

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3（2021）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2019年 3月25日から2024年 3月24日まで

JST側研究期間^{*2}

2018年 6月 1日から2024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 (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	▼ 発電電力・造水性能達成
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		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						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 社会実装候補地の選定 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	▼ データ取得 ▼ サーバ設置	▼ モデルと解析の構築 ▼ サーバ設置	▼ モデルと解析の構築 ▼ サーバ設置	▼ CO2低減量の評価	▼ 技術移転 ▼ 技術移転 ▼ H-OTEC淡水化の定量化 ▼ H-OTECのためのLCA手法の構築 ▼ インベントリデータ収集完了 ▼ 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

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			OTEC 関連技術教育	研究の実施		
	↔	↔	↔	↔	↔	↔
		↔	↔	↔	↔	↔
		↔	↔	↔	↔	↔
		↔	↔	↔	↔	↔

・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4か月遅れている(2022年9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1年4か月遅延し、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。

・新型コロナウイルス感染症の影響により、本邦における OTEC 関連技術教育研究、マレーシア現地との打ち合わせ、海外の研究発表は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)

- ・ COVID-19 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、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 10,000TW/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 100kW 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である。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。2021 年度はマレーシアに輸送するために解体し、輸出の準備を実施中である。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の遅延によって約 1 年半遅れており、H-OTEC 試験装置は日本において保管している状況である。

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を、海洋深層水を模擬した水産試験に活用可能である環境も作ることが可能であり、将来はマレーシア側で研究中のマレーシアモデル内の養殖などにも活用が可能である。

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ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment : LCA) に大別できる。即ち、(1) 海洋データサーバでは、東京大学が構築したプロトタイプ of データサーバにデータセットの登録を行っている。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。構築したプロトタイプ of マレーシアデータサーバは、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内部 LAN 限定で運用しているが、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予定である。(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。

2020 年度以降は、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。マレーシア国内では、COVID-19 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、行動制限がかかる中、オンラインの特性を活用し、定期的に協議を重ねることが出来ている。技術移転および人材育成としては、①19 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、OTEC 関連技術教育プログラムへ参加した。2020 年度および 2021 年度の期間中に計 2 回の 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。2021年度の研究発表件数は、共著国際論文1編、国際論文6編(査読付国際学会要旨論文4件含む)、共著国際学会発表2件、国際学会発表9件、国内学会発表10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1)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(図2)。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約1年4か月遅延している。マレーシア内の保管庫における保管期間を短くするため、本邦からマレーシアへの輸送は建屋完工時期に近い時期に輸出する見込みである。

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の熱力学的な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3)を製作し、2020-2021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。同性能予測式は、今後もマレーシアでの試験装置による検証やブラッシュアップが必要であるが、実機設計の礎となる。

更に、2019年度から2021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、Finite-time Thermodynamicsを用いたシステムもモデル化の研究を継続して実施している。

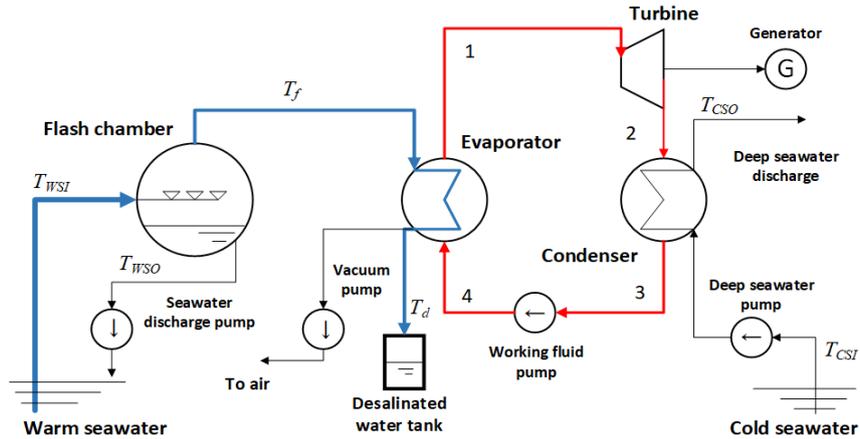


図 1 : H-OTEC 概略フロー線図



図 2 : ゼネシス工場での H-OTEC の仮組



図 3 : 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 年度以降はオンラインで実施）。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（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 3 月末現在、熱交換器汚れ試験装置はマレーシアに海上輸送されている。



図 4：熱交換器汚れ試験装置

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 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所内に設置した小型 H-OTEC 実験装置（図 3）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。

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発展させ、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 年度以降は、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ている。更に、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。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。

(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
-------------	------	----------------	-------------------

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、年間を通し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 年度は、マレーシア側で海水データの収集を実施した。2019 年度末に佐賀大学側も同海域にて海水をサンプリングしてデータを蓄積する予定であった。しかし、COVID-19 の影響により、現地サンプリングおよび託送ができず、マレーシア側での分析となった。2020 年度以降も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。

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 1MW 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、10MW 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

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

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。H-OTEC については、発電と共に造水も行うことから、多目的最適化が必要であり、2021 年 10 月から佐賀大学博士後期課程に在籍している長期研修員（UTM 側で選出）が中心となり、佐賀大学の大学院生と共に研究を実施する予定である。

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 5）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についても、マニュアル（例えば図 6 を含む）やビデオトレーニング資料を作成予定である。

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。

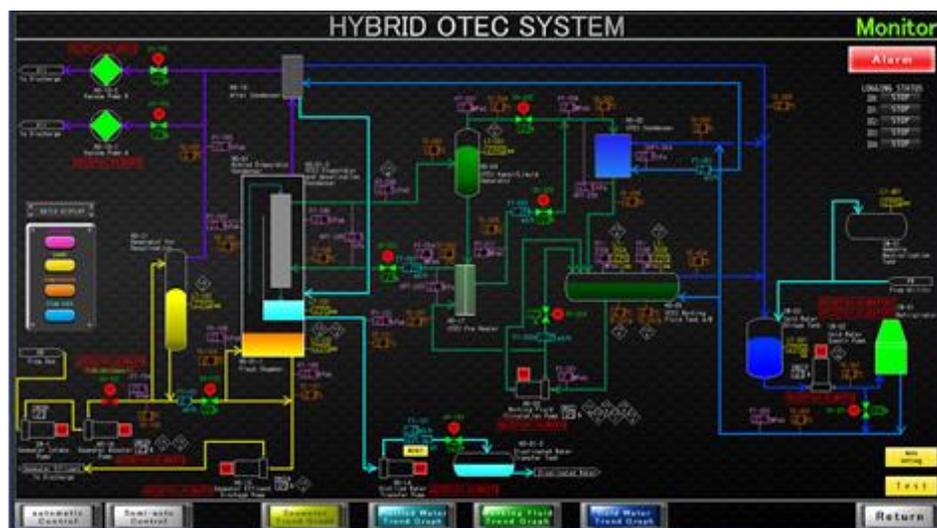


図 5 : H-OTEC 試験装置制御画面

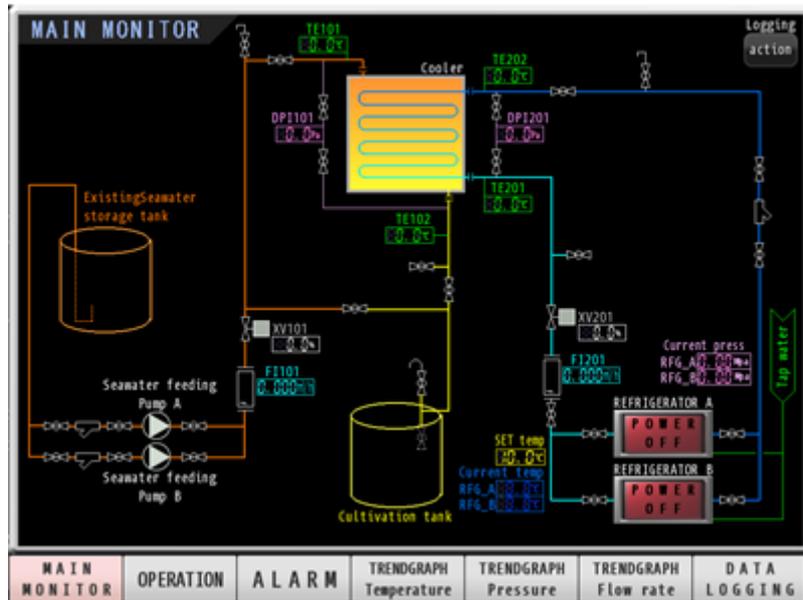


図 6：熱交換器の汚れ試験装置制御画面

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 と従来のクローズド 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 敷地内に設置することで、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、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 等である。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。

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
- 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*, Vol.22, No. 2 (2021) pp.39-47
- 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), DOI: 10.14459/2021mp1633113.
- 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), DOI:10.14459/2021mp1633024 .
- 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, pp.180-183.
- Yoshitaka Matsuda, Daiki Suyama, Takenao Sugi, Satoru Goto, Takafumi Morisaki, Takeshi Yasunaga, Yasuyuki Ikegami, Construction of a State Space Model with Working Fluid Flow Rate Input for an OTEC Plant Using Rankine Cycle, *Proceedings of SICE Annual Conference 202, 2021*, Online, pp.176-179. .

(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)」

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、

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

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(PO : 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、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 7 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 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、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。

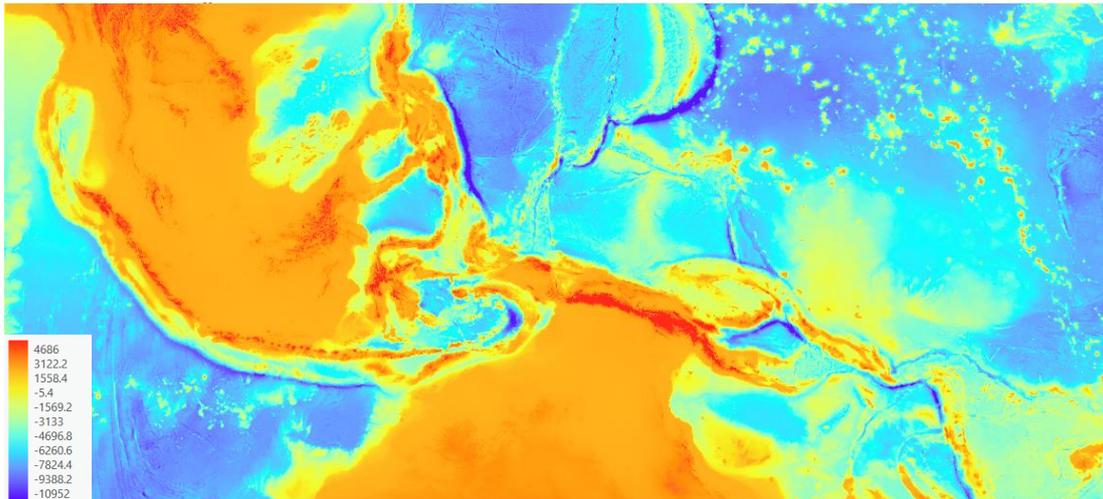


図 7：マレーシアサーバーでデータを収集する海域とその海底地形図

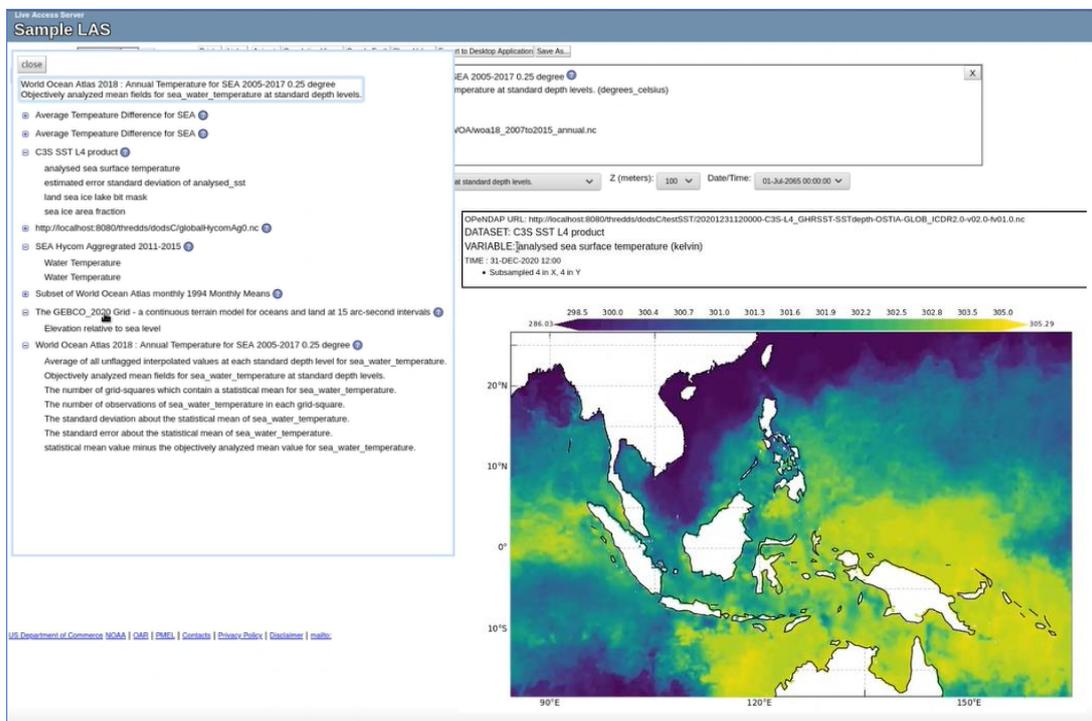


図 8：構築した Live Access Server：左のリストからデータセット・変数を選択、領域・時間などを指定して作図する。また、選択したデータを netCDF、CSV 形式などでダウンロード可能

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	In Progress	In Progress	-	-

Database				
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/マレーシアモデルのインベントリデータを収集・分析した。実態に近い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、H-OTEC 製造企業から、各機器の仕様等を聞き取り調査した。また、Ahmad Razin Jasmi 氏から H-OTEC に設置予定の発電機に関するデータを入手し、素材や数量等を確認し、温室効果ガス(GHG: Green House Gases)排出量を算出した。これにより、H-OTEC 全体（H-OTEC 設備、海水管、建屋）の製造に由来する GHG 排出量を算出できた。

H-OTEC の製造に由来する GHG のうち、排出量の多い入力項目を検討した。例えば、排出量の多い理由が、素材に起因するのか、入出力数量に起因するのかを検討し、インベントリデータを見直した。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 製品の素材を、H-OTEC で設定された素材に変更する手法や、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、情報収集及び整理をした。

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、2021 年 6 月から 2022 年 3 月までおよそ月 1 回の間隔で合計 9 回開催した。打ち合わせでは、H-OTEC の入力項目(素材、入力数量、海上輸送手段など)の精査、マレーシアにおけるアルミニウム、銅、セメント及びコンクリート製造プロセス及びその LCI 結果について、意見交換をした。また、産業技術総合研究所が開発した IDEA のデータ作成方法やその利用方法について、UTM 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

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

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。

産業技術総合研究所は H-OTEC 製造企業から各部品の詳細を入手し、マレーシア工科大学はアルミニウム、銅、セメント、コンクリートのマレーシアにおける製造プロセスを調査することによって、製造技術を反映したインベントリデータを作成できる。また、LCA 手法を構築するために、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情報を照合し、IDEA データの素材や投入量を更新することによって、実態に近いインベントリデータを作成できる。さらに、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ために、IDEA 製品別または H-OTEC の部品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 2021 年度実施概要

2021 年度は新たに Equipment in H-OTEC に属する Turbine の GHG 排出量を加えた。また、2020 年度までは Equipment in H-OTEC の製造段階由来の GHG 排出量のみを報告していたが、2021 年度は Seawater pipe および Building の製造段階由来の GHG 排出量を加え、H-OTEC 全体に由来する GHG 排出量を算出した。その結果を図 9 に示す。

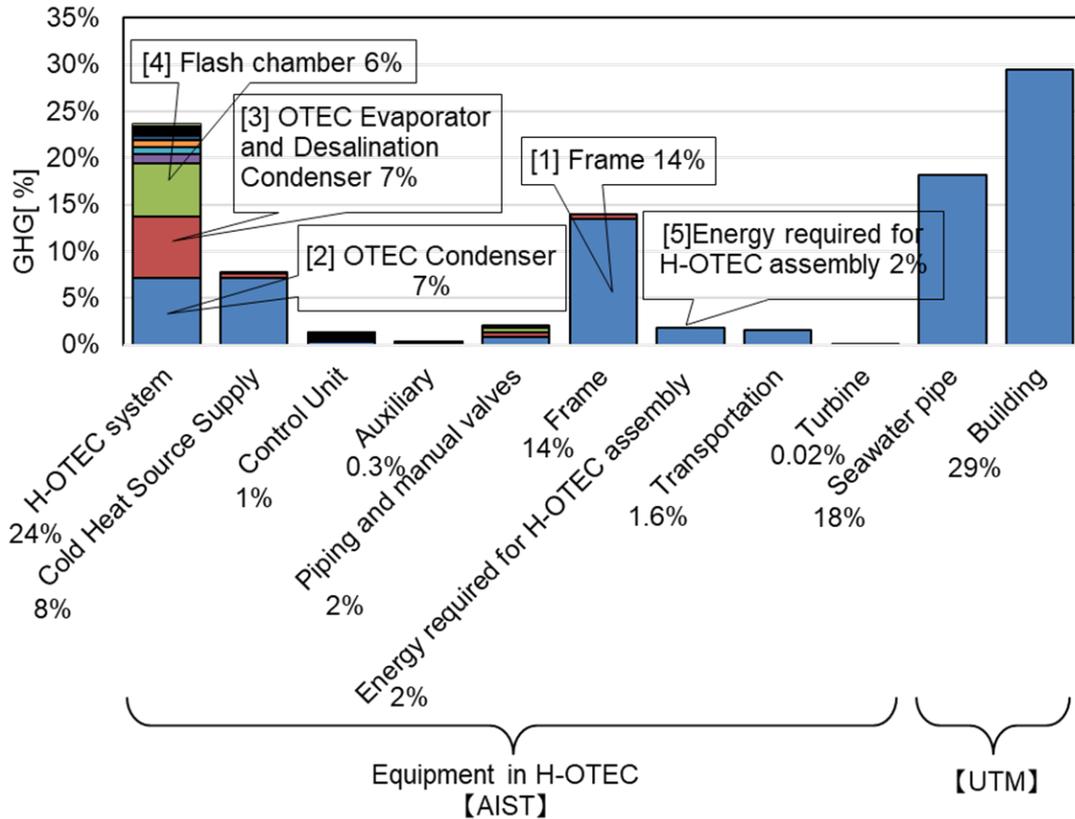


図 9 : H-OTEC の GHG 排出量

図 9 では、GHG 排出量を Equipment in H-OTEC、Seawater pipe、Building の 3 つに分けて記載した。さらに Equipment in H-OTEC は部品ごとに細分化した。図中の[1]から[5]は、Equipment in H-OTEC における GHG 排出量の上位 1 位から 5 位を示している。GHG 排出量の算出の担当は、Equipment in H-OTEC が産業技術総合研究所、Seawater pipe 及び Building がマレーシア工科大学である。GHG 排出量をもっとも多かったのは、Equipment in H-OTEC の Frame だった。Frame は Equipment in H-OTEC の中でもっとも重量が多く 17t あり、鉄製のため、その入力量が多かったことおよび素材由来の GHG 原単位が大きかったことが要因である。

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収集するために、H-OTEC 製造企業に連絡を取り、部品ごとに素材の種類や重量に関する情報収集をおこなった。

マレーシアモデルの設計や仕様が最終決定していないため、マレーシアモデルのインベントリデータを収集する代わりに、久米島モデルの入力項目及びその数量を確認した。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、2020 年度に引き続き 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 2 に示した。

表 2：久米島モデルの OTEC に由来する GHG の産業別ランキング(2020 年度の表を再掲)

順位	産業名	GHG [t-CO2eq]
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

2021 年度は、久米島モデルの OTEC に由来する GHG のうち、4 番目に排出量の多い非鉄金属製造業に属するアルミニウムと銅を調査した。マレーシア工科大学は、アルミニウム製造企業 11 社からの情報収集を 2020 年度から継続し、得られた原材料データを分析した。中国やオーストラリアにおける銅製造プロセスや銅由来の LCI 結果を収集、分析した。

また、9 番目に排出量の多い窯業・土石製品製造業に属するセメントとコンクリートについても、それらの製造プロセスやそれら由来の LCI 結果を収集、分析した。また、マレーシアへの輸出入数量を調査した。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。

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

H-OTEC の LCA を実施するためには、H-OTEC の各部品と IDEA 製品とを対応させる必要があるが、その際に、(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、本プロジェクトで経済的価値の算出に用いているモデルや、久米島モデルを検討した。また、マレーシア工科大学からマレーシアモデルの進捗状況を入手した。

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)」

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、本事業終了後で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：2021 年度も 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、2020 年度と同様にオンラインで実施し、16 名の参加登録および 13 名の陪席登録の下、2022 年 2 月 21 日、28 日、3 月 7 日、14 日の 4 日間のスケジュールで実施した。オンラインにおいても、

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

グループワークによるブレインストーミングの機会を設け、各グループでマレーシアモデルを作成し発表を行い、コンペティションによってベストマレーシアモデル賞を授与した。

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、2020 年度と同様にオンラインで 4 日間の実施を行っており、2021 年度は 4 名が本プロジェクトから研究発表者として参加した。

SATREPS フォーラム：2021 年度末に第 2 回を実施し、72 名が参加した。なお、2021 年度はプロジェクト外の参加者が増加した。

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。

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 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(図 2)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で開催し、2022 年 3 月 3 日に第 2 回 SATREPS フォーラムをオンラインで開催した。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細かく計画を見直す必要が有るのは、2022年度に供給する機材の輸送および機材設置メーカーや両国の研究者のマレーシア/日本への渡航である。マレーシア国内は度々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が、現地での供与機材を用いた活動は必須である。国内の共同研究機関内でも、海外への渡航が禁止されるなど、現在は大丈夫でも、今後、方針が変わる可能性があり、細かに状況を鑑みて見直していく必要がある。

UPM I-AQUAS に設置する H-OTEC 試験装置用の建屋の建設が1年4か月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る、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。本邦の研究データを活用できる内容については、早期に情報の共有を行うなどの対応が必要である。特に、今回の開発の鍵となる H-OTEC のプレート式蒸発・凝縮熱交換器の運転においては、本邦でも小型の試験装置を運転した実績がある。特性を考慮しながら、運転手順などをきめ細かく指導すること、データ解析方法を含めて、ノウハウを提供していくことで、短期間での実施基本的データを構築する必要がある。しかし、実機に向けた長期運転や最適運転条件の検討などの試験は、現状では試験実施が難しい可能性が高い。

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、具体的な絵を作ることで、発電事業者に伝わりやすい内容に落とし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、大学と連携しながら、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、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、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。

(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UPMI-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。

(3) 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)」

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。

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

【令和3年度実施報告書】【220531】

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
-------------	-------	----------------	------------------

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。

(3) 研究題目 5 : 「技術移転および人材育成(PO : 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

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

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 フォーラムを実施し、特に 2020 年度に対してプロジェクト外の参加者が増加しており、今後の人材育成が期待できる。

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、2021 年度に運転を行っている。2022 年度には商用化に向けた改良を行う予定である。

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・フィ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ました。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。

(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., 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

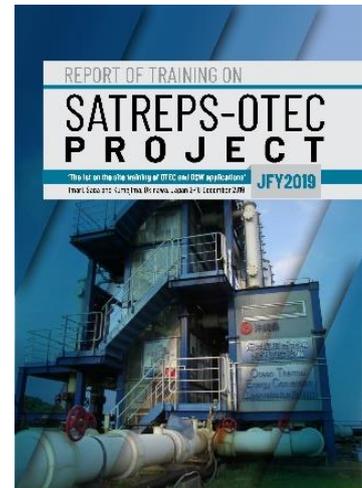
(2) 浦田和也, 安永健, 池上康之, 小見聡史, 富賀見清彦, 田中辰彦, 鎌野忠, 石田雅照, 大原順一, 西田哲也, 中岡勉, 久米島沖における海洋温度差発電と海洋深層水複合利用のための海洋調査, *海洋深層水研究*, Vol.22, No. 2 (2021) pp.39-47

(3) 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), DOI: 10.14459/2021mp1633113.

(4) 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), DOI:10.14459/2021mp1633024 .

- ・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する予定。



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

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

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しするとともに、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。

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)
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)

論文数 2 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 2 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/ICCAS47443.2019.8971571	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

論文数	20 件
うち国内誌	4 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
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	
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ポ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

著作物数 4 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

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. Thirugnana, 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
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

招待講演 1 件
口頭発表 6 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, Tadahiyo 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
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 ₂ と海洋エネルギー可能性・地域経済活性化, 第6回「脱CO ₂ 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 蘭 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	国際学会	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

招待講演	6 件
口頭発表	44 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
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	

2 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度		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	
2021	2021/2/8	佐賀新聞	佐賀大学の海洋温度差発 電-輸出用設備を公開-		2.主要部分が当課題研究 の成果である	
2021	2021/2/25	西日本新聞	佐大 ハイブリッド設備完 成-来年からマレーシアで実 証実験-	23面	2.主要部分が当課題研究 の成果である	
2021	2021/3/1	伊万里市報	ハイブリッド式海洋温度差発 電設備をマレーシアに輸出- 世界初の開発。小さな一歩だ が重要な一歩	P8	2.主要部分が当課題研究 の成果である	
2021	2021/6/11	佐賀新聞	嬉野で温泉バイナリー発 電-県内由来の再エネ資源 活用-	21面	その他	SATREPSのH-OTEC の技術を温泉水に適 応
2021	2021/7/8	日刊工業新聞	海洋温度差発電-国連のプ ロジェクトに-ナウルで社会 実装-佐賀大・OECC	22面	3.一部当課題研究の成果 が含まれる	SATREPSの国際事 業を評価され採択
2021	2021/7/29	日刊工業新聞	国際レベルの研究成果次々 と-佐賀県-	31面	1.当課題研究の成果である	SATREPS事業の成 果を紹介
2021	2021/1/16	日刊工業新聞	波に乗る海洋産業-発電技 術 実証研究-	29面	1.当課題研究の成果である	SATREPS事業の成 果を紹介

15 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日 ～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(BMRI)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。
2021	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。
2021	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。

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。

3 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"> 地球規模の再生可能エネルギー活用への取り組み 日本企業による成果の事業化、技術・製品の輸出
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 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
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"> 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 H-OTEC用熱交換器の開発(凝縮器および蒸発器) H-OTECの低コスト化技術の確立
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 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)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 日本-マレーシアとのOTEC研究・開発の基盤 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
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"> H-OTECシステムの実証報告書 共著国際論文 H-OTECシステム試験装置の運転マニュアル 東南アジアでのOTEC事業モデルの構築 OTEC関連技術の教育によるマレーシア側人材育成

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現れる

