

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 飯野 光政

我が国は海に囲まれた海洋国家であり、平成 19 年に成立した海洋基本法、平成 20 年に閣議決定した海洋基本計画にあるように、豊かな海洋資源を利活用する技術研究開発が国を挙げて進められている。中でも波の運動エネルギーを電気に変換する波力発電システムは、国内外で信頼できるエネルギー変換システムとして有望視されており、重要な研究対象となっている。本論文は、傾斜型振動水柱波力発電システムの物理特性を、水槽試験、実証試験、ならびにシミュレーションにより明らかにした研究であり、傾斜振動水柱の振動特性に関する定式化と傾斜効果の定量的に評価している。従来の振動水柱波力発電システムの効率向上に関する研究では、取りこむ波の振幅や周波数を 1 次変換部の形状や追加のデバイスにより変化させる試みが多くなってきたものの、傾斜する空気室を有する傾斜振動水柱の物理的な特徴は十分明らかにされておらず、傾斜振動水柱の特性や有用性を定量的に加味したシステム設計手法は皆無であった。このような背景の中、本論文は傾斜振動水柱の振動特性を運動方程式などで定式化し、傾斜する一次変換部における波のエネルギー変換特性を定量的に評価した初めての研究として評価できる。この定式化により、本論文では傾斜振動水柱が波の共振周期を変化させる現象を明らかにした。また本論文では、1 次変換部の高精度な定式化により波変動の再現を可能とし、その結果として 2 次変換部の変動入力に対する荷重評価と最適設計手法を提案し、実際の実証研究機の開発へ適用させている。本論文は、5 章から構成されている。

第 1 章では、波力発電に関する研究背景を整理し、波力エネルギーの有用性を示すとともに、振動水柱型波力発電のこれまでの開発状況から振動水柱型が数ある波力発電方式の中でも卓越した信頼性を有し、実用化に近いことを示している。そして振動水柱型波力発電の実用化に向けた傾斜振動水柱型波力発電の特徴と課題を整理し、本研究の目的とそれを実現するための実施内容を示している。

第 2 章では、これまで定量的評価と定式化がなされていなかった傾斜振動水柱型一次変換部のエネルギー変換特性の定式化と検証を行っている。特に傾斜

振動水柱型一次変換部の水位変動、圧力変動特性を定量的に評価可能な一次変換部モデルを構築している。またモデル化の妥当性検証として水槽試験結果との比較を行った結果、水槽試験において観測された水位・圧力振幅をよく再現する結果が得られている。さらに不規則波中の空気圧力応答の再現性も確認され、二次変換部に対する不規則な空気出力変動の再現を可能としている。

第3章では、第2章で解明した一次変換部から生じる変動空気流を受けた際のシステムの出力特性と二次変換部の状態を評価するために、変動空気流に対する二次変換部の動的出力変動を再現する定式化を行っている。空力、動力学、制御の連成解析手法の確立と実験による各要素の検証を行っている。これにより二次変換部の変動空気流に対する応答と出力特性を再現する定式化を実現している。

第4章では、傾斜振動水柱型波力発電システムの設計評価手法について検討を行っている。一次変換部の設計については運動方程式に基づく共振周期推定式を提案し、水槽試験および実海域試験において確認される傾向と一致することを示した。そして同一の水柱質量でも、傾斜型を利用することで垂直型と比較して共振周期を2倍以上長周期化することが可能であることを示した。また、その際の二次変換部の最適差圧理論値を導出し、既往の振動水柱型と同様に水位変動の減衰特性と一致する差圧特性によって一次変換部の出力を最大にすることが可能であることを示した。二次変換部の設計として、変動流中の時刻暦回転数変化と流速変化を考慮した最適設計手法を提案し、空力特性や慣性といったタービン特性の変化に対して適切な制御手法を検討するための設計評価手法を確立している。同時に一次変換部と二次変換部の連成解析により、波浪条件に基づき、システム全体の応答を加味した出力と荷重評価を可能とする解析手法を確立している。この解析手法を用いて異なる傾斜角の傾斜振動水柱型波力発電システムの出力および荷重評価を行い、傾斜角による共振周期の変化がシステムの出力特性と荷重特性に与える影響について考察している。以上の知見をもとに傾斜振動水柱型波力発電システムの設計手法を提案している。

第5章では、以上の成果について、傾斜振動水柱型波力発電システムの設計評価への応用法について整理を行い、本研究の総括を行っている。

以上、本論文ではこれまで定量的な評価がなされていなかった傾斜振動水柱の振動特性を、運動方程式を中心としてモデル化し、実験との比較検証によりその妥当性を示している。そして一次変換部・二次変換部双方の定式化によって、傾斜振動水柱型波力発電システムのエネルギー変換特性の定量的評価を実現している。これにより傾斜振動水柱型波力発電の最適設計を可能にし、傾斜振動水柱波力発電の発電システム全体の設計評価に役立つ成果を得ている。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。