

論文審査の結果の要旨

氏名 栞 明

本論文は全 6 章から構成される。

第 1 章では、海底熱水地帯の概要および既存の調査手法の問題点が提示され、本研究の目的と意義が述べられている。また、海底からの熱水噴出量は、観測機器のエネルギー源として十分な量であることが示されている。

第 2 章では、熱電素子 (TEM: Thermo Electric Module) の動作原理が述べられ、また材質と性能の比較データから、海底熱水地帯においてはビスマス-テルル系の素子が適していることが示されている。そして圧力試験水槽を用いた実験により、さまざまな圧力、温度条件における TEM の性能が確かめられている。また、高圧になるほど圧力容器と TEM が密着することで熱がスムーズに伝わるようになり、システムとしての性能が向上することが示された。

第 3 章では、試作装置による鹿児島湾若尊カルデラにおける海域試験の結果が示されている。まず熱水噴出域である鹿児島湾若尊カルデラの概要が示され、ついで試作した発電装置および実験の概要、結果が報告されている。試作装置のため発電量は 1.7W と小さいが、熱水噴出域において提案手法により発電できることが実証された。

第 4 章では実証機のデザインとして、通常の円筒形のデザインよりも耐圧性と製作性に優れた 6 角形筒状の発電装置が提案された。また使用する発電素子についてもこれまでの結果をもとに選定し直し、我が国の EEZ 内の多くの熱水地帯をカバーする水深 2,000m までの範囲における性能が水槽試験によって確認されている。そして数値シミュレーションによって提案形状と円筒形の比較がなされ、その他の条件が同じ場合は提案形状のほうが優れた発電効率が得られることが示されている。また、発電装置内に熱水由来の金属成分が析出することを想定し、付着層の厚さと発電効率の関係が数値シミュレーションによって定量的に考察されている。

第 5 章ではこれまでの議論をもとに実証機の設計がなされ、実際に製作された実証機による海域試験結果が示されている。設計においては各素子における温度差の不均一性が数値シミュレーションによって検討され、発電出力の異なる複数の素子から全体として最大の出力を得るために MPPT (Maximum Power Point Tracking) 装置を素子毎に設置することが提案されている。また、熱水環境に耐えられる材料について検討され、形状面からは外側に放熱板を取り付け、また六角筒の上面の開口部を狭めることで発電効率の向上が図られている。そして、製作した実証機を沖縄トラフ伊平屋北の人工熱水サイトに展開し、観測機器の運用に十分と言える 60W の発電に成功したことが示された。さらに試験結果を踏まえた数値シミュレーションにより、TEM の無い円筒壁面に断熱性を上昇させることで円筒内外の温度差を拡大することができ、発電効率の向上につながることを示された。またこの改良により熱水析出物の付着軽減効果も示唆され、装置の

実用化に向けた重要な知見が得られた。

第 6 章では、これまでの結果をまとめ、研究開発した熱水発電手法が実際の海底熱水地帯において有効に活用できると結論付けている。

海底熱水地帯において TEM を用いて発電する可能性は従来から指摘されてきたが、本研究によって、TEM を用いて観測機器を運用するのに十分なレベルの発電ができることが世界で初めて実証され、海中工学に新たな知見を加えた。また、六角筒状の発電装置や MPPT の採用など、発電装置として実用化するための提案がなされ、今後の海底熱水地帯の研究開発に非常に有益である。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1,503 文字