

別紙 1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 Fontaine Kevin Davy-Erik

海洋温度差発電 (OTEC) は、海洋の温度差を利用して発電する熱機関である。海洋温度差発電は、24 時間安定して発電可能な再生可能エネルギーであり、SDGs 等の多くの持続可能な開発目標達成に貢献することが期待されている。OTEC で最も重要で高価な構成機器の一つが熱交換器である。OTEC システムの最適化に関しては、従来から多くの研究がなされているが、どのような熱交換器の形状が最も高い正味出力につながるかについての知見は得られていない。

本研究は、3つの主要な目的を掲げている。第1は、熱交換器の最適化において、両流体の熱伝達係数と圧力損失を考慮した簡便かつ正確な方法を提供することである。第2は、開発した手法を用いて、発電量を最大化するための熱交換器形状の最適化を行うことである。第3の目的は、熱交換器形状の最適化の精度と範囲を向上させるために、正確な熱交換器固有の相関関係を導き出すための計算流体力学 (CFD) の利用を提案することである。本論文は、全5章で構成されている。

第1章では、OTEC の背景と動作原理を紹介している。次に、OTEC の最適化手法や熱交換器、沸騰熱伝達率の CFD に関する先行研究の分析に基づき、本研究の背景、目的等について述べる。

第2章では、海水熱伝達率と圧力損失のみに依存する簡便な熱交換器選定最適化手法をカルノーサイクル、ランキンサイクルについて開発し、文献から3つの熱交換器に適用した。これら3つの熱交換器の比較を、熱交換器ごとに大きく異なる値である単位伝熱面積あたりの最大正味出力に関する最適設計法を構築で行い、その結果は文献のデータと一致することが明らかとなった。さ

らに、最適な熱交換器はカルノーサイクルでもランキンサイクルでも同じであることが確認され、簡易的かつ解析的にカルノーサイクルを基準に熱交換器を選択することができるようになった。

第3章では、作動流体の熱伝達率と圧力損失を含めることで手法の精度を高め、第2章で検討した3つの熱交換器のうち、最適な熱交換器に近い2つの熱交換器について解析を行い、相関を用いた熱交換器形状の最適化方法を新しく構築した。形状の最適化は、蒸発器と凝縮器について、単位伝熱面積当たりの正味出力が最も高くなるシェブロン角、アスペクト比等の値を求めることからなる。その結果、単位伝熱面積当たりの正味出力は、以前得られた最適な熱交換器と比較して約60%高い値が得られることが明らかとなった。

第4章では、精度の低い相関関係式の代わりに、CFD を用いて作動流体であるアンモニアの沸騰熱伝達率を求め、最適化手法に使用することを提案している。モデルを開発し、水を用いた文献の実験データと比較した後、アンモニアと OTEC での運転条件に適用した。これらの結果から、熱伝達率の相関関係を導き出すことに成功したが、このモデルは安定性の点でさらなる検討が必要である。しかし、この章では、アンモニア沸騰熱伝達を解析する新しい方法を提案している。

第5章では、本研究で得られた新しい知見をまとめ、OTEC の最適設計と最適な熱交換器の形状および、今後解決すべき課題を整理している。

令和4年2月2日に実施した博士論文公聴会においても種々の質問がなされ、いずれも著者の説明により質問者の理解が得られた。

また、本研究は、審査付学術論文2編 (第一著者1編)、学会発表5件で報告されており、著者は研究者としての十分な能力を有していると言える。

以上の審査結果に基づき、本論文は博士 (工学) の学位を授与するに値すると判断され、審査員全員一致で合格と判定した。