき（標準偏差、最大・最低値など）、さらには、

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

温度差、温度差パワーなど新たに導出する変数を作成しデータサーバーに登録を行う。表 1 に現状をまとめる。順次データセットを作成する。

サーバーは現時点では内部 LAN 限定で運用している。データアーカイブが充実した段階で、プロジェクト関係者限定で公開する予定である。また、最終的にはマレーシアにシステムを移植し、SATREPS-Malaysia server としてデータを公開する。

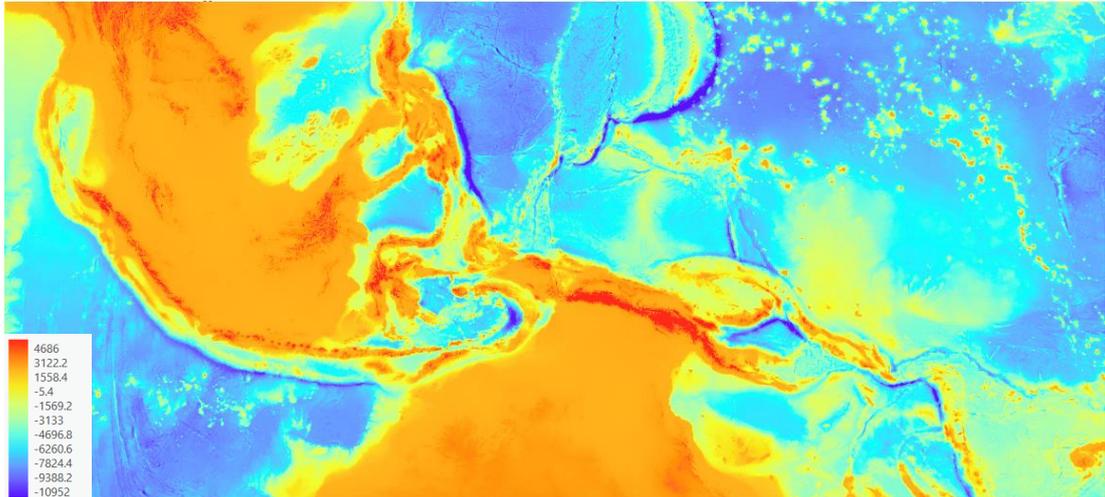


図 3：マレーシアサーバーでデータを収集する海域とその海底地形図

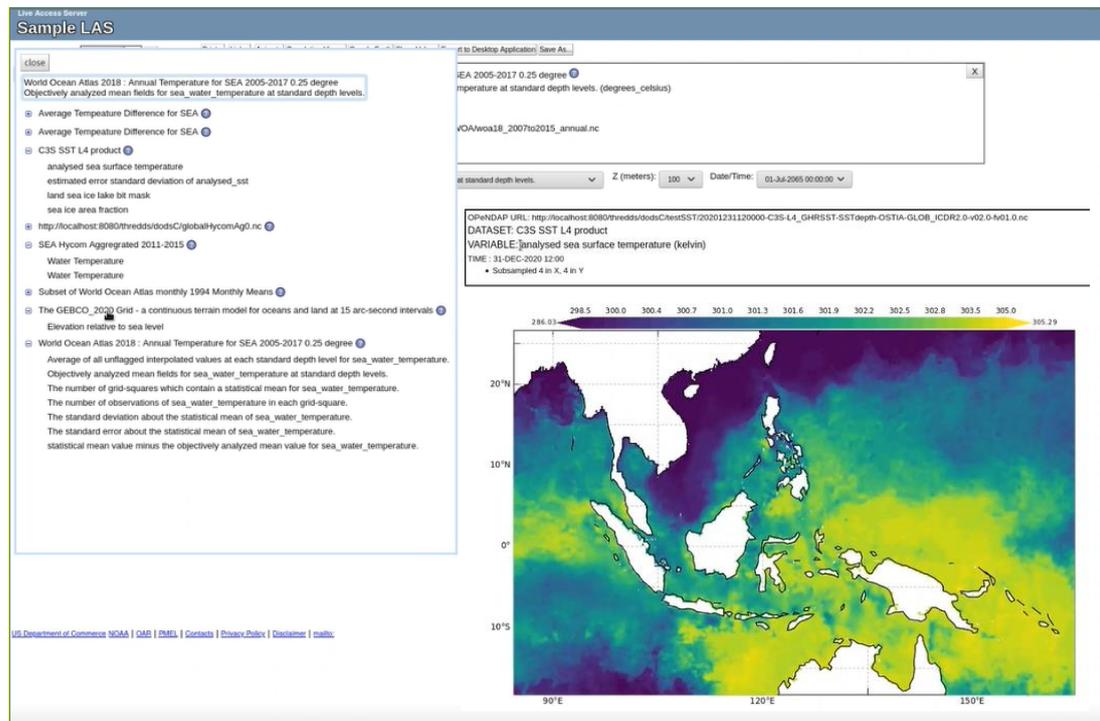


図 4：構築した Live Access Server：左のリストからデータセット・変数を選択、領域・時間などを指定して作図する。また、選択したデータを netCDF、CSV 形式などでダウンロード可能

表 1：マレーシアサーバーへ登録するデータ候補と登録状況

Dataset	THREDDS	LAS	Global Derived Product	Malaysia Derived Product
Bluelink	-	-	-	-
HYCOM	Completed	Completed	Completed	Completed
ERSSTv5	-	-	-	-
C-GLORS & CHOR	-	-	-	-
World Ocean Database	In Progress	In Progress	-	-
World Ocean Atlas	Completed	Completed	Completed	Completed
ICOADS	Completed	Completed	-	-
ERA5	In Progress	In Progress	-	-
20CRv2c	-	-	-	-
GEBCO	Completed	Completed	-	-
ETOPO1	-	-	-	-
Analysis SST	In Progress	In Progress	-	-
GHRSSST	In Progress	In Progress	-	In Progress
MURSST	-	-	-	-

LCA 評価グループは、H-OTEC 及びマレーシアモデルのライフサイクルアセスメント（Life Cycle Assessment：LCA）を実施するために、まず上記に関連する施設や設備の製造に関するインベントリデータを収集し分析した。2020 年度は、H-OTEC の製造段階に入力される原材料に関する情報を、インベントリデータとして利用できる形式に整えた。次に、インベントリデータの特徴を把握した上で、H-OTEC 及びマレーシアモデルの LCA 手法の構築に着手した。例えば、H-OTEC 製造企業から得られた素材等の情報をもとに H-OTEC の各入力項目を、インベントリデータベース IDEA（Inventory Database for Environmental Analysis）に格納されている各製品に上流連鎖させる手法を検討した。また、各 IDEA 製品が有する基準単位に、H-OTEC の各入力項目の単位を変換する手法を検討した。そして、H-OTEC の淡水化の定量化、マレーシアモデルの海洋深層水の定量化を実施するために、情報を収集し整理した。

## ② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

データサーバーの移植はまだ行っていない。構築したプロトコルをマレーシアに納入する計算機に移植する予定である。パートナーの Universiti Malaysia Terengganu の Mohd Fadzil のグループでは、マレーシア近海の海洋モデル計算を独自に行っているため、今後は、そのデータのデータサーバーへの登録についても協力して行っていく。

LCA 評価グループは、カウンターパートであるマレーシア工科大学とオンライン会議を、2020 年 6 月から 2021 年 3 月まで月 1 回合計 10 回開催した。打ち合わせでは、送電ロスを考慮した 1kWh 当たりのプロセスデータの作成、久米島モデルから算出した GHG 排出量の多い製品（プラスチック、石炭、アルミニウム、銅）に関する情報収集、H-OTEC 用建屋の入力項目について、意見交換をした。また、産業技術総合研究所のインベントリデータ作成経験から得られた、精度の高いプロセスデータを作成する手法について、マレーシア工科大学と知見を共有した。

③ 研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開  
特になし

④ 研究題目 4 の研究のねらい（参考）

H-OTEC の LCA を実施することによって、環境側面から H-OTEC/マレーシアモデルを評価することが研究のねらいである。精度の高い LCA を実施するために、マレーシアの製造技術を反映したインベントリデータを作成する必要がある。そのため、マレーシア工科大学は在マレーシアのプラスチック製品製造企業やアルミニウム製造企業等に連絡を取り、情報を収集した。また、IDEA に格納されているインベントリデータの素材や重量等に関する情報と、H-OTEC 製造企業から得られたそれらの情報を照らし合わせることによって、実態に近いインベントリデータを作成でき、それらを用いて LCA を実施することによって、実態に即した環境影響を評価できる。また、H-OTEC のライフサイクル全体の環境影響を効率的に低減させる方法を検討する際には、IDEA 製品別または H-OTEC 製造企業から得られた入出力項目別に細分化して分析することができる。

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法（参考）

#### 1. H-OTEC の LCA の実施概要

H-OTEC の LCA を実施するためには、H-OTEC のライフサイクル（製造・運用・廃棄段階）に入力または出力される原材料、エネルギー、廃棄物等のすべてについて、その項目及び数量（または金額）を調査する必要がある。2020 年度は、製造段階に入力される各原材料に関する情報を、H-OTEC 製造企業から収集できたので、それらを分析した。H-OTEC の原材料に関する情報を表 2 に示す。

表 2 H-OTEC の原材料に関する情報

		入力[種類]	具体的な入力項目
H-OTEC 設備		25	コンデンサー、タンク、ポンプ
建屋	ドア	4	ドアフレーム、ローラーシャッター
	階段	1	軟鋼製階段
	窓	7	アルミ製窓枠、窓用ガラス
	その他	14	屋根、コンクリートランプ
取水管		1	高密度ポリエチレン取水管
合計		52	

H-OTEC への入力、コンデンサーやタンクといった H-OTEC の部位ごとに得ることができた。また、1 部ではあるが、素材の種類やその重量を得ることもできた。各入力を IDEA 製品と対応させた。対応させた IDEA 製品のうち、「蒸発機器、蒸留機器、蒸煮機器、晶出機器[265216000pJPN]」、「熱交換器[265213000pJPN]」及び「油圧ポンプ[252311000pJPN]」等は、基準単位を[台]に設定し、平均的な機器 1 台当たりの重量や容積のインベントリデータを整備している。IDEA 製品 1 台当たりの重量や容積が、H-OTEC のそれらと異なっているにも関わらず、H-OTEC の LCA に IDEA 製品のインベントリを用いてしまうと、実態と異なる結果が生じてしまう。そこで、H-OTEC 製造企業から取得した 1 台当たりの重量や容積を、IDEA で作成されている日本の平均的な機器 1 台当たりの重量や容積で除することによって、入力する 1 台当たりの環境負荷を推定した。ライフサイクル全体からの環境負荷に占める環境負荷

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

の割合が多い機器については、精度を向上させるために、機器の素材の種類を詳細に調査した。

## 2. マレーシア固有のインベントリデータの作成

IDEA に格納しているインベントリデータを、H-OTEC の LCA のバックグラウンドデータとして利用することを考えているが、IDEA が前提としている技術（製造方法、原材料の種類、歩留まり率、製品の品質等）は、原則として日本を前提としているため、マレーシア独自の情報を収集・分析し、その実態を反映したマレーシア版の IDEA を作成することができれば、より精度の高い LCA を実施することができる。しかし、IDEA に格納されているすべての製造プロセスが本プロジェクトの LCA に利用されるわけではないので、久米島モデルの 1MW の OTEC の LCA を参考にして、GHG が多い産業から優先的にマレーシア版を作成することにした。GHG の産業別ランキングを表 3 に示す。

表 3 久米島モデルの OTEC に由来する GHG の産業別ランキング

順位	産業名	GHG [t-CO <sub>2</sub> eq]
1	プラスチック製品製造業	2,857
2	廃棄物処理業	1,757
3	電気業	1,490
4	非鉄金属製造業	901
5	建築業	628
6	鉄鋼業	601
7	再生資源中間処理業	280
8	水運業	87
9	窯業・土石製品製造業	75
10	金属製品製造業	54
11	一般機械器具製造業	52
12	石油製品・石炭製品製造業	5
13	化学工業	4
14	電気機械器具製造業	2
	合計	8.793

久米島モデルの OTEC の報告書を整理することによって、高密度ポリエチレン製の取水管等が属するプラスチック製品製造業から排出される GHG がもっとも多いことがわかった。GHG 排出量の多い産業から、マレーシア版の作成を試みることによって、LCA の精度向上を効率的に進めた。なお、廃棄物処理業及び再生資源中間処理業は、データ収集が困難であることが、これまでの研究からわかっていたため、マレーシア版のプロセスデータの作成対象から除外した。マレーシア工科大学は、上記の優先順位にしたがって、プラスチック製品製造企業 11 社、プラスチックの原材料を製造している石油化学製品製造企業 8 社、アルミニウム製造企業 11 社、石炭採掘企業 2 社に連絡を取り、情報収集を試みた。

## 3. H-OTEC の淡水化の定量化、海洋深層水の定量化

淡水化及び海洋深層水を定量化するために、マレーシア工科大学が H-OTEC の建屋の設計図や仕様を収集した。収集した情報から、必要な情報を抽出し整理した。

## 参考文献

1)国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 社会と LCA 研究グループ, 一般社団法人 サステナブル経営推進機構, LCI データベース IDEA version 2.3

### (6) 研究題目 5 : 技術移転および人材育成(PO : Output 5)

日本側	池上 康之	マレーシア	A Bakar Jaafar
-----	-------	-------	----------------

#### ① 研究題目 5 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

2020 年度の当初計画は、OTEC および海洋深層水の複合利用事業の技術移転および人材育成として、海洋深層水複合利用施設の現地調査を含む①OTEC 関連技術教育研修、および②佐賀大学の教員によるマレーシア工科大学での海洋温度差発電に関する講義（10 回以上）、さらに、マレーシアと日本においてそれぞれ合同国際セミナーを毎年実施することを予定していた。新型コロナウイルス蔓延防止のための移動制限に伴い、マレーシア工科大学での講義は中止となったが、久米島の現地調査を含む第 2 回 OTEC および海洋深層水利用技術教育研修は 4 日間（2020 年 1 月 18 日、25 日、2 月 2 日、8 日）のオンライン形式で実施し 20 名の参加者と 13 名のオブザーバーが参加した。佐賀大学海洋エネルギー研究センターが主催する第 7 回若手研究者のための海洋エネルギーに関する国際プラットフォーム人材育成事業を 2020 年 12 月 7 日～9 日にオンラインで開催し、本プロジェクトからは 3 名が参加した。本邦で仮組した H-OTEC 実験装置を活用した H-OTEC 試験装置の説明会を 2021 年 2 月 4 日に開催し、15 名が参加した。また、合同国際セミナーは、2021 年 3 月 10 日に第 1 回 SATREPS フォーラムをオンラインで開催し、58 名が参加した。

#### ② 研究題目 5 のカウンターパートへの技術移転の状況

2020 年度は新型コロナウイルス蔓延防止措置に伴う移動制限のため、OTEC 関連のオンライン技術研修によって人材育成および技術移転を行った。

##### 1) 第 7 回若手研究者のための海洋エネルギーに関する国際プラットフォーム人材育成事業（2020 年 12 月 7 日～9 日、計 3 日間）

この事業は、JST サクラサイエンスの支援を受け、佐賀大学海洋エネルギー研究センターが毎年主催する海洋エネルギー全般に関する人材の育成および参加者の交流による人脈形成を行うものである。2020 年度は、オンラインによる実施であり、13 か国から 71 名が参加した。外部講師を含む 5 名の国内の海洋エネルギーの各分野における代表研究者の講義および 22 名の若手研究者の研究発表を行った。さらに、参加者間での総合討論を通し、参加者間の交流を図った。本 SATREPS の事業からは、3 名が若手研究者として発表を行った。

##### 2) 第 2 回 OTEC および海洋深層水技術教育研修（2020 年 1 月 18 日、25 日、2 月 2 日、8 日、計 4 日間）

この研修は、オンラインで実施し、20 名のマレーシア若手研究者を実習生とし聴講者を含む最大

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

33名が参加した。初日は、海洋温度差発電に関する開発動向、発電の仕組み、性能評価方法、熱交換器の設計方法の基礎教育を学習し、佐賀大学海洋エネルギー研究センター内の設備を見学した。二日目は、久米島における海洋温度差発電実証設備および島内での海洋深層水の利用状況について学習した後に視察をオンラインで行った。更に、久米島モデルの理解を深めるため、久米島での海洋深層水利用モデルを試案した。三日目は、4つの班に分かれてのグループワークであり、久米島モデルの情報を基に、各グループでマレーシアモデルの提案を協議して、独自のマレーシアモデルを考案した。独自のマレーシアモデルを討論するブレインストーミングの機会を設け、それぞれのマレーシアモデルについて検討を行った。四日目は検討したマレーシアモデルを参加者へプレゼンし、本事業のマネージメントメンバーとマレーシアモデル作成の研究リーダーを中心に各マレーシアモデルを評価し、ベストマレーシアモデルを選出した。各参加者が積極的に協議に参加し、短期間ながら、各チームで考案したマレーシアモデルは非常に良く検討された優れた内容であった。

### 3) H-OTEC 実験装置を活用した技術説明トレーニング (2021年2月4日)

このトレーニングは、本邦で仮組み立てした H-OTEC 試験装置を用いて、同装置の設置方法、構成機器の役割やフローを学習するオンライントレーニングを実施した。約 15 名が参加し、マレーシア側所掌の海水の取排水管との取り付け点やマレーシア側が製作するタービンとの取り付け位置の確認、各構成機器の役割等の学習を行った。

### 4) 第 1 回 SATREPS フォーラム (2021年3月10日)

本フォーラムは、本事業での研究内容および成果を一般の方に紹介するフォーラムであり、佐賀市アバンセの会議室とオンラインのハイブリッド形式で開催し、58 名が参加した。本フォーラムでは、カウンターパートのプロジェクトダイレクターの基調講演とマレーシアおよび日本からそれぞれ 2 名が研究内容の紹介および成果報告を行った。

## ③ 研究題目 5 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

OTEC 関連技術研修では、2019 年度と異なり、オンライン開催として、約 1 か月の間に 4 日間とし、週 1 回のトレーニングとして実施した。また、最終回には、参加者 20 名が 4 チームに分かれて各チーム独自のマレーシアモデルを提案するプレゼンテーションを行い、本プロジェクトチーム内で提案内容を評価し、ベストマレーシアモデルを選出した。研修の実施日数は 2019 年度の 10 日間に比べて短期間であったが、4 チームが提案したマレーシアモデルは、エネルギー利用計画が定量的であり、経済的かつマレーシア独自の取り組みも含まれており、非常に優れた内容ばかりであった。

また、UTM 内で新設される講義の中で、OTEC の基礎について講義を実施することを計画している。基本的にオンラインでの講義実施であることから、より柔軟に佐賀大学の研究者間で講義を分担して実施することを想定している。2020 年度は講義に利用する教科書を作成し、2021 年に発行する予定。

#### ④研究題目 5 の研究のねらい（参考）

本研究題目は、カウンターパートであるマレーシア側の研究者への海洋温度差発電、海水淡水化、海洋深層水関連事業を中心に、技術移転およびマレーシア側の人材育成を行い、本事業に関連した事業による社会実装や関連教育を担う人材を育てることがねらいである。

#### ④ 研究題目 5 の研究実施方法（参考）

本研究題目の実施方法は主に 3 点である。第一に、佐賀大学が主催する海洋温度差発電および海洋深層水関連技術の研修にマレーシア側の研究者を参加させて実施する技術移転である。2020 年度はオンライン形式で実施し、マレーシア側から 20 名の若手研究者を含む最大 33 名が参加した。初日は海洋温度差発電(池上教授)、プレート式熱交換器(中岡特任教授)、海洋温度差発電の評価方法、海水淡水化(安永助教)の各講義を実施し、海洋エネルギー研究センター伊万里サテライト内の海洋温度差発電設備の視察、運転方法の学習を行った。設備の視察、運転方法の学習では、マレーシアに設置予定の H-OTEC 試験装置と類似のシステム構成で必要になる機器類の仕様、運転方法、メンテナンス方法を紹介し 15kW 海洋温度差発電実験装置の運転方法の紹介を行った。二日目は、久米島で主催し、100kW 海洋温度差発電実証設備の見学を行った。更に、沖縄県海洋深層水研究所内の関連設備の視察、海洋深層水を用いた農業、飲料水、化粧品などの紹介ビデオを見て質疑を行った。三日目、四日目は、参加者 20 名を 4 つのグループに分け、久米島における海洋温度差発電を中心とした海洋深層水の複合利用形態（久米島モデル）を基に、マレーシアモデルのブレインストーミングを行うことで、その考え方を学習すると共に、複合利用形態の構成を考えるポイントについて、久米島での経験を聴取した。三日目は久米島モデルの理解を深めるため、久米島での海洋深層水利用モデルを試案し、久米島モデルの情報を基に、各グループでマレーシアモデルの提案を協議して、独自のマレーシアモデルを考案した。独自のマレーシアモデルを討論するブレインストーミングの機会を設け、それぞれのマレーシアモデルについて検討を行った。四日目は検討したマレーシアモデルを参加者へ各チーム約 30 分のプレゼンを行った。

第二に、日本で仮組み立てしている H-OTEC 実験装置を活用したオンラインの技術説明トレーニングである。このトレーニングは、本邦で仮組み立てした H-OTEC 試験装置を用いて、取水から発電、造水、排水までの流れをオンラインで確認しながら、同装置の設置方法、構成機器の役割やフローを学習した。特に、マレーシア側所掌の海水の取排水管との取り付け点やマレーシア側が製作するタービンとの取り付け位置の確認、各構成機器の役割等の学習を行った。

第三に、マレーシアおよび日本における国際セミナーを開催し、研究内容を紹介することである。2020 年度 3 月 10 日に第 1 回 SATREPS フォーラムを佐賀市アバンセの会議室とオンラインのハイブリッド形式で開催した。本フォーラムでは、研究代表者である池上センター長の挨拶を皮切りに、カウンターパートのプロジェクトダイレクターの 30 分の基調講演とマレーシアおよび日本から各 2 名が質疑を含めて 20 分の研究内容の紹介と成果報告を行った。2021 年 1 月 27 日～29 日にオンラインで開催された第 8 回国際海洋温度差発電シンポジウムでは、全体で 45 件の研究発表が行われ、本 SATREPS チームから 10 件の研究発表を行った。

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

## II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

今後のプロジェクトの進め方の中で、技術移転や人材育成の中で計画を見直す必要が有るのは、両国の研究者のマレーシア/日本への渡航計画である。マレーシア国内は現状緊急事態宣言が発令されており、大学内だけでなく、国内の移動が制限されている状況である。基本的にはオンラインでの対応を継続することになる。の実施内容を佐賀大学も海外への渡航が自粛されており、解禁の日程が明確でない。2020年度の活動はオンラインを中心とした会議、研修の実施であり、2021年度も同様の取り組みが継続される可能性が高い。

UPM I-AQUAS に設置する H-OTEC 試験装置用の建屋の建設が遅れていることから、H-OTEC 試験装置の運転開始が大幅に遅れる見込みである。

現状、複数のマレーシア内の民間企業と協議しながら、社会実装へつなげる活動を行っている。本事業では、発電だけでなく、造水、海洋深層水の複合利用における水産業、農業など多岐にわたる。そのため、今後、多くの官民の事業者と社会実装の可能性を協議する必要がある。

## III. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

### (1) プロジェクト全体

本プロジェクトでは、H-OTEC の開発を中心とし、マレーシアの地域に根差した海洋深層水利用の複合利用モデルである“マレーシアモデル”を提案し、OTEC および海洋深層水関連事業の事業展開を明確に示すことで社会実装に繋げる。

本プロジェクトでは、本事業の PDM、PO 内の 5 つの研究題目に対し、マレーシア側の 10 チームのプロジェクトが複雑に関連している実施形態となっている。実施メンバーの専門性が多様であることから、まずは、2019年度は海洋温度差発電に関する基礎知識を持たせる人材育成として、マレーシア工科大学内での定期的講義を行った。しかし、関連する研究者全体での研究進捗を共有する機会が年 1 回のマレーシアモデル会議のみであったため、2020年から SATREPS-OTEC 事業の年 2 回の会議を実施することにした。従来は、全体会議はマレーシアに集まって実施していたが、現在はオンラインで実施しており、結果的に多くの研究者が出席できる状況となっている。また、マレーシア研究者を中心として、毎週金曜日に定例会議をオンラインで実施しており、細かな研究進捗を協議する機会が設けている。

### (2) 研究題目 1 : 「H-OTEC システムの研究・開発」(PO : Output 1)

#### リーダー

日本側	マレーシア側
池上 康之	A Bakar Jaafar

本研究題目では、2019年度に H-OTEC 試験装置の基本設計を行い、2020年度末までに同試験装置を日本において組み立てる。その後、解体し 2021年中にマレーシアに輸送し、設置・試運転を行い、試験装置を整備する計画である。(現状、新型コロナウイルス蔓延防止の移動制限に起因するマレーシア側の建屋の建設の遅延によって、試運転が大幅に遅れる見込みである)

2019年度に試験装置を設置予定である UPM I-AQUAS 沿岸の海が遠浅であり、既往の水産業用の取水設備の取水口は、干潮時に海水面が取水口よりも低くなり、取水できない環境であることが

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

発覚し、取水管を延長し、十分な深さを確保すると共に、当初予定していなかった取水ポンプを設置し、海水を取水できる設備を増設することとした。取水管はマレーシア側の提供、取水ポンプは、佐賀大学側が提供するものとした。2020年度では、当初予定していた建屋建設地が利用できず、別の海面よりも更に高い場所に設置する計画へと変更した。そのため、2019年度に予定した取水計画では海水取水ができないことから、新たに取水用のポンプを設置し、予備のポンプも購入しておくこととした。ポンプは佐賀大学側が提供するものとした。また、このポンプの起動システムについても、当初予定した設備の制御機器に予備スペースを確保しておいたため、従来の H-OTEC 試験装置の制御システムを用いて起動、停止、制御ができるシステムへと対応できた。

2020年度開始当初は、新型コロナウイルスの影響によって、H-OTEC 試験装置の製作が遅れることが懸念された。製作元のゼネシスの尽力によって納期に遅延はなかったが、構成機器や試験装置の製作、検査において、新型コロナウイルスの影響による検査実施形態の変更、担当者の感染や PCR 検査の実施など、様々な変更、遅延リスクが生じた。今後のマレーシアへの輸送、現地設置および運転では、マレーシアにおいて実施することから、従来計画以上に実施形態を想定した準備、感染対策が必要であることが想定される。また、スケジュールの遅延を最小限に抑えるため、平行して実施できる内容は、オンラインシステムを活用して早めに実施する計画に変更が必要である。

UPMI-AQUAS の建屋の建設は、新型コロナウイルスの影響による外出禁止の影響等によって、2021 年末に完工予定へと遅延している。現在、マレーシア内は初の緊急事態宣言が発令されており、更なる行動制限による建設工事の遅れが懸念される。

### (3) 研究題目 2 : 「H-OTEC の発電・造水技術確立」 (PO : Output 2)

リーダー

日本側	マレーシア側
安永 健	Sathia Thirugnana

本研究題目では、基本的に H-OTEC 試験装置を用いた試験による性能評価、運転条件の最適化を行い、それらのデータを基に、電力コストおよび造水コストを試算し、MW 級の商用機の基本設計を行う。H-OTEC 試験装置設置前の 2019 年度～2021 年度の前半迄は、試験海域の海水分析を行い、実際の H-OTEC 試験装置の運転状態の評価ができる環境を整える予定である。

試験装置の運転の際には、実際の海洋深層水を用いず、冷凍機による冷却水を模擬海洋深層水として用いる予定である。そのため、熱源温度の安定性や試験装置を安定して運転するノウハウが必要となる。熱源温度の安定性については、海洋エネルギー研究センターの試験装置においても、安定した温海水、冷海水が得られるわけではなく、マレーシアの冷却水と同様に水を冷凍機で冷却するなどの温度制御が必要となる。これらの、冷水熱源の温度・流量制御は、佐賀大学海洋エネルギー研究センターで培ったノウハウを技術移転し、実施可能なシステム構成へと制御方法を工夫した。更に発電システム内部の構成も、運転が難しい点についてはより容易に制御が可能となるよう、プロセス内部のシステム構成および制御方法を工夫した設計とした。

現状、マレーシア内の建屋建設の遅れから、この環境整備期間が延長となる。そのため、H-OTEC の運転時に実施する予定であった運転の教育、データ解析などは予めオンラインシステムを活用して実施するなど、試験装置整備前に実施するなどの工夫が必要である。

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

また、現在の UPM I-Aquas 研究施設内の建屋を活用し、H-OTEC と従来の OTEC システムとの比較のため、熱交換器の汚れ試験装置を設置し、H-OTEC の有効性を確認することを計画している。

(4) 研究題目 3 : 「海洋深層水の複合利用モデルの基盤構築」 (PO : Output 3)

リーダー

日本側	マレーシア側
池上 康之	Rahayu Binti Tasnim

本研究題目では、①マレーシアに適した海洋深層水の複合利用形態の提案、②マレーシア国内での社会実装候補地の選定、③マレーシアにおける海洋深層水複合利用の経済性を評価する。2019年度は、日本における海洋深層水複合利用方法の視察を行い、併せて、マレーシア国内での主に水産業のニーズおよび市場価格を調査し、経済的に成立するマレーシアでの複合利用形態を模索している。2020年度は、日本での海洋深層水利用現地の視察はオンラインで実施し、マレーシア国内の市場調査や海洋深層水複合利用形態の検討を行っている。経済性の試算は、マレーシア内のデータ調査で実施可能であるが、マレーシアにおいて、市場に合った水産品種が効率よく生産できるかについて、マレーシア側が一部検証試験を実施している。現状では、海洋深層水を取水しないため、模擬海洋深層水を用いて生産性を確認する予定であるが、海水の冷却設備などに十分な設備が整っていない状況である。今後、H-OTEC と従来の OTEC システムとの比較のため、熱交換器の汚れ試験を実施する。その際の冷却した海水を水産業へ有効に活用することを計画している。

また、本研究課題においては、水産業や飲料水などの関連事業が多岐にわたることから、予め水産省や健康省などの関係省庁に実施内容の必要性を共有している。

(5) 研究題目 4 : 「環境評価および LCA 評価の実施」 (PO : Output 4)

リーダー

研究項目	日本側	マレーシア側
環境評価	早稲田 卓爾	Mohd Fadzil
LCA 評価	田原 聖隆	Chiong Meng Soon

本研究課題では、OTEC 事業における海水の利用による環境への影響を検討・評価することを目的とする。取水および排水における量的な影響、温度的な影響、その他水質的な影響について検討する。また、クリーンエネルギーの発電、およびクリーンエネルギーを用いた海水淡水化による二酸化炭素量の削減への影響などについてもその経済性の評価と共に検討する。

環境評価課題では、海洋モデリングと海洋観測における東京大学及び UMT、それぞれの知見、設備などを確認し、今後の協力体制を構築した。共通点は多く、今後の技術供与および人材育成は十分可能であると考えられる。UMT はマレーシアにおける海洋物理学的な研究の中心であるため、当初研究計画には含まれない、共同観測研究などを今後検討することが期待される。

本研究題目は、H-OTEC の LCA を実施することによって、環境側面から H-OTEC を評価することを目的とする。精度の高い環境影響評価結果を得るために、産業技術総合研究所はマレーシア工科大学と協働して、マレーシアの実態が把握できる情報を収集している。当該年度も同様に、マレーシ

ア工科大学が、在マレーシアのプラスチック製品製造企業 11 社、石油化学製品製造企業 8 社、アルミニウム製造企業 11 社、石炭採掘企業 2 社に連絡を取り、製造技術等の情報を収集した。また、H-OTEC の環境影響を定量化するために、設計図や仕様等を入手し、必要な情報を整理した。上記の作業から得られた成果は、マレーシアの実態を反映した LCA の実施に貢献し、マレーシア側の LCA 評価技術の向上に繋がる。

(7) 研究題目 5 : 「技術移転および人材育成」 (PO : Output 5)

リーダー

日本側	マレーシア側
池上 康之	A Bakar Jaafar

本研究題目は、OTEC および海洋深層水の複合利用事業の技術移転および人材育成として、① OTEC 関連技術教育研修、②佐賀大学の教員によるマレーシア工科大学での海洋温度差発電に関する講義、およびマレーシアと日本においてそれぞれ③合同国際セミナーを毎年実施することを予定している。2019 年度は、全ての実施内容が、研究者間の日馬の移動を伴う実施内容であったが、2020 年度は、全ての人材育成事業が、オンラインでの対応となっており、今後、2021 年度以降もオンラインでの対応が中心となる可能性が高い。オンラインでの実施でも有効な人材育成内容になるよう、継続して改善していく必要がある。

OTEC 関連技術教育研修は、4 日間のオンライン研修として実施したが、毎回 1 週間開けて開催した。その結果、参加者間での協議期間を十分に確保できた。その結果、参加者 20 名が 4 グループに分かれて最終日に発表した独自のマレーシアモデルは、各参加者が思案した内容が反映されたものとなっていた。一方、講義内容は、機械工学の内容が中心であり、参加した海洋学や水産学の研究者には非常に難しい内容となった。今後は、実際に H-OTEC の運転を行う機械工学の研究者を対象にした内容や一般的な内容等を分けた教育も必要であり、多様な研修内容へと修正が必要である。

佐賀大学の教員によるマレーシア工科大学での海洋温度差発電に関する講義は、クリーンエネルギーの講義の一部としてオンラインで実施予定である。2020 年内は、同講義の内容の協議を行っており、2021 年 9 月からの開始を計画している。

合同国際セミナーは、2022 年 3 月に第 2 回 SATREPS-OTEC フォーラムを計画している。また、マレーシア主催で開催されるオンラインの国際会議に本事業の研究者が参加する予定である。

#### IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

佐賀県の補助事業として、嬉野温泉水を熱源とした発電装置の実証試験を実施し、20kW の発電装置を設置した。その際、H-OTEC と同様のシステムを導入した。温泉水発電は、①スケールの付着による熱交換器の性能低下、②冷却水を利用した場合の補給水の確保が課題である。H-OTEC の海洋生物付着による熱交換器の汚れ防止機能と造水機能が両課題の対策になるため、H-OTEC と同様のシステムを導入することで、発電性能を確保した。2020 年度に設置したため、2021 年度は運転を行う予定である。

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

(2) 社会実装に向けた取り組み

本研究の成果の一部を下記オープンソースの論文で一般に情報公開している：

(1) Yasunaga, T., Fontaine, K., Ikegami, I. (2021).

Performance evaluation concept in ocean thermal energy conversion towards standardization and intelligent design, *Energies*, Vol.14, No.8, DOI: 10.3390/en14082336.

(2) Thirugnana, S. T., Jaafar, A. B., Yasunaga, T., Nakaoka, T., Ikegami, Y., Su, S. (2020).

Estimation of Ocean Thermal Energy Conversion Resources in the East of Malaysia, *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol.9, No.1, DOI: 10.3390/jmse9010022.

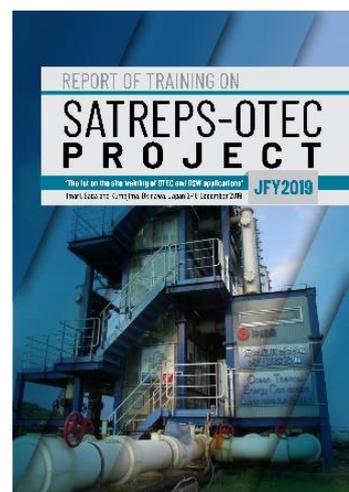
(3) Matsuda, Y., Saki, R., Sugi, T., Goto S, Yasunaga, T., Ikegami, Y. (2020).

Control System for Water Level Control of Flash Chamber in a Spray Flash Desalination System via Stochastic Processes, *Proceedings of the 51st ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications*, pp.7-12, DOI: <https://doi.org/10.5687/sss.2020.7>.

(4) Jaafar, A. B., Khairi, M. A. H., Ariffin, A. (2020).

Research and Development Activities of Ocean Thermal Energy-Driven Development in Malaysia, *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) - Past, Present, and Progress*, pp.7-12, DOI: <https://10.5772/intechopen.90610>.

2019年度のOTEC技術研修結果を報告書としてまとめ、マレーシア国立図書館やインターネット（URL；<https://otec.utm.my/files/2021/03/The-1st-SATREPS-OTEC-Training-Report-Booklet.pdf>）で公開し、一般に情報提供している。



## V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

・IEA-OES（国際エネルギー機関・海洋エネルギー実施委員会：24ヶ国加盟）の会議が、2020年オンラインで開催され、研究代表者が我が国の代表として参加し、本 SATREPS 事業の紹介と進捗状況の報告を行った。多くの関心が寄せられ、我が国のプレゼンスの向上に寄与することとなった。

・2021年1月に海洋温度差発電に関する世界最大の会議、国際 OTEC シンポジウム（第8回）が、メキシコ主催のオンラインで開催され、本事業の研究者が45件の研究発表の中で12件の発表を行った。また、この国際シンポジウムは、本 SATREPS 事業のメンバーが International Executive Committee を担っている。

・国際的な海洋温度差発電の高まりから Ocean Thermal Energy Association (OTEA)が2020年10月に発足し、現在は41か国から370名のメンバーが参加している。各国および地域の代表者を選出し、本事業の研究代表者である池上康之教授が同組織の初代会長として選出された。なお、マレーシア代表はサティア博士であり、同組織の事務局および国際シンポジウムを担当している。

・2021年1月に、当センターの共同利用・共同研究拠点として、国際的な共同利用・共同研究を推進するために、海洋温度差発電に関する国際共同研究のワークショップをオンラインで開催した。その際、SATREPS の事業を紹介した。SATREPS 事業への期待とともに、海洋温度差発電に関する国際共同研究の関心の高さを感じた。

## VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

## VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

## VIII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2020	Sathiabama T. Thirugnana, Abu Bakar Jaafar, Takeshi Yasunaga, Tsutomu Nakaoka, Yasuyuki Ikegami, Suriyanti Su, Estimation of Ocean Thermal Energy Conversion Resources in the East of Malaysia, Journal of Marine Science and Engineering 2020, Vol.9, No.1, p.22	10.3390/jmse9010022	国際誌	発表済	Open access (IF=2.033)

論文数 1 件  
うち国内誌 0 件  
うち国際誌 1 件  
公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2018	Yoshitaka Matsuda, Yoshihiro Eishima, Satoru Goto, Takenao Sugi, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Water Level Control of After Condenser in a Spray Flash Desalination System Using Stochastic Process, Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers, 2019, Vol.32, No.1, pp.24-31		国内誌	発表済	
2018	Ristiyanto Adiputra, Tomoaki Utsunomiya, Jaswar Koto, Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, Preliminary design of a 100 MW-net ocean thermal energy conversion (OTEC) power plant study case: Mentawai island, Indonesia, Journal of Marine Science and Technology, 2019	10.1007/s00773-019-00630-7	国際誌	発表済	
2019	Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, "Finite-Time Thermodynamic Model for Evaluating Heat Engines in Ocean Thermal Energy Conversion", Entropy, 2020.02, Vol.22No.2, pp.211--	10.3390/e22020211	国際誌	発表済	Open access (IF=2.419)
2019	Kevin Fontaine, Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, "OTEC Maximum Net Power Output Using Carnot Cycle and Application to Simplify Heat Exchanger Selection", Entropy, 2019.11, Vol.21No.12, pp.1143--	10.3390/e21121143	国際誌	発表済	Open access (IF=2.419)
2019	Yasuyuki IKEGAMI, Takeshi YASUNAGA, Natsuki KOYAMA, Tomoya OKUNO, "Parametric analysis on hybrid ocean thermal energy conversion system", Transactions of the JSME (in Japanese), 2020.03, Vol.86No.883, pp.19-00370--	10.1299/transjsme.19-00370	国内誌	発表済	Open access
2019	Dan Hua, Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, "A Numerical Investigation of the Plunging Phenomenon of Cold Water Discharged from Ocean Thermal Energy Conversion Systems", Journal of Marine Science and Engineering, 2020.02, Vol.8No.3, pp.155--	10.3390/jmse8030155	国際誌	発表済	Open access (IF=1.732)
2019	Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, "IRREVERSIBILITY IN THE ORGANIC RANKINE CYCLE FOR LOW-GRADE THERMAL ENERGY CONVERSION SYSTEM", Proceedings of International Symposium on ORC Power Systems, 2019.09, Online, pp.1-8		国際誌	発表済	Proceedings of International Conference
2019	Yoshitaka Matsuda, Ryoichi Sakai, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, "Water Level Control of Flash Chamber in a Spray Flash Desalination System with Valve Dynamics and Flow Rate Limitation", Proceedings of 2019 19th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2019), pp.879-884	10.23919/ICCAS4744.3.2019.8971571	国際誌	発表済	Proceedings of International Conference
2019	Yoshitaka Matsuda, Riku Oouchida, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, "Power Generation Control of OTEC Plant Using Double-stage Rankine Cycle with Target Power Output Variation by Simultaneous Regulation of Multiple Flow Rates", Proceedings of SICE Annual Conference 2019, pp.1412-1417	10.23919/SICE.2019.8859969	国際誌	発表済	Proceedings of International Conference
2020	安永健、池上康之、海洋温度差発電の基礎発電特性(熱力学的モデルの構築と熱源流量の影響), 日本機械学会論文集, Vol.86, No.886	10.1299/transjsme.19-00383	国内誌	発表済	Open access
2020	Takeshi YASUNAGA, Tomoya OKUNO, Yasuyuki IKEGAMI, Parametric Analysis of Novel Self-water Supply ORC Power System for Hot Spring Thermal Energy Conversion, Proceedings of IIR Rankine 2020 Conference, 1184	10.18462/iir.rankine.2020.1184	国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2020	Takeshi YASUNAGA, Yasuyuki IKEGAMI, Theoretical Model Construction for Renewable Low-grade Thermal Energy Conversion: An Insight from Finite-time Thermodynamics, Proceedings of IIR Rankine 2020 Conference, 1185	10.18462/iir.rankine.2020.1185	国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2020	Yoshitaka Matsuda, Daiki Suyama, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Construction of a State Space Model with Warm and Cold Seawater Flow Rate Inputs for an OTEC Plant Using Rankine Cycle, 2020 59th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), pp.1856-1861		国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2020	Yoshitaka Matsuda, Ryoichi Sakai, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Construction of a State Space Model for a Spray Flash Desalination System, Proceedings of 4th IEEE Conference on Control Technology and Applications, pp.922-927	10.1109/CTA41146.2020.9206347	国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review

論文数 14 件  
うち国内誌 3 件  
うち国際誌 11 件  
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2019	Yasuyuki IKEGAMI, Takeshi YASUNAGA, Tomoya OKUNO, "Parameter Analysis on OTEC using Hybrid Cycle", OTEC, 2019.09, Vol.24, pp.41-46	報告書	発表済	

著作物数 1 件  
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2018	安永健, 海洋温度差発電の特徴と開発動向, PETROTECH, 2018, Vol.42, No.12, pp.979-983	総説	発表済	
2018	安永健, 池上康之, 海洋温度差発電の最適設計, 日本海水学会誌, 2019, Vol.73, pp.9-13	解説	発表済	
2019	Yasuyuki IKEGAMI, Takeshi YASUNAGA, Tomoya OKUNO, "Parameter Analysis on OTEC using Hybrid Cycle", OTEC, 2019.09, Vol.24, pp.41-46	報告書	発表済	
2020	安永健, 中村泰誠, 奥野智也, 池上康之, 直交流型プレート式熱交換器を用いた海洋温度差発電の性能評価, OTEC, Vol.25, pp.69-74	報告書	発表済	Open access
2020	A. Bakar Jaafar, Mohd Khairi Abu Husain and Azrin Ariffin, Research and Development Activities of Ocean Thermal Energy-Driven Development in Malaysia, Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) - Past, Present, and Progress	書籍	発表済	Open access DOI: 10.5772/intechopen.90610

著作物数 5 件  
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的, 対象, 参加資格等), 研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2019	On the site training on OTEC and DSW applications, Researchers of the counter part Universities, 10日間, 10名修了	トレーニング報告書	
2020	2nd Training on OTEC & DSW multiple use		

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2018	国際学会	Sathiabama T. Thirugnanaa, A Bakar Jaafara, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami; Hybrid OTEC System – The First Experimental Test Rig in Malaysia; 2018年09月; 6th International OTEC symposium, Okinawa, Japan	口頭発表
2019	国際学会	Sathiabama T. Thirugnana (UTM), A Bakar Jaafar, Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, Tsutomu Nakaoka, "Hybrid OTEC System – Test Rig off Port Dickson, Malaysia", Program and Abstracts of the 3rd South China Sea, Kuala Lumpur, Malaysia, June 2019	口頭発表
2019	国際学会	Takeshi Yasunaga (IOES), Tomoya Okuno, Yasuyuki Ikegami, Tsutomu Nakaoka, Sathiabama T. Thirugnana, Bakar Jaafar, "Power and Water Supply Balance on Hybrid OTEC System", Program and Abstracts of the 3rd South China Sea, Kuala Lumpur, Malaysia, June 2019	口頭発表
2020	国内学会	安永健(佐賀大学), ハイブリッドサイクルを用いた海洋温度差発電の性能特性, 海洋深層水利用学会全国大会, 2020年10月	口頭発表
2020	国内学会	中岡勉(佐賀大学), マレーシア海域での海洋熱エネルギー量の推算, 海洋深層水利用学会全国大会, 2020年10月	口頭発表

招待講演 0 件  
口頭発表 5 件  
ポスター発表 0 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2018	国際学会	Yasuyuki Ikegami, Takeshi Yasunaga, Takafumi Morisaki (IOES), Shoichiro Baba, Tsuyoshi Miyazaki, Tadahiro Hyakudome and Hiroshi Yoshida (JAMSTEC), Estimation of thermal energy conversion system using submarine hydrothermal, Grand Renewable Energy 2018, Yokohama (Japan), 2018年06月	口頭発表
2018	国際学会	Takeshi Yasunaga, Natsuki Koyama, Takafumi Noguchi Takafumi Morisaki and Yasuyuki Ikegami (IOES), Thermodynamical optimum heat source mean velocity in heat exchangers on OTEC, Estimation of thermal energy conversion system using submarine hydrothermal, Grand Renewable Energy 2018, Yokohama (Japan), 2018年06月	口頭発表
2018	国際学会	Takeshi Yasunaga, Takafumi Morisaki, Yasuyuki Ikegami (IOES), Theoretical effectiveness of the multi temperature level cycles considering irreversibility in heat transfer on OTEC; Grand Renewable Energy 2018, Yokohama (Japan), 2018年06月	口頭発表
2018	国内学会	池上 康之, 安永 健, 森崎 敬史, 佐々木 究 (IOES), 低熱源温度差発電に用いるプレート式熱交換器における蒸発現象の可視化, 第23回動力・エネルギー技術シンポジウム, 宇部市(山口), 2018年06月	口頭発表
2018	国内学会	安永 健, 小山 夏生, 野口 貴史, 森崎 敬史, 池上 康之 (IOES), OTEC での熱力学的観点からの熱交換器の基礎特性; 第23回動力・エネルギー技術シンポジウム, 宇部市(山口), 2018年06月	口頭発表
2018	国際学会	Natsuki KOYAMA, Takeshi YASUNAGA, Takafumi NOGUCHI, Takafumi MORISAKI and Yasuyuki IKEGAMI (IOES), Performance Evaluation of the Plate Type Heat Exchanger for OTEC, 6th International OTEC symposium, Okinawa (Japan), 2018年09月	ポスター発表
2018	国際学会	Kiwamu SASAKI, Takeshi YASUNAGA, Takahumi MORISAKI and Yasuyuki IKEGAMI (IOES), The Visualization of Plate Heat Exchangers for Ocean Thermal Energy Conversion, 6th International OTEC symposium, Okinawa (Japan), 2018年09月	ポスター発表
2018	国際学会	Yasuyuki Ikegami and Takeshi Yasunaga (IOES), Advanced cycles and heat exchangers on OTEC Technology, 6th International OTEC symposium, Okinawa (Japan), 2018年09月	口頭発表
2018	国際学会	Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami (IOES), Application of Finite-time Thermodynamics to Simplifying Heat Exchanger Performance Evaluation Method on OTEC, 6th International OTEC symposium, Okinawa (Japan), 2018年09月	口頭発表
2018	国際学会	Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami (IOES), Exergy Distraction in Heat Transfer on Low-grade Thermal Energy Conversion (LTEC) System: A Case of Plate Type Heat Exchangers, 5th International Conference, Low Temperature and Waste Heat Use in Energy Supply Systems, Bremen (Germany), 2018年10月	口頭発表
2018	国内学会	奥野 智也, 小山夏生, 安永健, 池上康之(IOES), ハイブリッドサイクルを用いた海洋温度差発電の性能解析; 機械学会九州支部九州学生会第50回学生員卒業研究発表講演会, 佐賀, 2019年3月	口頭発表
2018	国内学会	矢山大智, 佐々木究, 安永健, 池上康之 (IOES), 高圧用インナーフィン型プレート式熱交換器の性能評価, 機械学会九州支部九州学生会第50回学生員卒業研究発表講演会, 佐賀, 2019年3月	口頭発表
2019	国際学会	Takeshi Yasunaga (IOES), Yasuyuki Ikegami, "IRREVERSIBILITY IN THE ORGANIC RANKINE CYCLE FOR LOW-GRADE THERMAL ENERGY CONVERSION SYSTEM", 5th International Seminar on ORC Power Systems, Athen, Greece, Sep. 2019	口頭発表
2019	国際学会	Yasuyuki Ikegami (IOES), Takeshi Yasunaga, "The Blue Innovation Using OTEC: Evaluation of Advanced OTEC System in Kumejima, Okinawa", Program and Abstracts of the 3rd South China Sea, Kuala Lumpur, Malaysia, June 2019	口頭発表
2019	国際学会	Takeshi Yasunaga (IOES), Ikegami Yasuyuki, "Standardization of OTEC Potential and Performance Evaluation Analysis Method", 7th International OTEC Symposium, Busan, Korea, Oct. 2019	口頭発表

2019	国際学会	Yasuyuki Ikegami (IOES), Takeshi Yasunaga, "OTEC Demonstration Project Using Technologies of Advanced cycles and heat exchangers in Japan", 7th International OTEC Symposium, Busan, Korea, Oct. 2019	口頭発表
2019	国際学会	Jessica Borges Posterari (Univ. Tokyo), Analysis of natural hazard events at Pacific Island Countries with wave energy potential, 2019 3rd Symposium on Green Energy and Smart Grid (SGESG 2019), Chongqing, China, Aug. 2019	ポスター発表
2019	国際学会	Yoshitaka Matsuda (IOES), Ryoichi Sakai, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Control System for Water Level Control of Flash Chamber in a Spray Flash Desalination System via Stochastic Processes, 51st ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, Fukushima, Japan, Nov. 2019	口頭発表
2019	国際学会	Yoshitaka Matsuda (IOES), Ryoichi Sakai, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, "Water Level Control of Flash Chamber in a Spray Flash Desalination System with Valve Dynamics and Flow Rate Limitation", 2019 19th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2019), Jeju, Korea, Oct. 2019	口頭発表
2019	国際学会	Yoshitaka Matsuda, Riku Oouchida, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Power Generation Control of OTEC Plant Using Double-stage Rankine Cycle with Target Power Output Variation by Simultaneous Regulation of Multiple Flow Rates, SICE Annual Conference 2019, Sep. 2019	口頭発表
2019	国内学会	池上 康之 (IOES), 安永 健, 小山 夏生, 奥野 智也, ハイブリッドサイクルを用いた 海洋温度差発電の性能解析とその基本特性, 第24回動力・エネルギー技術シンポジウム, 東京, 2019年6月	口頭発表
2019	国内学会	安永健(IOES), 池上康之, FTTを用いたORC温泉水バイナリー発電の性能評価, 第24回動力・エネルギー技術シンポジウム, 東京, 2019年6月	口頭発表
2019	国内学会	安永健(IOES), 池上康之, 熱機関の不可逆損失を考慮した海洋温度差発電の出力特性に関する研究, 第24回動力・エネルギー技術シンポジウム, 東京, 2019年6月	口頭発表
2019	国内学会	松田吉隆(佐賀大), 青崎祐也, 杉剛直, 後藤聡, 安永健, 池上康之, ランキンサイクルを用いた海洋温度差発電プラントのむだ時間を考慮した簡易動的モデルに基づく発電量制御, 第7回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, 徳島, 2020年3月	口頭発表
2019	国内学会	大内田陸, 松田吉隆, 杉剛直, 後藤聡, 安永健, 池上康之, 2段ランキンサイクルを用いた海洋温度差発電プラントの流量の動特性を考慮した簡易動的モデルによる発電量制御, 第38回計測自動制御学会九州支部学術講演会, 宮崎, 2019年11月	口頭発表
2019	国内学会	松田吉隆, 杉剛直, 後藤聡, 安永健, 池上康之, 江頭成人, スプレーフラッシュ蒸発式海水淡水化実験プラントの遠隔監視実験, 2019年度(第72回)電気・情報関係学会九州支部連合大会, 福岡, 2019年9月	口頭発表
2020	国際学会	Takeshi Yasunaga (IOES), Thermodynamics for the Standardization of Performance Evaluation on OTEC, 8th International OTEC symposium, Online, 29 January 2021	口頭発表
2020	国際学会	Kevin Fontaine (IOES), Simplification of Heat Exchanger Selection for OTEC Using Carnot Cycle Based Maximum Power Output Assessment, 8th International OTEC symposium, Online, 27 January 2021	ポスター発表
2020	国際学会	Takeshi Yasunaga (IOES), Theoretical Model Construction for Renewable Low-grade Thermal Energy Conversion: An Insight from Finite-time Thermodynamics, IIR Rankine 2020 Conference, Online, 27-31 July 2020	口頭発表
2020	国際学会	Tomoya Okuno (IOES), Parametric Analysis of Novel Self-water Supply ORC Power System for Hot Spring Thermal Energy Conversion, IIR Rankine 2020 Conference, Online, 27-31 July 2020	口頭発表
2020	国際学会	Yasutaka Matsuda (IOES), Construction of a State Space Model for an OTEC Plant Using Rankine Cycle with Heat Flow Rate Dynamics, 21st IFAC World Congress, Online, July 2020	口頭発表
2020	国際学会	Yasutaka Matsuda (IOES), Construction of a State Space Model for a Spray Flash Desalination System, 4th IEEE Conference on Control Technology and Applications, Online, August 2020	口頭発表
2020	国際学会	Yasutaka Matsuda (IOES), Construction of a State Space Model with Warm and Cold Seawater Flow Rate Inputs for an OTEC Plant Using Rankine Cycle, SICE Annual Conference 2020, Online, September 2020	口頭発表
2020	国内学会	奥野智也 (IOES) 自己冷熱給水型オーガニック・ランキサイクルによる 温泉水度差発電の性能解析, 日本機械学会熱工学コンファレンス2020, 2020年9月	口頭発表
2020	国内学会	中村泰誠 (IOES), 直交流型熱交換器を用いた海洋温度差発電システムの基礎出力特性に関する研究, 日本機械学会熱工学コンファレンス2020, 2020年9月	口頭発表

招待講演	0 件
口頭発表	31 件
ポスター発表	4 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件  
 公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件  
 公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2019	2020/8/23	Best Presenter award	ポスター発表	Jessica Borges Posterari	3rd Symposium on Green Energy and Smart Grid	その他	成果を本事業に活用 する

1 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2020	2021/2/5	佐賀新聞	佐賀大の海洋温度差発電/ 輸出用設備を公開	20面	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/25	西日本新聞	佐大 ハイブリッド設備完成/ 海洋温度差発電と淡水化同 時に/来年からマレーシアで 実証実験	23面	1.当課題研究の成果である	

2 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2018	2018 6/26-27	4th National Workshop & Training Course on Ocean Energy	UTM (Malaysia)	40 (2)	公開	OTEC分野、エネルギー分野、経済分野の専門家が集まり、OTECの基礎に関する講演から最新の研究状況についてのセッションが2日間にわたって行われ、佐賀大学の池上教授、安永助教がそれぞれ登壇して講演した
2018	2018 9/26-27	第6回国際OTECシンポジウム	沖縄県 (Japan)	83 (2)	公開	OTEC分野、エネルギー分野、経済分野の専門家、NGO団体、世界各国の政府機関が集まり、国際色豊かで興味深い講演や対話形式のセッションが2日間にわたって行われた
2018	2018 11/4-17	詳細計画策定調査会議	UTM (Malaysia)	37 (8)	非公開	本SATREPS事業に関し、本格協力の実施に必要な関連情報の収集・整理を行い、協力の枠組について実施機関等と協議し、PDM案及びPO案を作成し、計画策定結果の協議議事録をまとめた
2018	2018 11/26-12/1	第5回若手研究者のための海洋エネルギーに関する国際プラットフォーム人材育成事業2018	佐賀県 (Japan)	26 (2)	公開	海洋エネルギー研究を行う若手研究者の研究能力向上と学術交流の推進を目的として日本国内および海外から参加者を募り、海洋エネルギー研究の第一人者による特別講義、若手研究者による研究発表会、企業などの視察を実施した
2018	2019 3/6	SATREPSに関するUTM主催月例会議	UTM (Malaysia)	20 (1)	非公開	SATREPSの研究に関する契約進捗状況、研究に関する事前調整状況に関する打合せおよび情報共有
2019	2, July	COLLABORATIVE RESEARCH AGREEMENT (CRA) SIGNING CEREMONY BETWEEN UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA (UTM) AND SAGA UNIVERSITY, JAPAN Under SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH PARTNERSHIP FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (SATREPS) PROGRAMME	UTM (Kuala Lumpur, Malaysia)	40 (32)	公開	マレーシア工科大学および佐賀大学の副学長によるCRAのサインングセレモニー。在マレーシア日本大使館の折笠公使および両副学長からの挨拶、サインングセレモニーに加え、研究代表のバカル教授および池上教授がプロジェクトの概要について説明を実施した。
2019	24, June	3rd South China Sea Conference	Easting Hotel (Kuala Lumpur, Malaysia)	90 (85)	公開	本プロジェクトのマレーシア側カウンターパートの一つであるマラヤ大学が主催。25日午後に海洋温度差発電のセッションを設置し、8件の発表を実施した。また、本プロジェクトの主査である神本先生が本プロジェクトのマレーシア側カウンターパートの一つであるマラヤ大学が主催。25日午後に海洋温度差発電のセッションを設置し、8件の発表を実施した。また、本プロジェクトの研究主幹である神本先生が招待講演として講演を実施した。
2019	10, December	Joint Meeting for Social Implementation of Malaysia Model	UTM (Kuala Lumpur, Malaysia)	50 (45)	非公開	本邦でのOTECおよび海洋深層水利用の研修参加者によって、マレーシアにおける海洋深層水利用のマレーシアモデルを提案した。提案では3つのグループに分けてそれぞれのグループ独自のマレーシアモデルを発表し、研修の成果報告を行った。
2020	11月20日	第2回マレーシアモデル打合せ	オンライン (UTM主催)	35名	非公開	マレーシア教育相予算での研究活動をであるマレーシア側の10プロジェクトの研究進捗状況について、プロジェクト関係者への内部報告会。
2020	1月25日～2月19日	第11回沖縄ハイクリーンエネルギーワークショップ(オンライン開催)	オンライン (沖縄県主催)	160人	公開	沖縄県主催の沖縄ハイクリーンエネルギーワークショップで本プロジェクトの研究内容を紹介の発表を安永が行い、パネルディスカッションを行った。発表動画は現在も視聴可能な状態となっている。
2020	1月27日～29日	第8回国際OTECシンポジウム	オンライン (メキシコ主催)	約100名	公開	OTECに特化した世界最大の国際会議。5件の基調講演と35件の口頭発表、11件のポスター発表が行われた。本プロジェクトから8件の口頭発表および2件のポスター発表を行った。
2020	2月4日	H-OTEC試験装置を用いたトレーニング	オンライン (IOES主催)	約40名	公開	マレーシアに設置予定のH-OTEC実験装置をゼネシス伊万里工場で組立し、同装置のオンライン説明会を実施した。装置の紹介と共に、設置方法なども解説した。
2020	2月24～26日	第3回マレーシアモデルおよび5output打合せ	オンライン (UTM主催)	約40名	非公開	マレーシア教育相予算での研究活動をであるマレーシア側の10プロジェクトの研究進捗状況について、プロジェクト関係者への内部報告会を行い、日本側の研究進捗も発表して共有した。
2020	3月10日	第1回SATREPS-OTECフォーラム	オンライン (IOES/UTM主催)	約40名	公開	SATREPS事業の研究内容および研究成果を一般の方に報告するイベントを実施した。日本とマレーシアからそれぞれ発表を行った。

14 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
----	-----	----	------	----

2019	3-Jul	2019年度の実施事項について	31	本事業における各プロジェクトの2019年度の実施内容およびスケジュールを確認した
2020	8月6日	第2回JCC会議 -2019年度成果報告 -2020年度実施計画提案	52名 (マレーシア側 30名)	プロジェクトメンバー出席の下、マレーシア教育省および関係省、在マレーシア日本大使館、JICA、JST関係者へ2019年度の研究成果を報告し、2020年度の研究活動計画を諮り承認された。

2 件

# 成果目標シート

研究課題名	マレーシアにおける革新的な海洋温度差発電(OTEC)の利活用による低炭素社会のための持続可能なエネルギーシステムの構築
研究代表者名(所属機関)	池上 康之 (佐賀大学 海洋エネルギー研究センター)
研究期間	H30採択(令和元年4月1日～令和6年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	マレーシア国/ マレーシア工科大学 OTEC研究センター
関連するSDGs	目標7 すべての人々の、安価かつ信用できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する 目標17 持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化する 目標6 すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する

## 成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>地球規模の再生可能エネルギー活用への取り組み</li> <li>日本企業による成果の事業化、技術・製品の輸出</li> </ul>
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> <li>H-OTECシステムの世界に先駆けた研究・開発、技術検証により、マレーシアを中心とした東南アジアでのOTEC事業展開に向けた詳細設計の準備</li> </ul>
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> <li>H-OTECシステムの運転制御の確立、発電/造水バランスの最適化の検討</li> <li>H-OTEC用熱交換器の開発(凝縮器および蒸発器)</li> <li>H-OTECの低コスト化技術の確立</li> </ul>
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(本件調査への佐賀大学等の学部生、大学院生、民間企業からの若手技術者の参画)</li> </ul>
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本-マレーシアとのOTEC研究・開発の基盤</li> <li>久米島モデルとマレーシアモデルとの相互研究/ネットワークの構築</li> </ul>
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> <li>H-OTECシステムの実証報告書</li> <li>共著国際論文</li> <li>H-OTECシステム試験装置の運転マニュアル</li> <li>東南アジアでのOTEC事業モデルの構築</li> <li>OTEC関連技術の教育によるマレーシア側人材育成</li> </ul>

## 上位目標

マレーシアにおけるハイブリッドOTEC(H-OTEC)を用いた海洋深層水を利用した利活用モデル(マレーシアモデル)が東南アジア諸国のモデルケースとして認識され、マレーシア内外の複数の地域において社会実装が開始される

マレーシア国内においてマレーシアモデルを活用した事業の社会実装が開始される

## プロジェクト目標

1MW以上の実機規模でのマレーシアモデルの実現性が確認され、マレーシアモデルの事業化を検討する企業が見れる

