

## 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 森崎 敬史

本論文は、「多段熱機関を用いた海洋温度差発電システムに関する研究」と題し、多段熱機関を用いた OTEC システムの高性能化とその有効性を明らかにするために、OTEC システムの評価方法を検討し、そのシステム特性について解析および実験的検討が行われたもので、全7章から構成されている。

第1章の「序論」では、本研究の背景とともに OTEC の発電システム、熱交換器、多段サイクル、熱機関の最大仕事に関する従来の研究が整理され、本研究の意義と目的について述べている。特に、多段熱機関を用いた発電システムは、熱交換過程での不可逆損失の低下が期待される一方、熱源側の流路が長くなることでポンプ動力の増加が懸念され、その評価方法および最適化などが明らかにされていない。そこで、本論文の目的として、多段サイクルを用いた OTEC システムの評価方法の提案、ならびに実流体を用いたサイクル解析および実験を行い、その有効性を明らかにすることを目的としている。

第2章の「最大仕事とその評価方法」では、有限流量の熱源を用いた熱機関の評価方法として、熱源の顕熱を利用した熱機関の最大仕事に着目し、多段熱機関の最大仕事に関する評価方法を提案している。このとき、最大仕事について多段熱機関では各段の熱源の温度変化と作動流体の有効温度差を考慮し、多段熱機関のシステム全体で最適となる熱源温度変化を示している。なお、これら多段熱機関の評価方法により、その段数増加に対して最大仕事の上限が存在すること、このときの熱効率は段数に関係なく一定となることを示している。

第3章の「正味仕事とその評価方法」では、第2章の熱機関部に対して海水ポンプ動力を含めた発電システム部における最大正味仕事に関して、熱交換

器における伝熱性能を考慮し、正味仕事の最大値を提案している。OTEC では熱機関が海水から収集する熱量は海水ポンプの関数となり、一般に用いられるサイクル熱効率では、熱機関の出力と海水ポンプ動力との関係を明確に示さない。そのため、この OTEC 固有の特徴を考慮した評価方法を検討し、正味仕事の最適化に関して伝熱性能と海水ポンプ動力を評価関数とし、伝熱性能による正味仕事の低下割合を定量的に示している。

第4章の「サイクルの性能解析」では、多段サイクルについて、実流体のサイクル解析により、第2章で提案した最大仕事に関する評価方法の検証を行い、その有効性を明らかにしている。さらに、2段ランキンサイクルに注目し、様々なパラメータを用いて検討がなされ、多段サイクルの有効性およびその特徴を示している。さらに、OTEC システムの正味出力についてシステム内部の各種損失と海水ポンプ動力を評価関数とし、熱機関を複数段とした場合の有効性を明らかにしている。

第5章の「実験装置および測定方法」では、30kW OTEC 発電装置および2段ランキンサイクル実験装置の構成機器と測定機器、測定精度、さらには実験方法について詳細に説明し、状態点などの計算方法についてまとめている。

第6章の「実験結果および考察」では、30kW OTEC 発電装置および2段ランキンサイクル実験装置の実験結果を示している。30kW OTEC 発電装置では、正味出力について考察し、第3章で提案した評価方法により装置の性能の上限を示し、伝熱性能による損失、タービン効率による損失およびシステム内部の各種損失を明らかにしている。

一方、2段ランキンサイクル実験装置では、熱源の温度変化と作動流体の温度範囲について検討し、単段に対して2段ランキンサイクルの作動流体温度が熱源温度に接近することを実験的に明らかにしている。その際、単段に対する2段ランキンサイクルにおける熱交換過程での不可逆損失低減について定

量的に示している。

第7章の「総括」では、本研究で得られた成果についてまとめている。

以上、本論文は OTEC システムの高性能化とその実用化に寄与する技術およびシステムの評価手法の構築を目的として、関連分野の従来の研究を鑑み、OTEC システムの高性能化に関する手法の一つとして多段熱機関を適用したシステムについて検討が行われ、多段熱機関を用いたシステムの利用可能な仕事について評価式を提案している。さらに、多段熱機関を用いることで増加が懸念されるポンプ動力を含めた発電システムの正味仕事について検討し、熱機関の段数増加と各種損失との関係から、多段熱機関を用いたシステムに関する有用な知見が示されている。

平成 26 年 2 月 4 日に実施した学位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。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、審査委員全員一致で合格と判定した。