

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別終了時評価報告書

1. 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

(2019年3月～2025年3月)

2. 研究代表者

2-1. 日本側研究代表者: 池上 康之 (佐賀大学 海洋エネルギー研究所 所長・教授)

2-2. 相手側研究代表者: ア バカール ジャファ (マレーシア工科大学 OTEC センター 教授)

3. 研究概要

本研究は、海洋の表層と深層の温度差エネルギーが豊富なマレーシアを対象に、海洋温度差発電 (Ocean Thermal Energy Conversion、以降 OTEC) によって電力を供給する、低炭素で持続可能なインフラシステムを基本とした「マレーシアモデル」の構築を目的とする。具体的には、マレーシアはじめ東南アジアに適した新しい「ハイブリッド方式」の OTEC (以降、H-OTEC) を提案し、蒸発器内に海水を通水せず水蒸気で熱輸送することにより、主要機器であるチタン製熱交換器の材質を低廉化し、水蒸気の凝縮潜熱と作動流体の蒸発潜熱を熱交換させ、熱通過係数を向上させるとともに、海生生物汚れによる性能低下防止技術を確立する。また、OTEC で利用した海洋深層水の複合利用として、マレーシアの地域に合った海洋深層水関連事業を中心とした産業構造の「マレーシアモデル」の構築を目指す。さらに、マレーシア工科大学内の OTEC センターと共同研究を行うことで、OJT による OTEC 関連の若手技術者の育成を行う。

本プロジェクトは下記の5つの研究題目で構成される。

題目1: H-OTEC システム研究・開発

題目2: H-OTEC の発電・造水技術確立

題目3: 海洋深層水の複合利用モデルの基盤構築

題目4: 環境評価および LCA 評価の実施

題目5: 技術移転および人材育成

4. 評価結果

総合評価: A

(所期の計画と同等の取り組みが行われ、成果が得られた)

コロナ禍による渡航制限など想定外の事態が発生したが、研究進捗をリカバーして世界初の

H-OTEC の開発と実証運転が行われた。H-OTEC は独自の高性能平板型熱交換器を使用し、Eva-Con¹ とフラッシュチャンバー²を一体化したところに特徴があり、目標の出力と造水性能が達成された。また、LCA 評価により 1 MW の OTEC で年間 7,025 トンの CO₂ を削減できることが示され、商用プラントの基本設計も行われた。構築した海洋データサーバーを活用し、マレーシア国内の OTEC 商用プラントの候補地も選定され、関係機関との連携が進み、技術移転とともに社会実装に向けた相手国側の体制が整いつつあるため、今後の発展が期待される。

相手国側とのコミュニケーションも良好で、研究者の交流も活発である。マレーシア側でも海洋深層水の利用を中心とした活発な研究プロジェクトが独自に実施され、牡蠣やあわび、海ぶどう等の育成に加えて、魚やエビの養殖の餌になるプランクトンの増殖なども組み込んだマレーシアモデルが提案された。情報発信も活発で、相手国の政策に OTEC 活用が位置付けられている。

一方で、これまでの活動実績の説明に加え、H-OTEC の概念設計での発電効率の予想と実験結果の比較など、技術成果の具体的な説明と考察、マレーシアの地理的・経済的・社会的特性を踏まえた上で H-OTEC の経済性を獲得するための社会的条件や技術的課題の考察が、早期に必要であると考えられる。

OTEC は将来性のある技術であるため、実用化に向け、データに基づいたトータルのコスト面で十分な評価を実施し、初期投資や維持費などを発信して投資を促していくことが重要と考える。そのためにも、本プロジェクトの科学技術上の成果について、より一層の発信を期待したい。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

本プロジェクトは、海洋の表層と深層の海水温度差を用いて発電し電力を供給するとともに淡水を作り出すシステムに、熱交換器や汚れ付着防止システムを組み合わせた H-OTEC を開発することを目的としており、このような技術の組み合わせは独自性があり、OTEC の分野では世界をリードしていると考えられる。特に、H-OTEC を核とした、マレーシアの地域に合った海洋深層水複合利用モデルである「マレーシアモデル」の構築が推進された点は評価できる。

電力と淡水の供給は、島嶼国にとっては救世主となる可能性があり、さらに海洋深層水の活用と合わせて産業創出につながれば、特定の国・地域に対しては大変重要な技術となる可能性があると考えられる。また、マレーシアモデルの経済性が高いことを示すことができれば、太平洋やインド洋等の島嶼国での認知もさらに広がる可能性があり、COP29 や PALM10 等の国際会議でも取り上げられているとおり、社会的なインパクトは大きく、重要度の高い研究と言える。

4-2. 相手国ニーズの充足

本プロジェクトでは、海洋データサーバーを構築し、その活用によって、マレーシア国内にお

¹ 蒸発・凝縮器のこと。Evaporation と Condensation を組み合わせた機器であり、造語。

² 海水を真空中で瞬間蒸発させる室のこと。

ける OTEC 設置の候補地選定が行われた。その結果、マレーシア国内の特にサバ州において OTEC の具体的検討が始まるなど、社会実装に向けた取り組みが活発に行われている点は評価できる。

相手国政府も本プロジェクトの社会実装をしっかりと位置づけ、複数の企業が関心を持っていることから、社会実装の見通しは高いと思われるが、実際に導入コストの算定をした時点で、社会実装が見送られる可能性も残るため、本格的な成果発展のために、経済性成立の条件が利用者側から明快に見えるようにすることを期待したい。

海洋深層水の利用に関しては、マレーシア側のマッチングファンドにより、相手国側が主体的に研究を進め、海藻からのバイオプラスチックの製造や牡蠣やあわび、海ぶどう等の育成も順調に進んでいる。また、H-OTEC 試験装置の運転・解析も相手国側で実施できる体制となっていることは高く評価できる。

4-3. 付随的成果

世界で初めて開発・実証運転に成功した H-OTEC を活用することで、海水の淡水化技術の選択肢を増やし、また、海洋深層水を利用した様々なビジネスの立ち上げなどの可能性が広がる。このようなビジネスモデルは、マレーシアのみならず島嶼国のニーズにもマッチする可能性があり、将来的には日本政府・社会・産業への貢献にもつながると考えられる。

また、本プロジェクトの前に先行して取り組んでいた「久米島モデル」と、本プロジェクトで構築した「マレーシアモデル」に関する情報発信を熱心に行っており、エネルギー関係の国際機関や各国政府が OTEC を認知している点も評価できる。OTEC に関する地理情報についての海洋データサーバーの整備や公開などの活動も実施しており、他国・他地域での活用も期待される。

人材育成については、日本とマレーシアの学生が出席する月に 1-2 回のゼミが、日本人学生にとっても良い経験となったと思われる。加えて研修や留学を通じた技術の共有も進められ、両国研究機関の交流が活発であることから、日本人のグローバル人材育成に一定の貢献をしていると考える。

また、マレーシア工科大学、マレーシア・プトラ大学と佐賀大学との連携の下、拠点作りも進められるなど、両国の研究者のネットワークも強固であり、相手国側にも人材が育っていることから、継続的な活動が期待でき、今後の協力関係や発展にも期待したい。

4-4. プロジェクトの運営

プロジェクト推進体制の構築の観点では、久米島モデルを参考としつつ、マレーシア側が主体的に取り組む体制を取り、マレーシアの州政府や関連企業等とも持続的な連携体制を構築し、両国の学生の交流も活発に行っている点は高く評価できる。これは、研究代表者の指導力が発揮され、相手国の十分な協力が得られていることによると考える。

H-OTEC の建屋建設の大きな遅れに対してはタスクフォースを設置して関係機関の承認期間の

短縮化を行い、アンモニア漏洩事故に対しては代替フロン冷媒での置き換えを判断するなど、プロジェクトの遅滞が生じないように優れたプロジェクト管理がされていたと考えられる。

成果の活用に向けた取り組みとしては、相手国の行政機関への働きかけや企業への呼びかけなど積極的に優れた行動をしている。また、セミナー、マスメディアなどへの情報発信も素晴らしく、これは、両国研究代表者の良好な関係とリーダーシップによるものと考えられ、SATREPS 事業の認知度アップにも貢献していると考えられる。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

1. H-OTEC システムの作動を検証できたことの技術的意義は認めるが、評価会時点（2025年2月時点）では、試験データを十分に解析し、従来技術からの革新性や本技術のメリット・デメリットの定量的な分析や技術成果を明確に伝えきれていない部分があった。このことから、普遍的な科学技術上の発展を念頭において、その課題の系統的な整理と、その克服に向けたロードマップの作成が必要と考えられる。
2. 社会実装を円滑に進めるためにも、以下の項目について実験結果も踏まえた早期の検討と明示を要望する。
 - (ア) エネルギー収支やポンプ動力配分など技術的な成果をデータで示すとともに、Eva-Con 使用が従来型に比べてどの程度メリットがあるのかなど、具体的にH-OTEC システムの価値を示していただきたい。
 - (イ) H-OTEC が、マレーシアや島嶼国の経済発展や脱炭素に有力な技術である可能性は示されているが、経済性成立には多くの前提が必要である。結論を導く上で前提となる条件についても、具体的に示していただきたい。
 - (ウ) 市場環境、経済環境、技術開発課題、インフラとしての行政支援項目なども含めて、どのような条件であればH-OTEC の自立的社会普及が見込めるかという、マレーシアモデルの深掘り考察を期待したい。
3. H-OTEC を実用規模で運用するには、配管、蒸発器、熱交換器等の汚れ対策や設備の長期的な耐久性を確保するためのメンテナンス技術の開発も不可欠である。社会実装に必須なこれらの技術開発も両国で進めていただき、OTEC の日本を代表する専門家として世界に発信していただきたい。

以上

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
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(平成30年6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	・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	・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	・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材の育成	・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	・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)	・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

Ver.170401

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

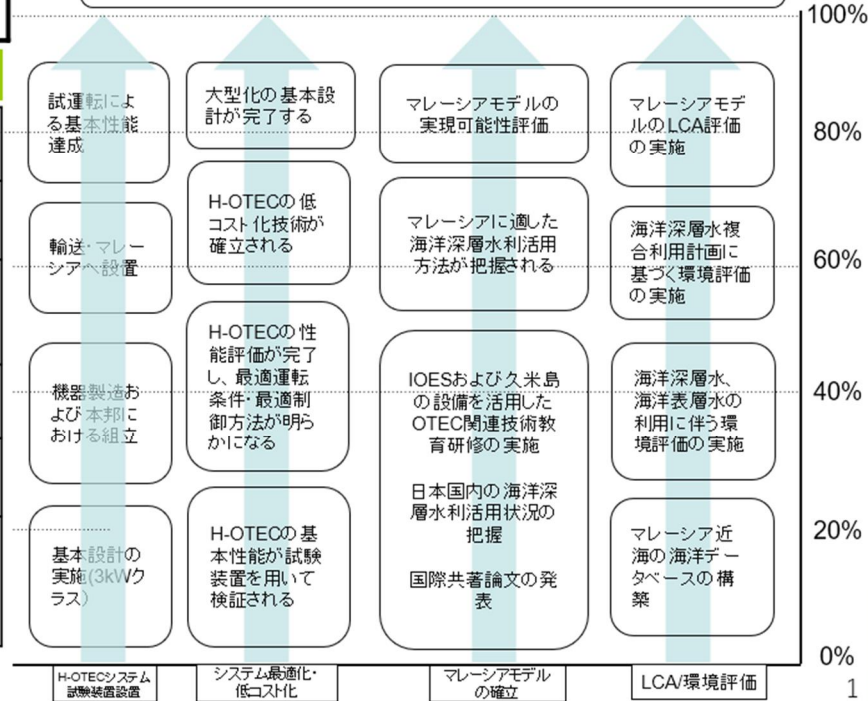


図1 成果目標シートと達成状況 (2025年1月時点)