

## 学位論文審査結果の概要

氏名	志田 崇
学位論文審査委員氏名	主査 本田 明弘
	副査 片岡 俊一
	副査 官 国清
	副査 久保田 健
	副査 島田 照久
論文題目	風力エネルギーを利用した持続可能な水産生物培養システムに関する研究（Research on the sustainable aquaculture systems for fisheries organisms utilizing wind energy）
審査結果の概要（2,000字以内）	
審査結果 合格	
審査の概要（2,000字以内）	
<p>漁業は、他産業に比べ化石燃料を多量に消費し、地球温暖化の原因となる二酸化炭素を排出している。このため、漁船や漁具の省エネ技術の開発が試みられており、太陽光や小型風力発電による事務所、養殖用給餌への給電など再生可能エネルギーの導入も進められている。しかし、海域に豊富に存在する風力や潮流エネルギーの直接利用は、伝統的な打瀬網漁が知られるが、水産資源の培養として実用化されていない。一方、弘前大学では、これまでローテーションフロー型風車(RFT)など、抗力型垂直軸マイクロ風車の開発に取り組んできた。そこで、風力エネルギーを活用した持続可能な水産生物培養システムの開発を目的に、揚水及び送気システムの開発と実証実験に取り組んだ。</p> <p>第2章では風車の検討を行った。これまで RFT については、発電量向上を目的に高速回転の手法が検討されてきたが、トルク出力が調べられてこなかった。RFT を揚水や送気に用いるためには、空力出力性能を評価する必要があることから、2次元シミュレーション、小型トラックや風洞を用いた実験を通じてトルク係数とパワー係数を求めた。また、漁業者が出入りする漁港などで用いるため、翼材に帆布を採用し、軽量で安全性が高く、メンテナンスしやすい風車を設計した。</p> <p>第3章では、風車を利用した揚水、送気システムの設計と実証実験を行った。海水揚水に供するベーンポンプと送気に供するピストン型エアポンプの性能を評価するため、回転数とトルクの関係性を求めた。なお、実験にあたっては、実証実験地の環境を考慮し、揚程を階段実験では 2.4m、現地での実証試験は 2.2m で、水深 4.5m の条件を設定した。得られたポンプの性能評価結果と第2章に示した風洞実験で得られた風車の空力性能評価結果から、揚水及び送気システムについて各々設計ラインを算出した。設計ラインを基に幅 25cm、揚水用で高さ 68cm、送気用では同 75cm のゴム引布製翼材を直径 1m のローターに 8 枚ずつ 2 段に張った RFT を製作し、津軽海峡沿岸の漁港に設置した。自然風下における揚水及び送気時の風速、回転数、トルクの測定値と風洞実験で得られた空力性能及び各システムの設計値と比較した結果、揚水システムについては、風の乱れや風速変動への応答性の影</p>	

響を受けることがあるものの、設計ラインと概ね一致した。送気システムについては回転数、トルクとも設計ラインを上回る性能を示した。これには、風車及びクランク機構の振動によるシャフト部分の摩擦によるものと推察された。

第4章では、風力エネルギーの水産生物培養への適用を行った。揚水システムのアマモ種苗生産への適用については、陸奥湾で採取したスゲアマモ花枝から種子を分離し、2021年1月に漁港に設置した海水揚水システムの1トン水槽に播種した。4か月後には発芽体が確認され、2021年6月には草丈15cmの栄養株が確認されたため、漁港水面に移植した。以上の結果から、RFTを用いてスゲアマモ種苗を育苗できることが確かめられた。

送気システムのナマコ養殖への適用については、ナマコが空気を忌避する性質を利用し、空気層をもつコンクリート構造物を漁港開口部に設置することで、漁港水面にナマコを閉じ込め養殖することを目的に、まず、構造物の検討を行った。形状が異なる9種類のコンクリート構造物の1/10縮尺の模型を、砂を敷き詰めた振動流水槽に置き、模型への砂の堆積や空気層からの空気の漏出率を求めた。また、砂の堆積が少なかった模型について、造波水槽で水の流れを可視化した結果、構造物の空気層直下に砂が堆積するメカニズムが明らかになった。水槽実験を基に幅3m、長さ1.84m、高さ0.6mのコンクリート構造物を設計し、2018年3月に津軽海峡にある漁港開口部の長さ30mに10基に設置した。2021年3月まで構造物の設置状況を潜水観察したところ、空気層中の空気は維持されていること、構造物が概ね安定していることが確かめられた。また、ナマコの放流試験を行なった結果、空気層によるナマコ閉じ込め機能が確認された。

第5章では、揚水、送気設計システムの妥当性の実証によって、風速と必要とされる年間の揚水量、送気量から風車の体格を推定し、化石燃料や系統電源に対する優位性を示し、再生可能エネルギーを利用した持続可能な水産資源培養の実用化の進展が期待できる。

1月24日に実施した本審査および2月14日に開催した公聴会では、各章の内容の学術的意義は認められ、学位論文全体としての位置づけが分かりやすいとの評価を得て、博士論文として審査するに足りる成果を有しており、合格と認めるとの合意に至った

#### 学位論文の基礎となる参考論文

- 1.志田崇, 久保田健, 桐原慎二, 本田明弘, ローテーションフロー風車のトルク特性を用いた揚水実証実験, 風工学研究論文集, 26巻, 67-75頁, 2020年9月
- 2.志田崇, 久保田健, 本田明弘, 桑原久美, 桐原慎二, ナマコを漁港水域に閉じ込め養殖するための空気層を持つ構造物の形状の検討, 日本水産工学会誌 58巻第3号, 183-190頁, 2022年2月