

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：6年/

相手国名：マレーシア

## 令和4（2022）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2025年 3月24日まで

JST側研究期間<sup>\*2</sup>

2018年 6月 1日から2025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

# I. 国際共同研究の内容 (公開)

## 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	2024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 試験装置の制作 (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 (実験) 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理由方法の検討 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		
4. 環境評価およびLCA評価の実施 4.1 表層水/深層水取水の環境への影響を検討 4.2 表層水/深層水排水の環境への影響を検討 4.3 H-OTECのLCA評価 4.4 マレーシアモデルのLCA評価		データ取得 サーバ設置	データ取得 サーバ設置	モデルと解析の構築	モデルと解析の構築	技術移転 技術移転	
5. 技術移転および人材育成 5.1 OTEC関連技術教育研修 5.2 海洋深層水複合利用施設の現地調査 5.3 合同国際セミナー			イベントリーデータ収集完了 H-OTEC淡水化の定量化 H-OTECのためのLCA手法の構築	イベントリーデータ収集完了 H-OTEC海洋深層水の定量化 マレーシアモデルのためのLCA手法の構築	CO2低減量の評価 CO2低減量の評価		

緑、赤、黒の色はそれぞれ現状の進捗、従来までの改定、オリジナルを示す。

- ・新型コロナウイルス感染症の影響により、UPM I-Aquas（マレーシアプトラ大学）に建設予定の建屋の設置が1年6か月遅れ、工事業者の入札などの手続きおよび工事自体の遅れにより、建屋建設完了までは計2年4か月の遅れである（2023年7月完工見込み）。この遅れに伴い、H-OTEC試験装置の設置・運転に関連する工程の開始日程がすべて遅延し、マレーシアでの試験期間が短く、予定していた試験が困難である。建屋の工期については、マレーシア側でタスクフォースを設置して、監視の強化を図っている。

- ・2022年度は、本邦におけるOTEC関連技術教育研究を実施した。その他の打ち合わせや研究発表等は、新型コロナウイルス感染症への影響を考慮しオンラインで実施している。

## (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感染症の影響により、活動に制約が出た期間の影響を配慮頂き、マレーシア側と合意の上、現状予算で実施期間のみ1年間延長が決定し、2025年3月迄の実施期間となった。
- ・H-OTECの優位性を明確にするため、また、冷海水を用いた養殖等の試験のため、新たな提供機材として熱交換器の汚れ比較試験装置をUPM I-AQUASの水産試験設備内に設置した。
- ・試験装置設置予定の建屋建設が2年4か月遅れているため、試験実施期間を短縮せざるを得ない。

## 2. 計画の実施状況と目標の達成状況 (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）の開発によって、低炭素社会の実現に期する。更に、H-OTECを核とした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具体的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、図1に示す研究体制によって、これまで実験的な研究が行われていないH-OTECの試験装置およびマレーシア近海の海洋エネルギーポテンシャルを算出するための海洋データサーバを提供する。提供機器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。

OTECはIEAの海洋エネルギー分野において、世界に10,000 TW/yearのポテンシャルがあると見積もられている。これまで、久米島の100 kW規模の試験においては、表層海水による熱交換器の汚れに起因する性能低下は影響を受けていない特異なケースであるが、一般的に表層海水を用いると、熱交換器や配管内が海洋生物によって汚れることで、熱交換性能が大幅に低下することが知られている。これまで、オゾンや次亜塩素を用いた防汚試験は実施されているが、有効な方法が確立されてい

## Malaysia model (H-OTEC and multiple deep seawater usage in Malaysia)

- Business development (PJ-10)
- LCA assessment (AIST+PJ-3)
- Human resource development (SU)

## Optimizations (System design & operation) (SU+PJ-2)

### H-OTEC facility (building & Utilities) (PJ-1)

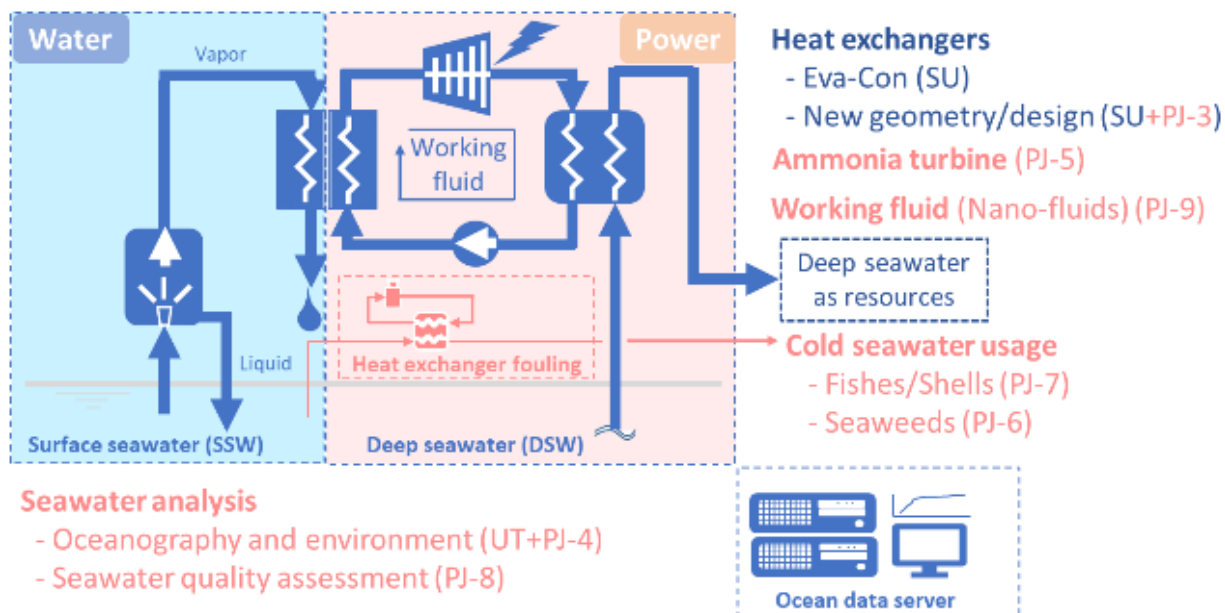


図1 プロジェクト内の研究課題全体像

(SU：佐賀大学、UT：東京大学、AIST：産総研、PJ：マレーシア側での各サブプロジェクトを示し、ハイフン後の数値は各プロジェクト番号を示す)

ない。本マレーシアモデルでは、H-OTECの技術確立によって、この防汚技術だけでなく、コスト低減となる熱交換器プレート材質の低廉化、伝熱性能の向上を目指す。マレーシアに設置予定の試験装置はH-OTECとしては世界初の検証試験装置である。

本事業では、2019年度に基本設計を実施し、2020年末までその製作を行い、ゼネシスの伊万里工場内で仮組み立てを行った。全体装置のイメージをマレーシア側とオンラインで共有し、仮組の試験装置を用いたオンライントレーニングを実施した。当初予定では、2021年度に輸出し、マレーシアにて設置、試運転の予定であったが、UPM敷地内に新規建設予定のH-OTEC試験装置用の建屋建設がコロナ禍の影響に伴う設置手続きや入札・工事進捗の影響によって2年4か月遅れている。H-OTEC試験装置は、2023年3月にマレーシアへの輸入が完了し、現地で建設中である。

更に、コロナ禍においてJICA専門家としての派遣も難しい状況を鑑み、H-OTEC試験装置の遅延の対策として、H-OTEC熱交換器の汚れ試験装置をUPMの既存の建屋内に設置することとし、2022年10月に設置、試運転およびトレーニングが完了し、マレーシア側に引き渡した。同試験装置は、H-OTECの特徴である熱交換器の防汚効果を比較するための小型の試験装置である。UPMの水産試験場の建屋内に設置することで、新規建屋の建設スケジュールに関係なく導入が可能で、試験によって排水される冷海水は、同装置設置以降、マレーシア側で水産試験に活用されている。

【令和4年/2022年度実施報告書】【230531】

海洋環境評価においては、(1) 海洋データサーバと (2) マレーシアモデルの (Life Cycle Assessment : LCA) に分かれて実施している。即ち、(1) 海洋データサーバーでは、東京大学が構築したプロトタイプ of データサーバーをマレーシア UTM に移植した。データの対象海域はブルネイを含むマレーシア西部近海である。構築した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保管し、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であり、任意の領域・時間におけるデータマップを作図、ダウンロードすることができる。サーバは現時点ではプロジェクト関係者限定で SATREPS-Malaysia server としてデータを公開している。(2) マレーシアモデルの LCA では、H-OTEC 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、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ている。

マレーシアモデルの中で、H-OTEC の排水を利用した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、マレーシア国内で OTEC の実施候補地である西部サバ地域での社会実装の準備のため、同地域内での具体的な候補地や海洋データの調査を実施した。

2019 年度は本邦でのトレーニングを実施したが、2020 年度、2021 年度は、COVID-19 の影響により、マレーシアへの JICA 専門家の派遣はできておらず、協議やトレーニングなどは全てオンラインで実施した。2022 年度は本邦でのトレーニングおよびマレーシアへの専門家派遣を実施した。技術移転および人材育成としては、19 名のマレーシア若手研究者が 2019 年度に本邦において、および 2020 年度、2021 年度は延べ 37 名のマレーシアおよび本邦の若手研究者がオンラインを活用し、2022 年は 12 名が本邦で実施した OTEC 関連技術教育プログラムへ参加した。2020 年度より毎年度 (計 3 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。2022 年度の研究発表件数は、共著国際論文 2 編、国際論文 6 編 (査読付国際学会要旨論文 5 件含む)、共著国際学会発表 2 件、国際学会発表 4 件、国内学会発表 4 件である (全研究題目総計)。

以下に、2021 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)」

研究グループ

日本側 リーダー	池上 康之	マレーシア側 リーダー	A Bakar Jaafar
-------------	-------	----------------	----------------

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所において 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設計の最適化を実施する計画である。

2019 年度は、H-OTEC システム（図 2）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所内に小型試験装置を設置した。2020 年度は H-OTEC 試験装置をゼネシス本社工場（佐賀県伊万里市）で 2020 年 12 月末に仮組立を完了した。その後、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建設の諸手続きが COVID-19 蔓延防止に伴う移動制限等の影響で遅延している。2023 年 3 月にマレーシアに輸入し、現地での組み立てを実施している（図 3）。

また、H-OTEC の特徴である表層海水を蒸発させて熱交換器に流入させる効果の比較試験として、表層海水を熱交換器に流入させる熱交換器の汚れ試験装置を新たに本邦で製作し、2022 年 10 月にマレーシアへ設置した（図 4）。現在、マレーシア側の研究者によって運転および副産物である冷海水を水産業に用いた試験を実施中である。

一方、H-OTEC の実用化に向けて、より基礎的な研究も実施している。2019 年度は H-OTEC の熱力学的基本特性である造水・発電の特性を明らかにした。H-OTEC の核となる構成機器であるプレート式蒸発・凝縮器（Eva-Con）について、2019 年度に試験装置（図 5 図）を製作し、2020-2022 年度に実験を行い、実機設計のための伝熱性能の性能予測式を構築した。研究題目 2 にて、同性能予測式を用い、マレーシア内の設置候補場所の情報およびデータサーバーのデータを用いて、H-OTEC の試設計の位置付けとして、最適設計計算を実施している。

更に、2019 年度から 2022 年度にかけて、透明樹脂製プレート式熱交換器を用いた蒸発現象の可視化および画像処理による蒸発現象の解明、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、熱交換器伝熱面形状の最適化などの研究を継続して実施している。

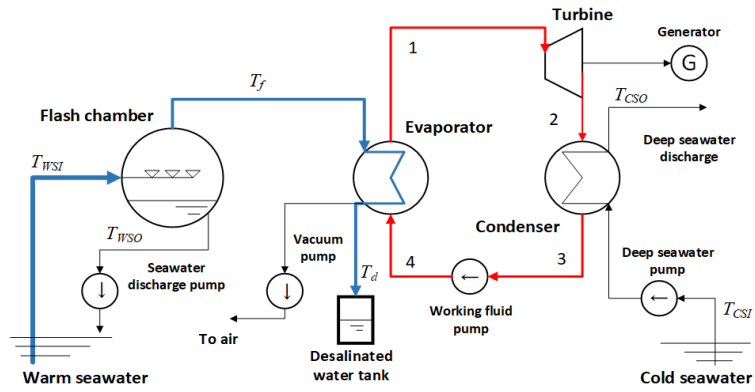


図 2 : H-OTEC 概略フロー線図



図 3 : マレーシア現地での組立実施の様子



図 4 : 熱交換器汚れ試験装置



図 5 : Eva-Con 試験用小型 H-OTEC 試験装置

#### 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 の研究者の熱力学、伝熱工学の基礎教育、②佐賀大学海洋エネルギー研究所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 (2020 年度、2021 年度はオンラインで実施。2022 年は本邦で実施)。交換器汚れ試験装置は、装置の設置、試運転、マレーシア側の研究者へのトレーニングも完了し、引き渡しが完了した。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 UPM I-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、その建設が約 1 年 4 か月遅れている。本計画では、H-OTEC の設置を前提に研究課題 2 の実施内容が計画されているため、遅延は全体実施内容への影響が大きい。これらの状況を鑑み、対策の一環として、供給機器を追加し、まずは基礎的試験をマレーシア内での実施を試みている。即ち、熱交換器の汚れ試験装置 (図 4) をマレーシアにおいて実施し、H-OTEC 設置予定場所の海域の海水による熱交換器の汚れを間接的に計測することとした。2020 年度に熱交換器汚れ試験装置の設計および関連機器を調達し、2021 年度に試供体となる熱交換器の調達、組立、試運転を行った。2022 年 4 月にマレーシアへの輸出が完了し、熱交換器汚れ試験装置は、装置の設置、試運転、マレーシア側の研究者へのトレーニングも完了し、2022 年 10 月に引き渡しが完了した。

#### ④ 研究題目 1 の研究のねらい (参考)

本研究では、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。本研究題目では、H-OTEC 試験装置の試運転までを共同で実施することで、技術実証の準備だけでなく、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。また、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ことで、社会実装への礎を構築する。

⑤ 研究題目 1 の研究実施方法（参考）

H-OTEC（概略フロー線図は図 1 に示す）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 3 kW 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所内に設置した小型 H-OTEC 実験装置（図 5）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・凝縮器の性能は研究題目 2 の研究でのマレーシア内の社会実装エリアを想定した 1 MW 規模の商用機（実機）の試設計に採用した。

一方、更なる OTEC 低コスト化のため、熱交換器の高性能化を行っている。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発展させ、新たな熱交換器の性能評価方法を提案した。2022 年度は、同評価方法を用いてヘリンボーン式熱交換器の形状パラメータと圧力損失および熱伝達係数についての既往の関係式から、上述の熱交換器の性能評価方法を目的関数として伝熱面形状の最適化を行った。他方、プレート式熱交換器内の蒸発、凝縮現象を解明するため、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。高速度カメラで撮影した画像を OpenCV および Python を駆使したプログラムで処理することで、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。また、従来よりも長時間の計測を行い、気泡の主要な発生周期を特定し、適切な撮影時間を検討した。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、更なるプログラムの改善が必要である。

(3) 研究題目 2 : 「H-OTEC の発電・造水技術確立 (P0 : Output 2)」

研究グループ

日本側 リーダー	安永 健	マレーシア側 リーダー	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を蓄積し、2021 年度以降に、研究題目 1 で製作した H-OTEC 試験装置の設置、運転条件や制御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

【令和 4 年 / 2022 年度実施報告書】【230531】

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、商用機（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。

2019年度～2022年度は、H-OTEC試験装置がないことから、マレーシア側で海水データの収集を継続して実施している。H-OTECの試験装置が設置完了し、試運転が完了次第、設計および設計条件以外の条件での試験を実施する。

一方、OTECの実機設計のため、システムの最適設計の理論的研究を実施している。マレーシアモデルでは、日本の久米島同様に、陸上に1 MW級規模のOTECを設置し、発電で利用した海洋深層水を他の産業に複合利用することを想定している。従来の設計手法は、10 MW以上の大型浮体式OTECの設計を基に構築された設計手法を用いている。2021年度は、第一段階として、ランキンサイクルを用いた従来の設計手法をマレーシア側に技術移転しており、共著論文を投稿中である。同時に、本邦では、新しい設計のための目的関数を検討しており、陸上型OTEC設置のための初期投入コストを最小化するため、海洋深層水の取水量を最小化するための目的関数を提案した。久米島のケースをベースに同最適設計を適用し、海洋深層水の取水量を優位に低減することを確認した。2022年度は、長期研修員で佐賀大学博士後期課程のAiman氏が中心となりH-OTECの最適設計を行っている。H-OTECでは、電力だけでなく水も得られることから、従来の送電端出力（正味出力）と必要伝熱面積の比を目的関数とすると造水の効果が評価できない。そのため、まずは造水量を相当する電力量に換算して、従来と同様の最適設計を行った。今後は、H-OTECの蒸発・凝縮器では従来のチタンではなくステンレスを利用していることを勘案したコスト評価を構築していく必要がある。

## 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が、建屋の建設遅延により、実施内容が大幅に変更となっている。現状、COVID-19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。2021年度はH-OTEC試験装置の運転制御システム（図6図）についてオンラインでトレーニング予定であったが、録画でのトレーニング資料作成へと変更し、ビデオを制作中である。また、2021年10月から佐賀大学の博士後期課程に在籍している長期研修員がH-OTECの最適化に関する研究に従事している。熱交換器汚れ試験装置（図4）は、各種図面、マニュアルを作成し、それらの資料を用いたトレーニングを実施し、機器をマレーシア側に引き渡し済みである。

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。

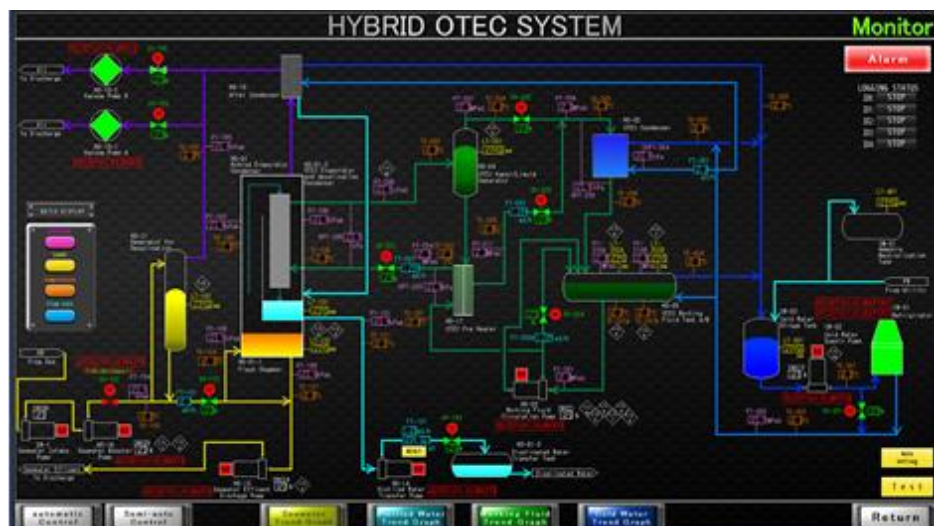


図 6 : H-OTEC 試験装置制御画面

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 UPM I-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 1 年 4 か月遅れ、現状の期間では実施内容の変更が必要となっている。引き続き、オンラインでも対応可能な試験装置の運転制御方法や熱交換器汚れ試験装置の運転方法などの教育教材の充実、先行してデータ解析プログラムの構築などを実施予定である。なお、熱交換器汚れ試験装置は、H-OTEC と従来のクロズド OTEC (C-OTEC) の性能比較の一環であり、表層海水を用いた熱交換器の海生生物由来の汚れの比較試験を実施するものである。即ち、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する。先行して、現行の UPM I-AQUAS 敷地内に設置し、運転を行っている。同装置のデータ解析によって、熱交換器の性能解析方法の技術移転および冷海水を研究題目 3 に活用することを目論んでいる。

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、1 MW 以上の発電容量の商用機的设计に反映し、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。

また、オンラインを活用して協議することで、OTEC や熱交換器の設計、データ解析方法などの技術移転を実施している。

(4) 研究題目 3 : 「海洋深層水の複合利用モデルの基盤構築 (P0 : Output 3)」

## 研究グループ

日本側 リーダー	池上 康之	マレーシア側 リーダー	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。

2019年度は、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、沖縄県久米島を訪問し、久米島における海洋深層水の利活用状況を視察した。2020年1月に、マレーシアモデルの社会実装に関する全体会議を行い、全体的な協力体制と社会実装までにロードマップ等について協議し、課題を共有した。

2020年度以降は、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。

東京大学が構築している海洋データを活用し、社会実装候補地となるための条件の整理、具体的な候補地の選定を実施している。特に海底地形と水深から得られる海水温と陸地までの距離、人口密集地、利用可能な敷地などのデータを整理している。

海洋深層水を活用した事業では、水産業、飲料水などを中心に検討し、水産業の藻類の培養では具体的な養殖実績が出てきている。

### 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

【令和4年／2022年度実施報告書】【230531】

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。

マレーシアモデルは、マレーシア側のリーダーであるラハイユ博士が中心となって、具体的な候補地の洗い出し、深層水の利用事業の収益性などの検討を行っている。候補地の選定には、東京大学が構築している海洋データサーバーのデータを活用している。また、毎年実施している OTEC 関連事業の研修において、参加メンバーが 4 人程度のグループで提案する独自のマレーシアモデルを共有し、その内容を更に踏み込んで経済性などを協議することで、マレーシアモデルのイメージの具体化を図っている。

(5) 研究題目4：「環境評価および LCA 評価の実施（P0：Output 4）」

環境評価研究グループ

日本側 リーダー	早稲田 卓爾	マレーシア側 リーダー	Mohd Fadzil
-------------	--------	----------------	-------------

LCA 研究グループ

日本側 リーダー	田原 聖隆	マレーシア側 リーダー	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、東京大学に構築したプロトタイプ of データサーバーへのデータセットの登録を完了し、マレーシアデータサーバーを UTM に移植した。また、引き続き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ている。

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7の範囲を対象として収集した。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8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。

収集した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、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った。表1にまとめる。なお、順次データセットを更新する。

これまで、内部 LAN 限定で運用していたサーバーを複製しマレーシアにシステムを移植した。現在、SATREPS-Malaysia server としてデータをユーザー限定で公開している。

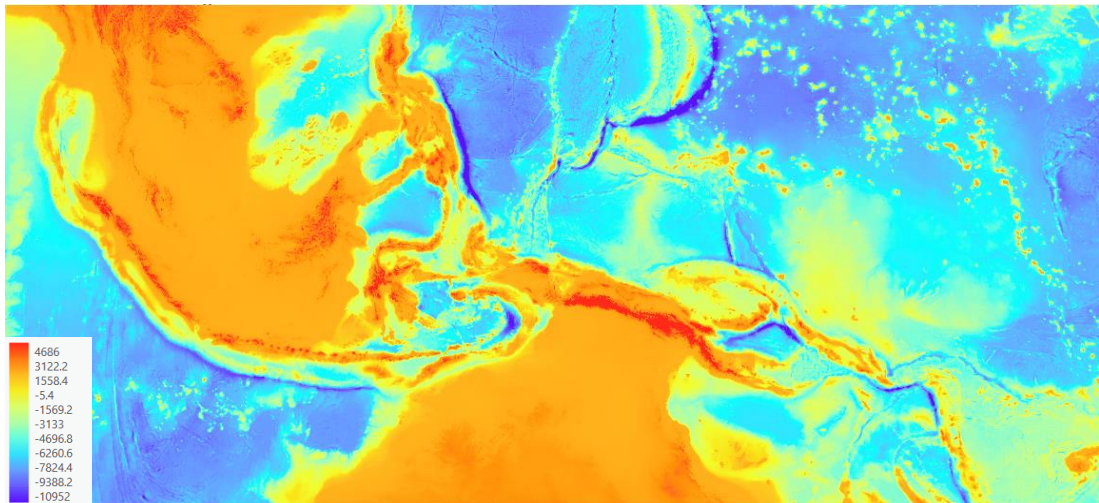


図 7：マレーシアサーバーでデータを収集する海域とその海底地形図

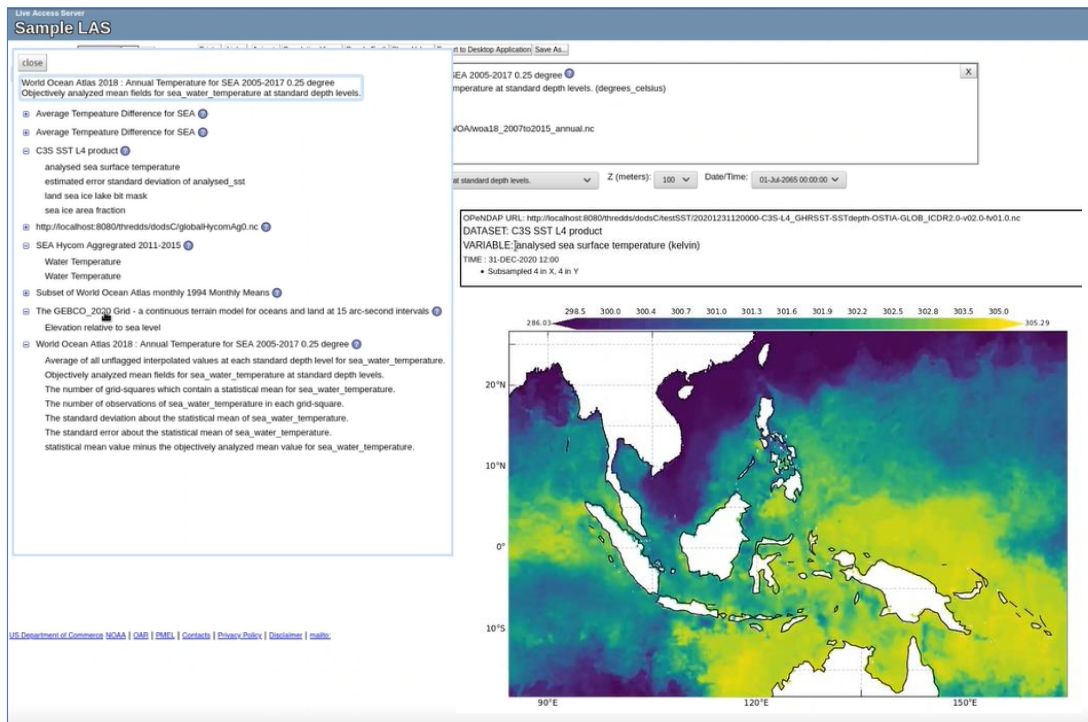


図 8：構築した Live Access Server：左のリストからデータセット・変数を選択、領域・時間などを指定して作図する。また、選択したデータを netCDF、CSV 形式などでダウンロード可能

表 1：マレーシアサーバーへ登録したデータ

Dataset	Type of Data
Bluelink	Ocean Reanalysis
HYCOM	Ocean Reanalysis
C-GLORS & CHOR	Ocean Reanalysis
World Ocean Database	Ocean in-situ data
World Ocean Atlas	Ocean Analysis
ICOADS	Ocean-Atmospheric data
ERA5	Atmospheric Reanalysis
GEBCO	Bathymetry
OSCAR	Ocean Reanalysis
BioGeoChe	Ocean Reanalysis
FES2014	Ocean Reanalysis
ReconSL	Ocean Reanalysis
ERSSTV5	Satellite Analysis
MyROM20+	Ocean Model

LCA 評価グループは、マレーシアモデルのインベントリデータの収集・分析、H-OTEC/マレーシアモデルの CO2 低減量の評価を実施するための準備をした。マレーシアモデルの設計や仕様が確定していないため、インベントリデータの収集を済ませた H-OTEC パイロットプラント (3 kW) を、スケールアップする形式でマレーシアモデル (10 MW) を UTM が想定した。

また、H-OTEC パイロットプラント (3 kW) の輸送を見直し、輸送手段と IDEA 製品との対応関係を修正し、コンテナの個数、空コンテナの重量、海上/陸上輸送距離、トラックの積載率などの各種設定を変更した。SPIN-OFF ビジネスである海ブドウと牡蠣の養殖について、IDEA に格納されている海藻と牡蠣の生産プロセスを産総研が整理し、マレーシアにおける海ブドウと牡蠣養殖を想定し、その生産プロセスへの入出力を UTM が検討した。マレーシアモデルで導き出せる SPIN-OFF ビジネスについて、製品(海ブドウ、牡蠣)別と配分別のそれぞれについて、LCA に関する方法論を産総研が検討し、今後、入出力データを確保し計算する準備をした。LCA を実施するに際し、システム境界を拡張することによる、SPIN-OFF ビジネスからの GHG 排出量の計算方法を検討した。

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。サーバーは UTM に設置予定であり、サーバーとして用いるパソコンは購入手続きを終えて納品待ちの状態である。メインユーザーと想定されるパートナーの 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 UTM とオンライン会議を、2022 年 6 月から 2023 年 5 月までおよそ月 1 回の間隔で合計 10 回開催した。打ち合わせでは、日本からマレーシアまでの H-OTEC パイロットプラント本体の輸送手段、輸送距離、輸送形態（コンテナ数）を議論し、UTM が提案した 3 kW の H-OTEC パイロットプラントから、10 MW のマレーシアモデルへのスケールアップ方法を改善したり、海ブドウや牡蠣などの養殖に係るインベントリデータについて意見交換をした。また、最新バージョンの IDEA に更新すべき単位プロセスデータセット（例えば「水素、電気分解 (electrolysis of hydrogen production) [162312205pJPN]」など）についてはそれらを産総研から UTM に渡し、情報共有をした。

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/マレーシアモデルの 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。システム全体に由来する GHG 排出量を算出することに加えて、部品についても検討した。例えば、熱交換器の素材をチタンからステンレスに変更した場合に削減される GHG 排出量の推計などをおこなった。

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法（参考）

1. H-OTEC の LCA の 2022 年度実施概要

2022 年度はこれまでに収集した情報を精査した。例えば、日本からマレーシアまでの海上輸送距離、マレーシア国内における陸上輸送に係る積載率 0%による輸送の削除などを実施した。産総研が LCA を担当する Equipment in H-OTEC の製造段階由来の GHG 排出量、UTM が担当する Seawater pipe および Building の製造段階由来の GHG 排出量、各部品に関する生産地域から建築現場までの輸送に由来する GHG を算出し、その結果を図 9 に示す。

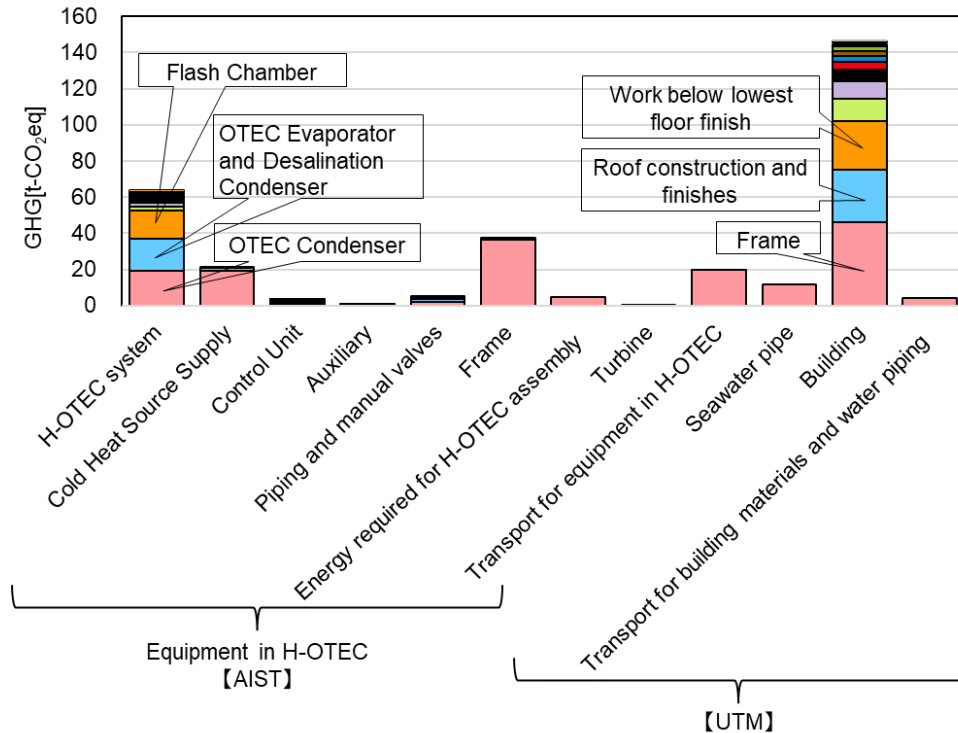


図 9 : H-OTEC の GHG 排出量

図 9 では、GHG 排出量を、①Equipment in H-OTEC の製造、②Equipment in H-OTEC の日本から設置場所までの輸送、③Seawater pipe の製造、④Building の各部位の製造、⑤Seawater pipe 及び Building の輸送、ごとに示した。さらに GHG 排出量の多い①及び④は部品ごとに細分化した。GHG 排出量の算出担当は、①及び②が産業技術総合研究所、③~⑤が UTM である。Equipment in H-OTEC と Building に投入されている Frame に由来する GHG 排出量がもっとも多く、Frame は重量が重いため、GHG 排出量も多くなった。

## 2. H-OTEC/マレーシアモデルのインベントリデータの収集

H-OTEC のインベントリデータを精査した。特に部品に含まれる素材別の重量を確認し、それらに素材別の重量当たりの GHG 排出原単位を乗じることによって、素材ごとの GHG の排出特性を反映させた。

久米島モデルを参考に、3 kW の H-OTEC パイロットプラントを、10 MW のマレーシアモデルにスケールアップする方法を UTM が検討した。また、H-OTEC はパイロットプラントであるため、深層水を汲み上げない代わりに冷凍機で冷水を作っているため、マレーシアモデルでは冷凍機を除いたり、設置場所から海水管の長さを推定するなどの検討をおこなった。

## 3. 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、原則として日本で生産された製品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、その実態を反映させたマレーシア版の 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。そこで 2022 年度は H-OTEC の副産物として想定している海ブドウと牡蠣の養殖について、UTM がマレーシアにおける生産方法を収集し分析した。

#### 4. 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、収集した H-OTEC の建屋の設計図や仕様から、施設や機器に関する必要な情報を抽出し整理した。

#### 5. H-OTEC/マレーシアモデルのための LCA 手法の構築

LCA 手法の開発のために、生産国によって、IDEA データベースを使い分けた。すなわち、日本で製造される H-OTEC 本体は日本製造を前提とする IDEA Ver. 3.1 からインベントリデータを引用した。一方、マレーシアで製造される建屋及び取水管は、IDEA Ver. 2.2 マレーシア版から引用した。国別の IDEA では、各燃料の燃焼効率、エネルギー用の燃焼燃料の熱量構成比、電源構成について、国ごとの違いを考慮することができる。また、2021 年度と同様に、H-OTEC の各部品と IDEA 製品とを対応させる際に、(1) H-OTEC 製造企業から得た数量の単位と IDEA 製品の単位とが異なる場合、(2) H-OTEC 製造企業から得た素材と IDEA 製品の素材とが異なる場合に、何らかの対処をする必要がある。

(1) の場合は、例えば IDEA 製品の「蒸発機器、蒸留機器、蒸煮機器、晶出機器[265216000pJPN]」や「熱交換器[265213000pJPN]」等は基準単位が[台]であるが、H-OTEC 製造企業からは[台]と重量[kg]で情報を得ていることがある。この場合は、H-OTEC 製造企業から入手した 1 台当たりの重量を、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、重量を考慮した入力台数を算出するようにした。(2) の場合は、IDEA 製品の素材を、H-OTEC 部品の素材に変更した上で、IDEA 製品 1 単位当たりの GHG 原単位を算出し直し、それを LCA に導入することにした。上記 (1) と (2) の場合を考慮することによって、H-OTEC の実態に近い GHG 排出量の算出に努めた。

マレーシアモデルのための LCA 手法の構築については、建設及び使用に関するフォアグラウンドデータの入手が進まなかったため、H-OTEC パイロットプラント (3 kW) から、マレーシアモデル (10 MW) へのスケールアップを UTM が検討した。マレーシアモデル (10 MW) に関するフォアグラウンドデータの入手の優先順位や、詳細な設計がまだ決まっていないので、それらのデータが入手できない場合は、UTM が検討したスケールアップ手法によって建設及び運営段階の GHG 排出量を含めて算出する予定である。

#### 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 マレーシア版 Ver. 2.2
- 2) 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 IDEA ラボ, LCI データベース IDEA Ver. 3.1

(6) 研究題目 5 : 「技術移転および人材育成 (P0 : Output 5)」

研究グループ

日本側 リーダー	池上 康之	マレーシア側 リーダー	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

研究題目 5 の当初の計画は、以下の活動を毎年行うことで、マレーシア研究者への技術移転、マレーシア側および本邦の人材育成を行うことである。即ち、OTEC 関連技術研修（約 10 日間）によってマレーシア若手研究者を招聘して教育すること、マレーシアにおいて講義形式で技術移転すること、IOES 主催の海洋エネルギー研究者のための若手プラットフォーム育成事業へ招聘すること、共同でシンポジウムなどを開催しマレーシア側研究者を招待講演者として招聘すること、マレーシアにおいて OTEC 関連の講義を実施すること、長期研究員（博士課程）の学生を輩出すること、共同で研究や H-OTEC の設計を行い技術移転すること、および共著での論文発表や研究発表を行い、研究成果の情報発信に期することである。本技術移転や人材育成が、本事業終了後も継続した研究の遂行や社会実装へ向かう大きな原動力と財産となるため、若手研究者を中心とした取り組みとしている。

OTEC 関連技術研修： 2020 年度および 2021 年度は、COVID-19 蔓延防止のための移動制限に伴い、研究者の招聘はできず、オンラインで実施した。2022 年度は 9 月 28 日～10 月 7 日に佐賀大学伊万里サテライトおよび久米島サテライト（沖縄県海洋深層水研究所内）で実施した。佐賀大学伊万里サテライトでは、OTEC、海水淡水化、熱交換器に関する講義および実験装置を用いた操作の実習、メンテナンス項目の確認などを実施した。久米島では、海洋深層水取水設備、OTEC 実証試験装置、海洋深層水を用いた様々な利用形態や利用モデルについて学習した。

マレーシアにおいて講義形式で技術移転： 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、COVID-19 蔓延防止のための移動制限に伴い、2020 年度以降はオンライン形式で実施した。その講義の延長として、本講義のマネージメントに尽力していた UTM-OTEC センター長が、2021 年度からプロジェクト関係者や学生に対して OTEC のオンライン講義を開始した。本講義では単位は出ないが、マレーシア国内のチーム内教育を行い、知見を強固な内容にする取り組みでもある。2021 年度は 10 回以上のクラスを開講し、毎回 7～9 名が出席している。併せて、研究者間の技術力を向上させるため、学生対象の日本式のゼミをオンラインで共同実施を 2021 年 9 月に開催した。これまで、13 回開催し、毎回 7 名から 12 名が参加し、最新の研究論文の内容を協議している。

IOES 主催の海洋エネルギー研究者のための若手プラットフォーム育成事業：COVID-19 蔓延防止のための移動制限に伴い、オンラインで 5 日間の実施を行っており、2022 年度は 2 名のマレーシア側研究者が本プロジェクトから参加した。

SATREPS フォーラム：2022 年度末に第 3 回を実施し、46 名が参加した。

長期研究員（博士課程）の学生の輩出：2021 年 10 月から長期研究員が佐賀大学に入学した。現在は、H-OTEC の最適化に関する研究に従事しており、積極的に研究活動を実施している。

## ② 研究題目5のカウンターパートへの技術移転の状況

本研究題目は技術移転の内容であり、上述に記載しているため割愛する。

## 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

当初計画では、マレーシアにおいて講義形式の講義を実施することで技術移転を計画していたが、新型コロナウイルスの移動制限によって対面講義が出来なくなり、オンラインでの対応となった。オンラインで、多様なメンバーの参加が可能となったが、結果として講義のマネージメントを実施していたサティア UTM-OTEC センター長が主な講義者へと状況が変化した。本講義は単位は出ないが、教育を実施することは教育者にとっても非常に良い取り組みとなることが想定される。また、長期研究員の Aiman 氏も 2021 年度中旬からの開始として、当初計画のスケジュールに比べて大幅に遅れたが、長期研究員として本邦入りすることが出来た。

人材育成のために、本事業で中核である海洋温度差発電に関する公式の授業（単位取得可能）な授業の開講（MRTL1543 under Razak Faculty, UTM）に向けて手続きが進んだ。2023 年 4 月より開講

## 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。

## ⑤ 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異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。初日は海洋エネルギー研究所伊万里サテライトで実施し、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所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 15 kW 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、100 kW 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、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、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。2021 年 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、2022 年 3 月 3 日に第 2 回 SATREPS フォーラムをオンライン形式、2023 年 3 月 9 日に第 3 回 SATREPS フォーラムを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所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。

## II. 今後のプロジェクトの進め方、およびプロジェクト／上位目標達成の見通し（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細かく計画を見直す必要が有るのは、2023年度に実施する予定のH-OTEC試験装置の試運転および試験実施である。H-OTEC試験装置用の建屋としてUPM I-AQUAS（ポートディクソン、マレーシア）内のUPM-UTM OTEC Centreが建設中であるが、工事の更なる遅延により、完工予定が2023年5月末と2年4か月遅れている。今後、短期間の運転で社会実装に繋がる研究成果を出していく必要があり、実施する内容の洗い出しと優先順位を決めるなどの細かな計画がスケジュールを左右するものと推測している。本邦の基礎研究データを活用し、H-OTECの設計およびマレーシアモデルの構築に努める必要がある。

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。発電においては、早期に実機の基本設計につなげ、具体的なマレーシアモデルの全体像を作ることで、発電事業者に伝わりやすい内容にしていくことが重要である。また、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。プロジェクトの中で、より具体的且つ収益性の高い事業モデルを構築することで、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ことで事業者を見つけていくことが重要となる。引き続き、社会実証候補地域であるサバ地区の地場企業、大学と連帯しながら、地元と協調して進めていく。

## 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、P0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、本事業の5つの研究題目についての日本側研究者の発表も併せて実施することで、情報の横通しを良くしている。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、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られている。

また、H-OTEC試験装置を設置する建屋建設が全体スケジュールの要となることから、2022年度からマレーシア側研究者によって、タスクフォースを立ち上げ、進捗管理を行っていくこととなった。一方、本プロジェクトで開発しているH-OTEC試験装置は、メインカウンターパートであるUTMが所有し、UPMの水産試験場に設置する。マレーシア高等教育相からの予算は、マレーシア側代表のUTMに充てられる。UTMでの建設は、UTMとUPMの共同研究の合意や送金、入札の手続きなど、相互の情報のやり取りが多く、煩雑であり、建屋建設の責任があいまいになりがちである。今回の建屋建設の遅

延は、それらの手続きや管理の煩雑さの要因も否めない。実施することで初めて分かる手続きも多く、国際共同研究の場合は実施や予算管理体制はできるだけシンプルにする必要がある。

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

研究グループ

日本側 リーダー	池上 康之	マレーシア側 リーダー	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、COVID-19 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、COVID-19 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、COVID-19 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。

UPM I-AQUAS の建屋の建設は、COVID-19 の影響による外出禁止の影響等によって、2022 年内に完工予定へと遅延している。

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

研究グループ

日本側 リーダー	安永 健	マレーシア側 リーダー	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所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所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。

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 (P0 : Output 3)」

研究グループ

日本側 リーダー	池上 康之	マレーシア側 リーダー	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 (P0 : Output 4)」

環境評価研究グループ

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

【令和 4 年 / 2022 年度実施報告書】【230531】

リーダー		リーダー	
------	--	------	--

LCA 研究グループ

日本側 リーダー	田原 聖隆	マレーシア側 リーダー	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。

(6) 研究題目 5 : 「技術移転および人材育成 (P0 : Output 5)」

研究グループ

日本側 リーダー	池上 康之	マレーシア側 リーダー	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。

人材育成のために、本事業で中核である海洋温度差発電に関する公式の授業（単位取得可能）な授業の開講（MRTL1543 under Razak Faculty, UTM）に向けて手続きが進んだ。2023 年 4 月より開講した。

合同国際セミナーは、2023 年 3 月に第 3 回 SATREPS-OTEC フォーラムを実施し、長期研修員佐賀大学博士課程の Aiman Azmi 氏の研究成果の発表を含む特別講演 1 と 4 件の研究発表をハイブリット形式で発表した。

#### IV. 社会実装に向けた取り組み（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、20 kW 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、2021 年度に運転を行っている。

佐賀大学海洋エネルギー研究所の池上康之教授と安永健助教は、SATREPS の事業成果を基に一般社団法人 海外環境協力センター（OECC）とともに、UNFCCC（国連気候変動枠組条約）の技術メカニズムを担う CTCN（気候技術センター・ネットワーク）の事業として、実施機関である UNIDO（国際連合工業開発機関）による「ナウル共和国における海洋温度差発電等の導入に関する Pre-FS（プレ・フイジビリティースタディ）」プロジェクトに採択され、海洋エネルギーおよび海洋温度差発電の技術的な検討およびプロジェクトの技術的アドバイスを実施した。CTCN のプロジェクトへの採択は、日本の再生可能エネルギー技術（グリーンガス案件以外）としては初である。

アジア開発銀行（ADB）からの依頼で、本事業関連の「KUMEJIMA MODEL」および「MALAYSIA MODEL」をパラオ共和国に展開した海洋温度差発電を核とした GX 社会モデルの提案が、2023 年 2 月にクアラルンプールで開催された ADB 主催の High Level Investor Forum on New Ocean Energy Economy で Second Award を受賞した。

「 <https://events.development.asia/learning-events/high-level-investor-forum-new-ocean-energy-economy>」

##### (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。

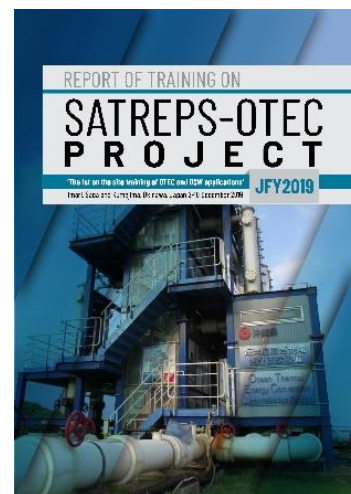
(1) Sathiabama T. Thirugnana; Abu Bakar Jaafar; Srithar Rajoo; Ahmad Aiman Azmi; Hariharan Jai Karthikeyan; Takeshi Yasunaga; Tsutomu Nakaoka; Hesam Kamyab; Shreesivadasan Chelliapan; Yasuyuki Ikegami, Performance Analysis of a 10 MW Ocean Thermal Energy Conversion Plant Using Rankine Cycle in Malaysia, Sustainability, 2023, Vol.15, No.4,

【令和 4 年／2022 度実施報告書】【230531】

p. 3777.

- (2) Ming Hui Tan, Meng Soon Chiong, Yoon-Young Chun, Kenichiro Tsukahara, Kiyotaka Tahara, An Analysis of Practices and Challenges for Plastic Recycling Industry in Malaysia, Int. J. of Automation Technology, 2022, Vol.16 No.6, pp.831-837.
- (3) Kotaro Ushijima, Yoshitaka Matsuda, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, A Pseudo-measurement Approach to State Estimation for Liquid Level Control of Separator in an OTEC Plant Using Uehara Cycle, Proceedings of The 53rd ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, Apr. 2022, pp. 129-134.
- (4) Yoshitaka Matsuda, Daisuke Suyama, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Construction of state-space model with multiple flow rate inputs for an OTEC plant using Rankine cycle, SICE Journal of Control, Measurement, and Integration, 2022, Vol.15, No.2, pp.89-98.

- ・マレーシアモデルの候補地の選定および推進のための作業会議を頻繁に開催している。
- ・マレーシア内で最も OTEC の発電ポテンシャルが高いサバ地域での社会実装を目指し、(1) 海洋データをを用いたサバ地区内の候補地の洗い出し、(2) 地元の大学や企業との協議を継続して実施している。(2) では、サバ大学とオンラインでの協議だけでなく、実際にサバ地域に赴き、海洋深層水の複合利用事業に関連がある企業とも面談を実施している。
- ・2021 年度は、サバ大学からオンラインの OTEC 関連技術研修に 2 名が参加した。
- ・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。
- ・これまでマレーシアモデルの会議をオープンに年 1 回程度開催していた。
- ・2022 年 5 月 11 日には、サバ州への社会実装の推進のための、「OTEC industry engagement meeting」を日本企業(商船三井、ENEOS、ゼネシスなど) およびマレーシア側の民間企業とともに、これまでの成果もとに具体的な社会実装について会議をクローズで開催した。



## 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

【令和 4 年 / 2022 年度実施報告書】【230531】

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、当研究所の共同利用・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。
- IRENA（国際再生可能エネルギー機関）が主催で 2022 年 2 月に開催した “Accelerating the Development of OTEC in Small Island Developing States Meeting” で招待講演を行い、本 SATREPS 事業を評価した。IRENA の事務局長は、今後、熱帯・亜熱帯島嶼地域の SDGs の達成に向けて OTEC の技術が重要であること表明するとともに、本事業を含む日本の技術を高く評価された。
- UNIDO（国際連合工業開発機関）の傘下機関として、国際的な GHG 排出削減、気候変動に対する脆弱性への対処を目的とし、ローカルな技術革新能力の強化、気候変動対策事業への投資増加を可能とする環境整備等のための支援を行う CTCN（気候技術センター・ネットワーク）が実施するナウル共和国での海洋温度差発電の FS を OECC とともに国際入札で 2021 年に採択された。本 SATREPS 事業を含む国際的な研究開発等の実績が高く評価された。CTCN は、この FS の成果およびモデルを熱帯・亜熱帯地域への社会実装の展開を期待している。なお、我が国で自然エネルギー技術として本事業に採択されたのは初である。
- 2021 年に開催された日本政府が主催する「太平洋・島サミット」の関連イベント「経済フォーラム」（JETRO 主催）において、我が国の海洋温度差発電の島嶼地域への貢献に関する講演を民間企業と行った。講演において、本 SATREPS 事業を紹介した。
- 本 SATREPS 事業の成果を含む業績が、海洋立国日本の推進に関する特別な功績として「第 15 回海洋立国推進功労者内閣総理大臣表彰」を受賞した。なお、業績として下記の通り、評価頂いた「JST/JICA による SATREPS（地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム）事業『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』において、本研究所が研究開発し日本国内で製造された世界初の H-OTEC（ハイブリッド海洋温度差発電）システムが、本年度中にマレーシアに輸出される予定である。今後は、実証試験を行い、社会実装の推進と共にこれまで培ってきたノウハウを元に人材育成を行い、これらの社会実装の成果を、熱帯、亜熱帯地域へ展開することを目指している」

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/2022/1420210\\_00005.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/2022/1420210_00005.htm)

以上

【令和 4 年／2022 度実施報告書】【230531】

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)
2021	Siti Norasyiqin Abdul Latif, Meng Soon Chiong, Srithar Rajoo, Asako Takada, Yoon-Young Chun, Kiyotaka Tahara, Yasuyuki Ikegami, The Trend and Status of Energy Resources and Greenhouse Gas Emissions in the Malaysia Power Generation Mix, Energies, 2021, Vol.14, No.8, p.2200	10.3390/en14082200	国際誌	発表済	Open access (IF=2.702)
2022	Ming Hui Tan, Meng Soon Chiong, Yoon-Young Chun, Kenichiro Tsukahara, Kiyotaka Tahara, An Analysis of Practices and Challenges for Plastic Recycling Industry in Malaysia, Int. J. of Automation Technology, 2022, Vol.16 No.6, pp.831-837	10.20965/ijat.2022.p0831	国際誌	発表済	Open access
2023	Sathiabama T. Thirugnana; Abu Bakar Jaafar; Srithar Rajoo; Ahmad Aiman Azmi; Hariharan Jai Karthikeyan; Takeshi Yasunaga; Tsutomu Nakaoka; Hesam Kamyab; Shreesivadasan Chelliapan; Yasuyuki Ikegami, Performance Analysis of a 10 MW Ocean Thermal Energy Conversion Plant Using Rankine Cycle in Malaysia, Sustainability, 2023, Vol.15, No.4, p.3777	10.3390/su15043777	国際誌	発表済	Open access (IF=3.889)

論文数 4 件  
 うち国内誌 0 件  
 うち国際誌 4 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。)
2019	Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, Finite-Time Thermodynamic Model for Evaluating Heat Engines in Ocean Thermal Energy Conversion, Entropy, 2020, Entropy, Vol.2, No.2, p.211	10.3390/e22020211	国際誌	発表済	Open access (IF=2.524)
2019	Kevin Fontaine, Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, OTEC Maximum Net Power Output Using Carnot Cycle and Application to Simplify Heat Exchanger Selection, Entropy, 2019, Vol.21, No.12, p.1143	10.3390/e21121143	国際誌	発表済	Open access (IF=2.524)
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, Vol.9, No.8, p.1503	10.3390/jmse9081503	国際誌	発表済	Open access (IF=2.524)
2019	池上 康之, 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, 日本機械学会論文集, 2020, Vol.86, No.883, p.19-00370	10.1299/transjsme.19-00370	国内誌	発表済	Open access
2019	Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, IRREVERSIBILITY IN THE ORGANIC RANKINE CYCLE FOR LOW-GRADE THERMAL ENERGY CONVERSION SYSTEM, Proceedings of 5th International Symposium on ORC Power Systems, 2019, (Online)		国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
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/CCTA41146.2020.9206347	国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2021	浦田和也, 安永健, 池上康之, 小見聡史, 富賀見清彦, 田中辰彦, 鎌野忠, 石田雅照, 大原順一, 西田哲也, 中岡勉, 久米島沖における海洋温度差発電と海洋深層水複合利用のための海洋調査, 海洋深層水研究, 2021, Vol.22, No. 2, pp.39-47		国内誌	発表済	Open access
2021	Takeshi Yasunaga., Kevin Fontaine, Yasuyuki Ikegami, Performance evaluation concept in ocean thermal energy conversion towards standardization and intelligent design, Energies, 2021, Vol.14, No.8, p.2336.	10.3390/en14082336	国際誌	発表済	Open access (IF=2.702)
2021	Yasunaga, T., Nakamura, T., Okuno, T., Ikegami, Y., (2021). Exergetic performance evaluation of ocean thermal energy conversion system with crossflow plate heat exchangers, Proceedings of 6th International Symposium on ORC Power Systems, 2021, media TUM (Online)	10.14459/2021mp1633113	国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2021	Yasunaga, T., Miyazaki, A., Fontaine, K., Ikegami, Y., (2021). Comprehensive heat exchanger performance evaluation method on ocean thermal energy conversion for maximum net power, Proceedings of 6th International Symposium on ORC Power Systems, 2021, media TUM (Online)	10.14459/2021mp1633024	国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2021	Matsuda, Y., Sugi, T., Goto S, Takafumi Morisaki, Yasunaga, T., Ikegami, Y., (2021). Construction of a dynamic model for an OTEC plant using hybrid cycle based on a simple dynamic model, Proceedings of SICE Annual Conference 202, 2021, Online		国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2021	Yoshitaka Matsuda, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Construction of a dynamic model for an OTEC plant using hybrid cycle based on a simple dynamic model, Proceedings of SICE Annual Conference 202, 2021, Online		国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2022	Benjamin Martin, Shin Okamura, Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, Naoki Ota, OTEC and Advanced Deep Ocean Water Use for Kumejima: An Introduction, Proceedings of OCEANS 2022 - Chennai, 2022	10.1109/OCEANSCheennai45887.2022.9775240	国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2022	Yoshitaka Matsuda, Daisuke Suyama, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Construction of state-space model with multiple flow rate inputs for an OTEC plant using Rankine cycle, SICE Journal of Control, Measurement, and Integration, Vol.15, No.2, pp.89-98.	10.1080/18824889.2022.2080471	国際誌	発表済	Open access
2022	Yoshitaka Matsuda, Ayato Ehara, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Construction of a State Space Model for a Spray Flash Desalination System with Valve Dynamics, Proceedings of SICE Annual Conference 2022, Sep., pp. 448-453		国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2022	Yoshitaka Matsuda, Daiki Suyama, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Construction of a State Space Model with Working Fluid Flow Rate Inputs for an OTEC Plant Using Double-stage Rankine Cycle, Proceedings of SICE Annual Conference 2022, Sep., pp. 442-447		国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2022	Yoshitaka Matsuda, Ryo Izutsu, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Power Generation Control of OTEC Plant Using Hybrid Cycle by Cold Seawater Flow Rate Regulation, Proceedings of SICE Annual Conference 2022, Sep., pp. 71-74		国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review
2022	Kotaro Ushijima, Yoshitaka Matsuda, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, A Pseudo-measurement Approach to State Estimation for Liquid Level Control of Separator in an OTEC Plant Using Uehara Cycle, Proceedings of The 53rd ISGIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, Apr. 2022, pp. 129-134	10.5687/ss.s.2022.129	国際誌	発表済	International conference proceedings with peer review, Open access

論文数 19 件  
うち国内誌 3 件  
うち国際誌 16 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

著作物数 0 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
2019	池上 康之, 安永 健, 奥野 智也, ハイブリッドサイクルOTECのパラメータ解析, OTEC, 2019, Vol.24, pp.41-46	総説	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
2021	中山 雅士, 安永 健, 森崎 敬史, 佐々木 究, 大津 康徳, 池上 康之, “透明樹脂プレート式蒸発器内部の可視化と画像処理を用いたボイド率測定方法の検討”, 2021, OTEC, Vol.26, pp.13-18		報告書	発表済	Open access
2021	宮崎 彬, 安永 健, Kevin Fontaine, 池上 康之, “熱力学的視点からの海洋温度差発電向け熱交換器の性能評価手法の提案”, 2021, OTEC, Vol.26, pp.19-26		報告書	発表済	Open access
2021	宮園 修路, 安永 健, 中村 泰誠, 池上 康之, 森崎 敬史, “ハイブリッドサイクルを用いた海洋温度差発電のためのプレート式蒸発・凝縮器の伝熱性能評価”, 2021, OTEC, Vol.26, pp.43-47		報告書	発表済	Open access
2022	安永 健, 森崎 敬史, 池上 康之, “ハイブリッドサイクルを用いた海洋温度差発電の開発”, 自動車技術, Vol.76, No.7, pp.106-112		解説	発表済	
2022	Takeshi Yasunaga, Extracting energy from seawater: A thermodynamic dilemma, Vol.143, pp.30-33		解説	発表済	Open access
2022	吉村 英行, 大原 順一, 西田 哲也, 古賀 淳司, 田中 辰彦, 富賀見 清彦, 井原 剛, 岡本 平太, 中村 公彦, 植田 貴宏, 中塚 久輝, 榊 良祐, 山本 幸典, 広瀬 直毅, 安永 健, 森崎 敬史, 浦田 和也, 平山 伸, 池上 康之, 久米島における海洋温度差発電プラント設置のための海洋調査 (2016年~2022年における水温, 塩分, 溶存酸素量の評価), 2023, OTEC, Vol.27, pp.35-57		報告書	発表済	Open access

著作物数 9 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
2020	Report of Training on SATREPS-OTEC Project, 'The 1st on the site training of OTEC and DSW applications', JFY2019	トレーニング報告書	ISBN:978-967-19131-0-9

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
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
2021	国際学会	Yasunaga, T., Morisaki, T., Miyazono, S., Nakamura, T., Thirugnana, T. S., Jaafar, A. B., Chiong, M. S Nakaoka, T., Ikegami, Y., Heat Transfer Performance Test of A Plate Type Heat Exchanger for Hybrid Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) System, The 1st International Conference of Advanced Research on Renewable Energy for Universal Sustainability 2021 (ARUS 2021), 2021	招待講演
2021	国際学会	A. Bakar Jaafar, Mohd Khairi Abu Husain, Sathiabama T. Thirugnana, Syuhaida Ismaila, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Ocean Thermal Energy-Driven Development for Sustainability, Proceedings of 9th International Conference on Applied Science and Technology (ICAST), Virtual conference, Apr. 2021, Online	口頭発表
2022	国際学会	Karthikeyan, H. J., Thirugnana, S.T., Chelliapan, S., Yasunaga, T., Ikegami, Y., COMPONENTS IN CLOSED CYCLE OTEC SYSTEM: A REVIEW, Proceedings of 18th International Conference on Clean Energ, Jul. 2022, Online	口頭発表
2022	国際学会	Azmi, A. A., Yasunaga, T., Ikegami, Y., Fontaine, K., Thirugnana, S. T., Jaafar, A. B., AN ASSESSMENT ON TECHNICAL CHALLENGES OF HEAT EXCHANGER IN HYBRID OTEC, Proceedings of 18th International Conference on Clean Energ, Jul. 2022, Online	口頭発表

招待講演 1 件  
口頭発表 7 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
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・ランキンサイクルによる 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
2021	国際学会	Yasuyuki Ikegami, Malaysian Global Leadership in Promoting Achievement of the SDGs, Renewable Energy, and Innovation, The 1st International Conference of Advanced Research on Renewable Energy for Universal Sustainability 2021 (ARUS 2021),	招待講演
2021	国際学会	Yasuyuki IKEGAMI, Hydrogen Production using Ocean Thermal Energy Conversion as a Globally Leading Advanced System in Malaysia, INTERNATIONAL HYDROGEN ECONOMY FORUM AND STRATEGIC LAB THEME 'VISIONING A HYDROGEN ECONOMY FOR MALAYSIA'	招待講演
2021	国内学会	安永健, 久米島における海洋温度差発電を核とした海洋深層水の複合利用～ KUMEJIMA MODEL(久米島モデル)～, 第1回JDA Round-Talk	招待講演
2021	国内学会	安永健, 海洋温度差発電の開発と展望 ～熱交換器を熱力学的視点で評価する～, 日本伝熱学会東北支部秋季伝熱セミナー	招待講演
2021	国内学会	池上康之, 地球規模で考える脱CO <sub>2</sub> と海洋エネルギー可能性・地域経済活性化, 第6回「脱CO <sub>2</sub> 社会の実現」による経済成長と持続的発展を考える」専門委員会	招待講演
2021	国際学会	Yasuyuki Ikegami, Applications and Benefits of OTEC, Accelerating the Development of OTEC in Small Island Developing States Meeting, IRENA	招待講演
2021	国際学会	. Ushijima, K., Matsuda, Y., Sugi, T., Goto, S., Morisaki, T., Yasunaga, T., Ikegami, Y. (2021). A Pseudomeasurement Approach to State Estimation for Liquid Level Control of Separator in an OTEC Plant Using Uehara Cycle, The 53rd ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, Extended Abstract of the 53rd ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, pp.68-69.	口頭発表
2021	国際学会	Yasunaga, T., Nakamura, T., Okuno, T., Ikegami, Y., Exergetic performance evaluation of ocean thermal energy conversion system with crossflow plate heat exchangers, Proceedings of 6th International Symposium on ORC Power Systems, Oct. 2021, media TUM (Online)	口頭発表
2021	国際学会	Yasunaga, T., Miyazaki, A., Fontaine, K., Ikegami, Y., Comprehensive heat exchanger performance evaluation method on ocean thermal energy conversion for maximum net power, Proceedings of 6th International Symposium on ORC Power Systems, Oct. 2021, media TUM (Online)	口頭発表
2021	国際学会	Yoshitaka Matsuda, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Construction of a dynamic model for an OTEC plant using hybrid cycle based on a simple dynamic model, Proceedings of SICE Annual Conference 202, Sep. 2021, Online	口頭発表
2021	国際学会	Matsuda, Y., Sugi, T., Goto S, Takafumi Morisaki, Yasunaga, T., Ikegami, Y., (2021). Construction of a dynamic model for an OTEC plant using hybrid cycle based on a simple dynamic model, Proceedings of SICE Annual Conference 202, Sep. 2021, Online	口頭発表
2021	国内学会	池上康之, 安永健, 奥野智也, 中村泰誠, 宮菌修路, 森崎敬史, ハイブリッドサイクルを用いた海洋温度差発電の蒸発・凝縮器の伝熱性能評価, 第25回動力・エネルギー技術シンポジウム,(オンライン), C132, 2021年7月.	口頭発表
2021	国内学会	陶山大暉, 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冷海水流量を入力とした状態空間, モデル, 第65回システム制御情報学会研究発表講演会, (オンライン), pp.1005~1010, 2021年5月	口頭発表
2021	国内学会	安永健, 宮崎彬, Kevin Fontaine, 池上康之, Finite-time Thermodynamics に基づく海洋温度差発電用熱交換器の性能評価指標の提案, 第25回動力・エネルギー技術シンポジウム, (オンライン), C133, 2021年7月	口頭発表

2021	国内学会	松尾優佑, 松田吉隆, 杉剛直, 後藤聡, 森崎敬史, 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プラントの水位制御モデルを用いた遠隔操作システムの開発, 2021年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, GS-3-6, (オンライン), pp.966-969, 2021年9月	口頭発表
2021	国内学会	松尾優佑, 松田吉隆, 杉剛直, 後藤聡, 森崎敬史, 安永健, 池上康之, 江頭成人, 久米島に設置されたスプレーフラッシュ蒸発式海水淡水化プラントの遠隔監視システムの開発, 2021年度(第74回)電気・情報関係学会九州支部連合大会, (オンライン), 08-1P-03, p. 178, 2021年9月	口頭発表
2021	国内学会	池上康之, 安永健, 森崎敬史, 奥野智也 ハイブリッドサイクルを用いた温泉水発電の性能解析, 機械学会熱工学コンファレンス2021, (オンライン), D223, 2021年10月	口頭発表
2021	国内学会	陶山大暉, 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温冷海水流量を入力とした状態空間モデル, 第64回自動制御連合講演会, (オンライン), pp. 1078-1084, 2021年11月	口頭発表
2021	国内学会	松田吉隆, 陶山大暉(佐賀大), 杉剛直, 後藤聡(佐賀大), 森崎敬史, 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温冷海水流量を入力とした状態空間モデル, 第64回自動制御連合講演会, オンライン, 2021年11月	口頭発表
2022	国内学会	江原彩斗, 松田吉隆, 杉剛直, 後藤聡, 森崎敬史, 安永健, 池上康之, オブザーバを用いたスプレーフラッシュ蒸発式海水淡水化システムの水位制御, 第41回計測自動制御学会九州支部学術講演会, 福岡, 204A4, pp. 136-139	口頭発表
2022	国内学会	江原彩斗, 松田吉隆, 杉剛直, 後藤聡, 森崎敬史, 安永健, 池上康之, オブザーバを用いたスプレーフラッシュ蒸発式海水淡水化システムの水位制御, 第41回計測自動制御学会九州支部学術講演会, 福岡, 204A4, pp. 136-139	口頭発表
2022	国際学会	井筒遼, 松田吉隆, 杉剛直, 後藤聡, 森崎敬史, 安永健, 池上康之, ハイブリッドサイクルを用いた海洋温度差発電プラントの作動流体流量調節による発電量制御, 第65回自動制御連合講演会, 栃木, 1B1-5, pp. 53-58	口頭発表
2022	国際学会	Benjamin Martin, Shin Okamura, Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, Naoki Ota, OTEC and Advanced Deep Ocean Water Use for Kumejima: An Introduction, Proceedings of OCEANS 2022 - Chennai, 2022	口頭発表
2022	国際学会	Yoshitaka Matsuda, Ayato Ehara, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Construction of a State Space Model for a Spray Flash Desalination System with Valve Dynamics, SICE Annual Conference 2022, Sep., Kumamoto, JAPAN, pp. 448-453 (Hybrid Conference)	口頭発表
2022	国際学会	Yoshitaka Matsuda, Daiki Suyama, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Construction of a State Space Model with Working Fluid Flow Rate Inputs for an OTEC Plant Using Double-stage Rankine Cycle, SICE Annual Conference 2022, Sep. Kumamoto, JAPAN, pp. 442-447 (Hybrid Conference)	口頭発表
2022	国際学会	Yoshitaka Matsuda, Ryo Izutsu, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, Power Generation Control of OTEC Plant Using Hybrid Cycle by Cold Seawater Flow Rate Regulation, SICE Annual Conference 2022, Sep. Kumamoto, JAPAN, pp. 71-74 (Hybrid Conference)	口頭発表
2022	国内学会	松尾優佑, 松田吉隆, 杉剛直, 後藤聡, 森崎敬史, 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プラントの海水弁の遠隔操作システムの開発, 2022年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, 広島, 2022年, GS1-2, pp. 978-981	口頭発表
2022	国内学会	井筒遼, 松田吉隆, 杉剛直, 後藤聡, 森崎敬史, 安永健, 池上康之, ハイブリッドサイクルを用いた海洋温度差発電プラントの温海水流量調節による発電量制御, 第66回システム制御情報学会研究発表講演会, 京都, 114-1, pp. 80-84	口頭発表
2022	国際学会	Kotaro Ushijima, Yoshitaka Matsuda, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga and Yasuyuki Ikegami, A Pseudo-measurement Approach to State Estimation for Liquid Level Control of Separator in an OTEC Plant Using Uehara Cycle, The 53rd ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, Shiga, JAPAN, HYBRID symposium, Oct., 2021, pp. 129-134	口頭発表

招待講演	6 件
口頭発表	44 件
ポスター発表	2 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
2021	2022/1/28	the ORC2021 conference engagement award	学会会期中の参加や貢献	Takeshi Yasunaga	the ORC2021 organizers	その他	
2021	2022/2/3	防災・減災 × サステナブル大賞2023	海洋温度差発電および発電利用後海水複合利用に関する利用実証業務	海洋エネルギー研究所・沖縄県久米島町	一般社団法人減災サステナブル技術協会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	本事業関連の久米島での久米島モデルの社会実装および実績
2022	2023/3/1	第15回海洋立国推進功勞者内閣総理大臣表彰	海洋エネルギーの未来を切り開く研究成果と人材育成で世界を牽引	海洋エネルギー研究所	文部科学省、国土交通省、農林水産省、経済産業省及び環境省	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2022	2023/2/7	Second Award	High Level Investor Forum on New Ocean Energy Economy	海洋エネルギー研究所、(株)ゼネシス	ADB(アジア開発銀行)	3.一部当課題研究の成果が含まれる	本事業関連の久米島モデルおよびマレーシアモデルの国際展開「知の世界展開」の社会実装モデル

5 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

0 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
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旨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。
19	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回沖縄ハワ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ワ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。
2021	8月24～26日	第4回マレーシアモデルおよび5output打合せ	オンライン (UTM主催)	8/24 52名 8/25 42名 8/26 46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。
2021	8月11日	IETオンラインセミナー IET Malaysia Network Weebinar Series 2021, 'Ocean Thermal Energy-Driven Development for sustainability' by Malaysian Project Manager	オンライン (UTM主催)	26名	公開	オンラインでのアウトリーチ活動
2021	11月26日	SATREPS UTM OTEC SHARING SESSION: THE FEASIBILITY OF OTEC SABAH (Closed session for this year's Malaysia Model Meeting)	オンライン (UTM主催)	31名	非公開	社会実装候補地であるボルネオのボルネオ海洋研究所 (BMR) およびサバ地区のサバ大学 (UMS) のメンバーに対するSATREPSへの協力要請のため、取組内容紹介およびOTECと海洋深層水の複合モデルを紹介して協議した。
2022	2月24日 3月1日、2日	第5回マレーシアモデルおよび5output打合せ	オンライン (UTM主催)	2/24 38名 3/1 34名 3/2 37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。
2022	3月3日	第2回SATREPS-OTECフォーラム	オンライン (IOES/UTM主催)	72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。
2022	7月5日、7日、8日	第6回マレーシアモデルおよび5output打合せ	オンライン (UTM主催)	7/5 36名 7/7 34名 7/8 30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。
2022	12月27日	大学主催のジャパンデーにおいて、SATREPS-OTECプロジェクトの展示ブースを設け説明	UTM主催	80名	公開	SATREPS事業及び研究成果を一般の方に広く知ってもらうために、ジャパンデーイベントにてブースを設け、分かりやすい資料で説明を行った。

2023	2月7日	海洋分野経済における高レベル投資家会議	アジア開発銀行 主催 (KLCC国際会議 場)	150名	公開	マレーシア経済大臣Mr. Mohd Rafzi Ramziが キーノートスピーチを行い、海洋エネルギー利 用の重要性を訴えた。投資対象案件として50 以上の候補プロジェクトの中から選ばれた9 プロジェクトがビデオプレゼンを行い、OTECは 準優勝プロジェクトに選ばれた。
2023	2月8日	第1回OTEC企業連携企画会議(Stakeholder Engagement Meeting)	UTM-OTEC主催 (UTM会議場)	50名	非公開	日本側企業(ゼネシス、三井商船、ENEOS) が、各社プレゼン。マレーシア企業17社が、 OTEC発電、水素利用、深層水利用への取り組 み方針などの意見を述べ、UTM関係者、池上 教授、ゼネシス社他と質疑応答。引き続き、 ワーキング実施のための協会設置を提案。
2023	3月9日	第3回SATREPS-OTECフォーラム	オンライン (UTM主催)	46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。

19 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。
2021	4月28日	第3回JCC会議	30名	長期研究員(博士後期課程)候補者の辞退を受け、新たな候補者を擁立するにあたり、3年の 期間を確保するためにはプロジェクトの期間を過ぎることとなる。そのため、長期研究員のみ プロジェクト期間外の延長を諮り、本プロジェクト内では例外的に2024年9月まで半年間延長 することが合意された。
2022	5月26日	第4回JCC会議	30名	中間評価によるJICA・JST視察団も会議に参加し、事業の進捗状況の確認および本事業の1 年の延長を協議した。事業の進捗を鑑み、JICA側は1年間の延長に合意する意向を示した。

4 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7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

