

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号： 11301  
研究種目： 奨励研究  
研究期間： 2020～2020  
課題番号： 20H01172  
研究課題名 海の基礎生産力に応じた環境自立型養殖技術の最適化手法の構築

## 研究代表者

丸尾 知佳子 (MARUO, CHIKAKO)

東北大学・工学研究科・技術専門職員

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 480,000 円

研究成果の概要：本研究では、青森県陸奥湾内養殖地域4地点において表層を含めた3層について海水を採取し、炭素安定同位体標識化法により植物プランクトンの基礎生産量、水質モニタリング項目（栄養塩、有機炭素量、溶存鉄）を測定した。得られた基礎生産力を目的変数、水質モニタリング項目を説明変数とし、機械学習（Python, Pycaretパッケージ）を用いて基礎生産量の算出モデルを構築した。結果、ExtraTreeRegressorによる算出モデルの精度が高く、クロロフィルaと水温を主な説明因子として得られる推定値が実測値を良く説明できることが明らかとなった。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において構築された基礎生産量の算出モデルは、クロロフィルaと水温をモニタリングすることにより、ホタテ養殖場における餌料量推定に役立つものとなる。ホタテの主な餌料源である植物プランクトンは、水温により優先種が入れ替わることが知られており、ホタテにとって有用な餌料源の量的・質的な変化は養殖業にとって重要な因子である。そのため、本研究によって得られた算出モデルを用いることにより、分散養殖を行うことなどにより、餌不足による斃死のリスクを回避するための基礎データとなる。

研究分野： 水環境

キーワード： 基礎生産 二枚貝 沿岸域

## 1. 研究の目的

日本の東北・北海道沿岸域では、ホタテなど貝類の養殖が盛んであり、海水面養殖業の総生産のうち約40%を占める重要な産業である。貝類の養殖は、餌を与えずに海で生産される植物プランクトンの生産（基礎生産）に依存しており、海の基礎生産を超えない範囲で養殖管理をする必要がある。また、持続可能な開発目標(SDGs)では、日本の課題に「海の豊かさを守ろう」が含まれており、実際に日本沿岸域の海水温上昇が海洋生態系や養殖業に重大な影響を及ぼしており、持続可能な養殖業のため、海水温上昇に適応した養殖管理技術が求められている。そこで、海の基礎生産量を適正に把握し、持続可能な養殖業の維持のため、水温や栄養塩などのモニタリング項目から、ある海域における基礎生産量を推定することを目的とした。

## 2. 研究成果

### (1) 研究方法

青森県陸奥湾において定点測定を計4回(2020年10月, 2021年2月, 5月, 8月)実施した。採水調査及び室内実験を実施し、基礎生産量を求めた。得られた基礎生産量と水質モニタリング項目を用いて機械学習により基礎生産量算出モデルを構築した。実際の調査地点を図1に示す。調査を行ったホタテ養殖棚は、南端が岸壁より約800mに位置し、水深20m~30mと比較的浅い海域に位置しており、養殖棚全体の面積は約42haである。

### (2) 調査方法

#### ・採水方法

透明度板により調査時の透明度を測定し、各地点3深度についてバンドーン採水器を用いて採水した。採水の深度は表層(海面下0.5m)、中層(対透明度40%深)、低層(対透明度70%深)とした。栄養塩(硝酸・亜硝酸性窒素, アンモニア性窒素, リン酸性リン, 珪酸塩), 溶存有機炭素, 溶存無機炭素, 溶存鉄測定のための試料は、採水直後に0.45µmPTFEメンブレンフィルターを用いて濾過を行い、冷凍保存した。溶存鉄測定用試料は、50mLの試料に対し1%硝酸溶液となるように硝酸を添加し、固定した後に保存した。光合成速度測定用の試料は、355µmのふるいで大型のプランクトンを除去し、ポリプロピレン製褐色瓶に入れて冷蔵保存により実験室まで輸送した。

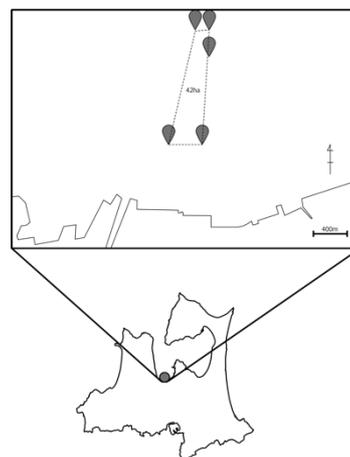


図1：調査地点

#### ・基礎生産量の測定方法

ポリスチレン製の培養フラスコに、試料500mLを分注し、0.2mol/L NaH<sup>13</sup>CO<sub>3</sub>(99atm%)を1mL添加した。表層の光量子を500µmolm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>とし、寒紗を用いて光量子を300 m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, 150 m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>に調整して採水時の水温とした。明暗条件は、採水時の日照時間を参考に設定し、24時間培養を行った。また、0.2mol/L NaH<sup>13</sup>CO<sub>3</sub>(99atm%)を1mL添加した直後にガラス繊維ろ紙(GF/F)にて濾過を行った試料を作成し、ブランクとした。24時間の培養後、それぞれGF/Fにて濾過を行った。ろ過後のろ紙を乾燥後、塩酸蒸気を用いて無機炭素を除去し、再び乾燥後、安定同位体比質量分析計にて炭素同位体比(δ<sup>13</sup>C)を測定した。得られたδ<sup>13</sup>Cから基礎生産量ΔC(µg<sup>-1</sup>)をHAMAら(1983)<sup>1)</sup>に従い、次式により計算した。なお、a<sub>ic</sub>はPARSONSら(1984)<sup>2)</sup>によりTOC(mML<sup>-1</sup>)から求めた。

$$\Delta C = C \times (a_{is} - a_{ns}) / (a_{ic} - a_{ns})$$

C: 培養試料中のPOC量(mg<sup>-1</sup>)

a<sub>is</sub>: 培養試料中の<sup>13</sup>Cのatom%

a<sub>ic</sub>: 全無機炭素中の<sup>13</sup>Cのatom%

a<sub>ns</sub>: ブランク中の<sup>13</sup>Cのatom%

#### ・水質モニタリング項目の測定方法

栄養塩(硝酸・亜硝酸性窒素, アンモニア性窒素, リン酸性リン)は、連続流れ分析装置(QuAAtro 2-HR, BLTEC株式会社製)により測定した。ケイ酸塩はモリブデン青吸光度法により測定した。全有機炭素量, 溶存全有機炭素量, 溶存無機炭素量については、有機炭素計(TOC-L, 株式会社島津製作所製)により測定した。溶存鉄は、ホットプレートにて加熱酸分解した後、ICP-MS(ICP-QQQ, アジレントテクノロジー株式会社製)により測定した。リン酸性リンがQuAAtro測定において定量下限値未満となった場合、MAGIC Method<sup>3)</sup>により濃縮し、モリブデン青吸光度法により測定した。

## (2) モデルの構築

### ・基礎生産量算出モデルの構築方法

目的変数を基礎生産量、水質モニタリング項目を説明変数とした場合に用いる回帰分析に適用するモデルを決定するため、PythonのパッケージであるPycaretを用いた機械学習により予測モデルを構築した。Pycaretによる機械学習では、データセットの70%を学習データ、30%を予測データに振り分けし、どの回帰モデルが最適かを計算した。結果、ExtraTreeRegressorによる学習モデルの相関係数が高かったため、ハイパーパラメータを最適化し、基礎生産量算出モデルを構築した。図2より、過学習の確認を行った。決定木の深さ7以降では、汎化性能が上昇しなかったが、機械学習での決定木の深さ設定が7であったため、正規化パラメータは変更しなかった。また、図3より、データセット数が70を超えたあたりから、予測値と実測値の乖離が一定となる傾向があり安定した予測モデルを構築できたものと考えられる。また、図4より、基礎生産に影響を及ぼす特徴量として、5月、8月といった季節分類や光量子数も高い特徴量となっているが、水質モニタリング項目ではないため除外すると、クロロフィルa濃度と水温が特徴量として認められた。最後に、図5に算出モデルにより得られた予測値と、実測値の比較を示す。相関係数が0.86となったことが示すように、機械学習により得られた基礎生産量の算出モデルは有効であると考えられる。

## (3) 今後の課題

- ・本研究では、1箇所のホタテ養殖棚における海水中の基礎生産量の算出モデルを構築した。ホタテの餌料源として、養殖籠に付着して増殖する植物プランクトンによる基礎生産も重要な餌となるため、ダミーの養殖籠を吊るすことで付着性の植物プランクトンに起因する基礎生産量を推定し、より精度の高い養殖場における基礎生産量算出モデルの構築が課題となる。

## 参考文献

- 1) HAMA, T., MIYAZAKI, T., OGAWA, Y., IWAKUMA, T., TAKAHASHI, M., OTSUKI, A. and ICHIMURA, S., Measurement of photosynthetic production of a marine phytoplankton population using a stable  $^{13}\text{C}$  isotope, Marine Biology, 73, 1983, 31-36.
- 2) PARSONS, T.R., MAITA, Y. and LALLI, C.M., A manual of chemical and biological methods for seawater analysis, Oxford, Pergamon Press, 1984.
- 3) David M. Karl and Georgia Tien, MAGIC: A sensitive and precise method for measuring dissolved phosphorus in aquatic environments, Limnology and Oceanography, 37(1), 1992, 105-106.

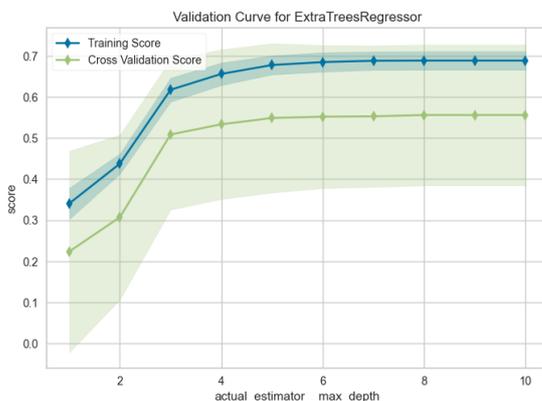


図2：過学習の確認

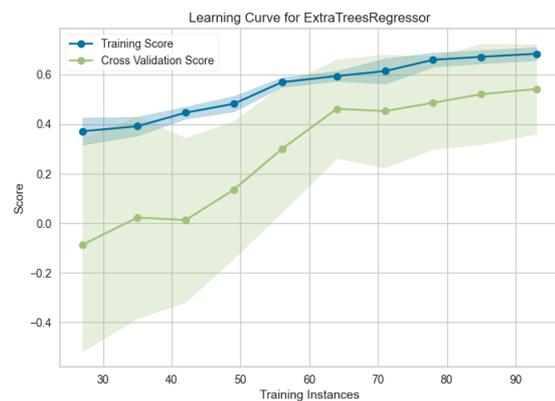


図3：モデルの学習状況

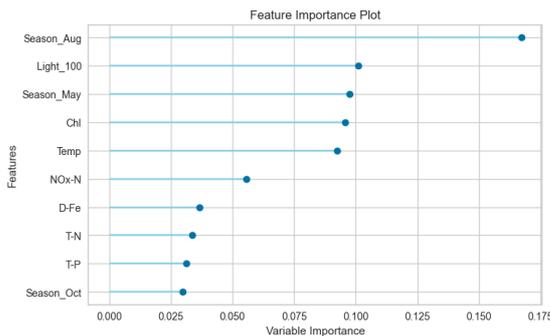


図4：特徴量の評価

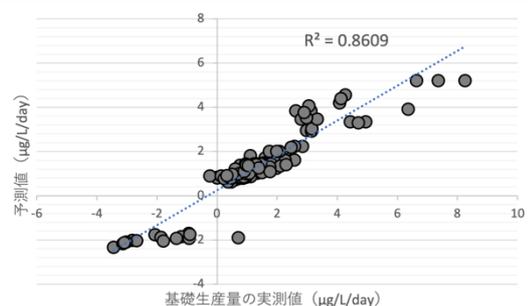


図5：実測値と予測値の比較

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 丸尾知佳子, 佐野大輔, 坂巻隆史, 西村修
2. 発表標題 海産珪藻の種間競争に及ぼす栄養塩濃度の影響
3. 学会等名 水環境学会シンポジウム
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------