

## 学位論文の要旨

専攻	安全システム工学 専攻	ふりがな 氏名	しだ たかし 志田 崇
学位論文題目	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.		
学位論文要旨			
<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あるものの、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式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2.5m、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段に貼った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トルクの測定値に設計ラインを上回る性能を示した。これは、風速により回転数が増加することでクランク機構の摩擦力による影響が推察された。</p> <p>第4章では、風力エネルギーの水産生物培養への適用を試みた。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</p>			

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た。送気システムによるナマコ養殖については、設置条件が合うこと、また同じ匍匐性水産動物のうち、ウニ、アワビ及びサザエなど対象種を拡大することで全国に展開できることに期待が持てた。