

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別中間評価報告書

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～2024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 (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 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組みが行われ、成果が期待できる)

2020 年度以降のコロナ禍にも関わらず、研究活動は H-OTEC の実証試験を除き順調に進捗している。人材育成、広報活動、社会実装や他国への展開の取り組みも極めて活発である。H-OTEC の実証試験の遅れは、実証試験装置を設置する建屋の建設が遅れたことによるが、ほぼ今年度中に竣工する目処が立ち、今後の加速が期待できる。相手国側も独自のマッチングファンドを獲得し、相手国との信頼関係に基づく共同研究が推進されている点は高く評価できる。

一方で、本プロジェクトの技術目標が数値で設定されていない部分が多く、OTEC と海洋深層水の複合利用で 20~30 円/kWh を達成するには、技術的にどの部分をどの数値目標まで達成したいのか、海洋深層水利用のビジネスモデルとしてどのような条件が要請されるのかをもとに、具体的な目標設定が必要である。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

マレーシアの建屋建設の遅れにより、H-OTEC 実証試験装置（ベンチプラント）が設置できず、マレーシアでの実証試験が遅れている。一方で、先行して試験を実施するため既存建物に熱交換器汚れ試験装置を導入する、人材育成・広報活動・社会実装に向けた活動や他国展開を活発に行うなど、実証試験の遅れによる影響を最小限にすべく工夫していると評価できる。

H-OTEC 実証試験装置は日本で既に設計・製造され、基本性能が確認されている。その後マレーシアで発電・造水性能を検証する計画であるが、建屋建設の遅れにより検証も遅れている。年度内に建屋建設の目処が立っているため、これに係る進捗の加速を期待したい。

マレーシア内での社会実装候補地については、マレーシアの海洋基本データを取得・活用することで OTEC を適用可能な地域を検討し、中間評価時点で 4 カ所に絞り込んだ。さらに、当該箇所があるサバ地区の政府とのコンタクトもはじめている。加えて、海洋深層水の複合利用方法の検討も進めている。また、環境評価については、構築したデータサーバをマレーシア側に設置済みである。

技術移転および人材育成としては、佐賀大学海洋エネルギー研究所や久米島の OTEC を用いた OTEC 関連技術教育研修や合同国際セミナーを毎年実施している。研修は、コロナ禍前はマレーシアの研究者が来日して実施、コロナ禍以降はオンラインで実施され、延べ 37 名が参加した。合同国際セミナーは、2020 年度、2021 年度に計 2 回実施され、研究成果を一般に公開するとともに、発表を通して研究者の育成に繋がっていると言える。

日本の研究チームはこれまで OTEC の技術開発をリードしてきており、本プロジェクトは H-OTEC システムを世界で初めて実証する計画となっている。実証試験が遅れているため現時点で科学的・技術的インパクトの評価は難しいが、プロジェクト期間を延長することにより、実証試験と要素技術研究について十分な成果が得られることが期待される。加えて社会実装への道筋が明らかにされれば、インパクトは大きいと見込まれる。

一方で、本プロジェクトの H-OTEC のシステム研究の中心はプレート式蒸発・凝縮器 (Eva-

Con) の開発であるが、既存の蒸発・凝縮器と比較してどこに新規性、革新性があるのかが定量的に明確ではないため、その技術的インパクトや有効性は評価できなかった。また、蒸発凝縮熱交換に関する多くのパラメータスタディから社会実装に向けた基本仕様を検討していると思われるが、プラントサイズの技術課題を見通す技術検討が不足していると思受けられる。また、ハワイ等で欧米による大型化・実用化が進んでいるため、注視が必要である。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

本プロジェクトは5つの研究題目から成り、マレーシア側の10のサブプロジェクトと密接に連携した体制が構築されている。両国の研究代表者は強いリーダーシップをとり、年に1、2回の全体ミーティングを開催し、各グループの進捗状況を全体で共有するとともにグループ間の連携や今後の方針について議論を行なっている。

なお、相手国でも独自の研究予算（600万リンギット：約1.8億円）が確保されており、効果的に研究費が執行されている点は高く評価できる。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

H-OTECのシステム実証は世界初の試みであり、小温度差発電である OTEC システムの改良版として、一般の OTEC システムに対するメリット、デメリット、ふさわしい設置条件を明らかにし H-OTEC が有効であると示せば、社会的なインパクトは大きいと考えられる。また、深層水の有効活用を含めたシステムについて、効率、CO₂削減効果、経済性を明らかにできれば、地球規模課題及び相手国側の科学技術向上への貢献が期待できる。

一方で、今後の社会実装のためには、大型化に伴う技術的な不安要素を除くことや、海洋深層水利用を含めたビジネスモデルを描くことの2点が重要であるが、現時点ではどちらについても検討が弱いように見受けられた。今後の研究計画と技術目標値（システム全体だけでなく重要機器の仕様も含め）を具体的に設定したうえでのプロジェクト推進を期待したい。また、OTEC は海洋深層水の取水コストが大部分を占めるため、いかに取水量を少なく、かつ効率的に行うかが重要である。現時点で本プロジェクトは海洋深層水の採取を行っていないため、今後取水コストに関する十分な検討を行っていただきたい。

なお、本プロジェクトはグループ間で盛んな交流があり、人材育成も期待できる。PI のみならず学生同士の交流も進め、これまで以上に両国の若手研究者の育成に期待したい。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

日本では海洋エネルギー研究所、相手国では海洋温度差発電研究センターを有し、いずれも OTEC に関しては世界をリードする存在である。また、既に相手国の研究者を佐賀大学の博士課程の学生として受け入れていることから、今後も人的交流が期待できる。

相手国も独自に研究費を確保し多くのサブプロジェクトを推進していることや、商用プ

ラントの候補地であるサバ州との連携を強め、ビジネスモデル等の検討も実施していることから、持続的研究活動の見込みについても申し分ない。また、多くの広報活動が展開されており今後についても大いに期待できる。

なお、研究代表者は OTEC 関連の国際学会を立ち上げ、初代会長に就任している。また、ナウル共和国での国際連合工業開発機関（UNIDO）による事業化可能性調査プロジェクト（Pre-FS）も実施する等、成果の他国展開を視野に入れて活動していることも高く評価される。

4-5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

・社会実装に進めるためには、経済性が成立するおおよその見込みや、大型プラントを設置する際の技術リスクが評価できていることが重要である。今後、将来の社会実装の道筋、すなわち、どのようなステップで商用プラントの実現と普及に繋げるかを明確にしてほしい。また、そのために本プロジェクトで達成すべき技術的な目標を定量的・具体的に設定してほしい。例えば、どのプロセスのコストあるいは効率をどの程度まで改善する必要があるのかを明確に示してほしい。

・H-OTEC 実証試験に当たっては、実際に運転した際の課題を抽出し、今後のスケールアップに活かせる整理をお願いしたい。今回のH-OTEC 実証試験装置では海洋深層水ではなく低温水を用いることは当初の計画どおりではあるが、海洋深層水を効率的に利用できるかどうかはH-OTEC のコストや発電効率に影響を与えるため、海洋深層水を利用した試験も早期に行うことを期待する。

・マレーシアモデルは電力と真水のコプロダクションであり、海洋深層水の複合利用も行うので、システム全体のマテリアルバランス、エネルギーバランスを考慮して検討を進めてほしい。

・H-OTEC は世界的にも関心が高い技術システムであるが、再生可能エネルギーに関する他分野、例えば太陽光発電や洋上風力発電などが、ビジネス競争の環境下で急速にコスト競争力を高めている。本技術のメリットを生かすには、マレーシアにおける深層水ビジネスのマーケティングなど、社会実装時のビジネスモデルを民間企業とともに十分検討する必要がある。OTEC 関連が社会に普及するためには、原油高の今の時期は絶好機である。今から実用化を真剣に検討してくれる機関・人を確保してほしい。

・研究の成果として、H-OTEC の特許などの知財の確保に努めてほしい。また、共著での原著論文の投稿、国際会議での発表の一層の増加を期待する。

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

Ver.170401

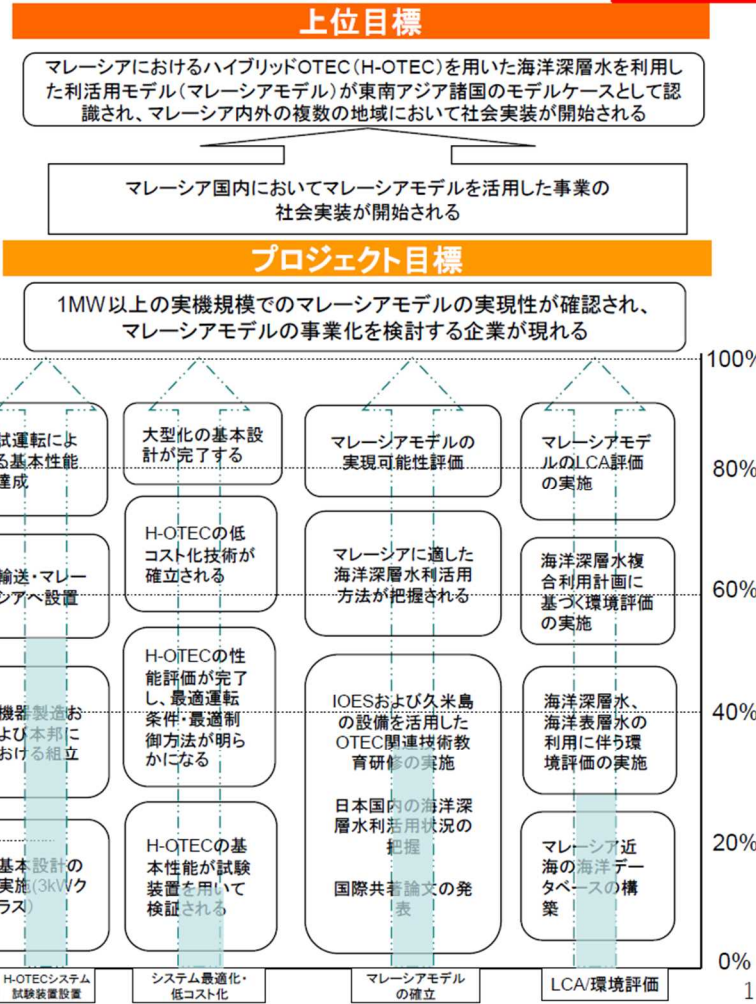


図1 成果目標シートと達成状況 (2022年7月時点)