

# 牡蠣養殖における海象による成長分析と水温予測への展開

Growth Analysis by Sea Climate in Oyster Cultivation and Application System for Water Temperature Prediction

研究学生：小山 凌 指導教員：江崎 修央

## 1. はじめに

二枚貝養殖は日本において重要な養殖漁業である。三重県鳥羽市・志摩市でも牡蠣養殖が盛んに行われており、県内牡蠣養殖の9割以上を占めている<sup>[1]</sup>。しかし、水温などの海象が牡蠣の成長に与える影響については、詳細に把握されておらず、多くの場合、牡蠣養殖の養殖地の選定や出荷時期の判断は養殖業者の経験や勘に頼っているのが現状である。また、近年では黒潮蛇行の長期化や温暖化の影響により、海象の変動が激しくなり、その予測が難しくなっている。

本研究では、海象情報を長期的に観測し、牡蠣の成長への影響を調査するとともに、機械学習による海象予測を実現し、牡蠣の成長との関係から、適切な養殖地の選定、出荷時期の予測に繋げる。

## 2. 研究概要

本研究の概要を図1に示す。まず、養殖場に設置した海洋観測器から水温などの海象データを取得する。また、養殖中の牡蠣の体長を計測する。取得した海象データと計測した牡蠣の成長データを分析し関係を明らかにする。

海象データを用いて牡蠣の成長を予測するため、未来の海象データが必要になる。そこで、現在の養殖場の水温データから未来の水温を予測するモデルを構築する。このモデルと牡蠣の成長と海象の関係性を組み合わせ、牡蠣の成長を予測する。これにより、海洋観測器を養殖場に設置することで、養殖牡蠣を水中から引き上げることなく、適切な養殖地の選定や出荷時期の予測をすることができる。

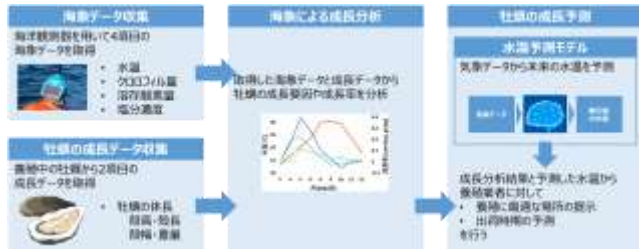


図1 研究概要

## 3. 養殖牡蠣の海象による成長分析

### 3.1 成長分析の背景

牡蠣の成長を予測するためには、牡蠣の成長と海象の関係を把握する必要がある。そこで、シン

グルシード式と垂下式の2種類の養殖場で牡蠣の成長データと海象データの収集を行った。本研究では、三重県志摩市浜島町と三重県鳥羽市浦村町の牡蠣生産者に協力していただき、牡蠣の体長と海象の計測を行った。

### 3.2 シングルシード方式における成長分析

浜島町ではシングルシード方式の養殖牡蠣を対象に牡蠣の体長を計測している。2024年3月から月に1度行い、計測項目は殻高、殻長、殻幅、重量である。また、海象データとして、水温、クロロフィル量、塩分濃度、溶存酸素量を計測している。

牡蠣の成長と海象データの関連性の一例として水温と牡蠣の成長率のグラフを図2(a)、クロロフィル積算量と牡蠣の成長率のグラフを図2(b)に示す。成長率は前回の計測日からの1日あたりの平均成長サイズを表す。養殖開始時は成長率が高かったが、時間が経つにつれて成長率が低くなっていった。また、水温が高い夏場は成長率が低く、25°Cを境に牡蠣の成長率が高くなる傾向が見られた。よって、牡蠣養殖に最適な水温は25°C以下の水温と推定できる。

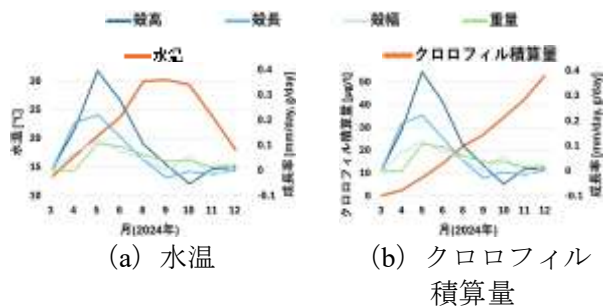


図2 海象データと牡蠣の成長の関係

### 3.3 垂下式養殖における成長分析

垂下式養殖の養殖牡蠣の成長を計測するために、浦村町の牡蠣の養殖筏に水中カメラを設置した。カメラは水深3m地点に設置し、30分に1度、静止画を撮影するように設定した。図3に実際の撮影画像を示す。大きさを判別するために、牡蠣は格子状の板に固定した。これにより格子のサイズから牡蠣の大きさを判別できる。2024年8月から牡蠣の観測を行っている。8月からの4か月間、牡蠣の大きさにあまり変化は見られなかった。この知見は、3.2で示した夏場から冬場にかけては成長率が低いという知見と概ね一致する。



図3 養殖牡蠣の水中画像

## 4. 成長予測モデルのための水温予測

### 4.1 モデル構築の必要性

以上のように分析した牡蠣の成長と海象の関係から最適な養殖地を選定し出荷時期の予測を実現するには、海象の予測が不可欠である。そこで、現在の海象から未来の水温を予測するモデルの構築に取り組んだ。

水温予測モデルの構築には、養殖場の過去の気象・海象データが必要となる。しかし、観測開始時はデータが十分でないため水温予測が難しい。そこで、過去の気象データから伊勢湾の水温を予測するモデルを構築し、伊勢湾の水温データから他の地点の水温を予測するモデルと組み合わせることで養殖場の水温を予測する手法を考えた。

### 4.2 気象データを用いた水温予測

気象データを用いた伊勢湾の水温予測モデルの構造を図4に示す。データは伊勢湾環境データベース<sup>2)</sup>と気象庁のものを利用した。前7日分の気象データを入力とし、翌日の伊勢湾の水温を予測した。

モデルの構築には LSTM を使用した。モデル構築に使用するデータは、2016年1月1日から2023年12月31日の水温、気温、降水量、日照時間、気圧である。2019年のデータを検証データとし、それ以外の年のデータを学習に用いた。

予測結果を図5に示す。MSEは0.839°Cで、水温変動の傾向を概ね良好につかめている。しかし、8月付近の水温の変動が激しい箇所の予測が正確ではなかった。



図4 モデル構造図

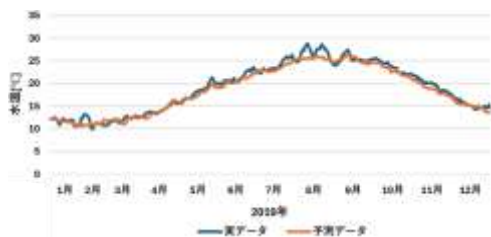


図5 予測結果のグラフ

### 4.3 伊勢湾の水温データを用いた水温予測

伊勢湾環境データベースの観測点を図6に示す。赤丸で示した「中山水道」の水温が、緑丸で示し

た他3点の水温と相関が高い。そこで、「中山水道」の水温から、他3地点の水温を予測するモデルを構築した。モデルの構造を図7に示す。このモデルでは前5日分の入力データから2日後の水温を予測する。

こちらのモデルの構築にも LSTM を使用した。2011年1月1日から2023年12月31日の中山水道の水温と他4地点の水温、気温、風速を使用し、2023年のデータを検証データとし、それ以外の年のデータを学習に用いた。

予測結果を図8に示す。MSEは0.951°Cとなり他地点の予測を良好に行えることがわかった。

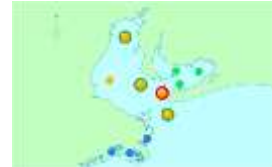


図6 伊勢湾データベースの観測点



図7 モデル構造図

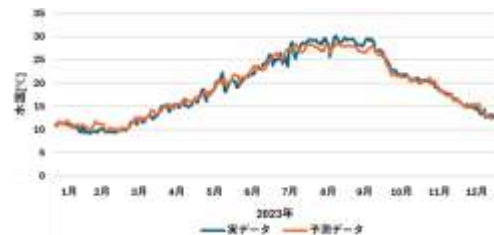


図8 予測結果のグラフ

## 5. まとめと今後の課題

養殖牡蠣の体長を計測し、海象との関係を分析した。海象データから牡蠣の成長を予測するために、気象データと伊勢湾の水温データを使い、水温予測モデルを構築した。両モデルを検証し、水温変化の傾向を概ね予測することができた。

今後の課題として、牡蠣の成長データの計測を継続して行い、より正確な牡蠣の成長と海象との関係を分析する必要がある。また、分析結果から予測した適切な養殖地や出荷時期を生産者に提示するツールの構築を並行して行っていく。

### 参考文献

- [1] 鳥羽磯部漁協協同組合, 『牡蠣』, <https://jf-tiss.net/kaki.html>, (2024年4月8日参照)
- [2] 国土交通省中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所, 『伊勢湾環境データベース』, <https://www.isewan-db.go.jp>, (2024年6月11日参照)