

クルマエビ養殖シミュレーター

水産技術研究所 環境・応用部門 水産工学部 漁業生産工学グループ

研究の背景・目的

1. クルマエビ (*Penaeus japonicus*) は、その大きさや色彩、風味の良さから高く評価されており、九州や沖縄において広く養殖が行われています。クルマエビ養殖では、陸上に設けた池（図1）に稚エビを投入し、給餌により生育し、成長したエビを出荷します。水温と池内に占めるエビの密度はクルマエビの成長に強く影響するほか、生残率にも関係する重要な要素です。しかし、クルマエビは夜行性で日中は砂に潜る性質を持つため、養殖池内の尾数を正確に計測することは技術的に困難であり、養殖経営の安定にとって大きな課題となっています。
2. 養殖において、出荷の量とタイミングが養殖経営を安定させるための重要な要素です。しかし、クルマエビの需要や価格は1年の間に大きく変動します。また、夏期は気温の上昇でクルマエビが弱りやすく出荷しにくいなどの問題もあります。様々な条件を勘案した上で、稚エビをどの時期にどれだけ投入し、飼育期間をどれくらいにするかといった戦略は、養殖業者にとって重要な意思決定事項です。
3. そこで本研究では、クルマエビ養殖業者の経営安定や新規参入促進のため、数値シミュレーション技法の一つであるシステムダイナミクス手法を用いて、クルマエビの養殖池内における成長や尾数を仮想的に把握するモデルを作成しました。さらに、最適な稚エビ投入量、投入時期、及び出荷戦略といった意思決定を支援するため、養殖業者が自ら操作可能なシミュレーターの開発を行いました。



図1. 養殖池の様子

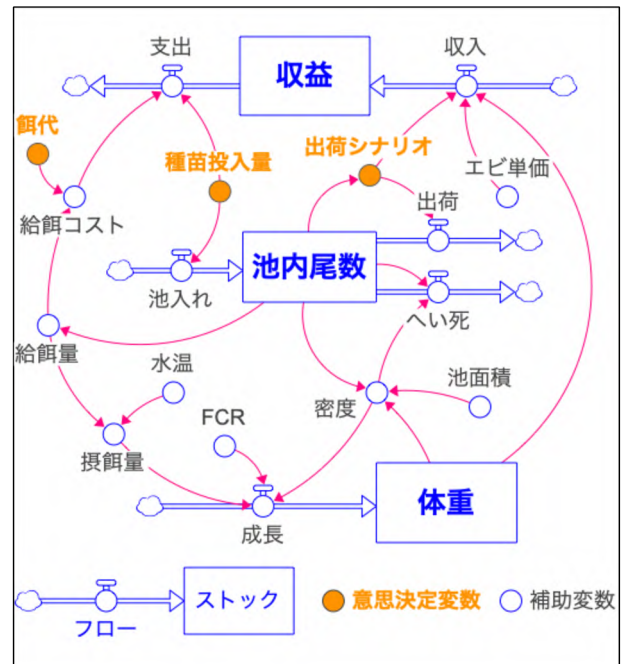


図2. シミュレーションモデル概略図

研究成果

1. 本研究で開発したシミュレーションモデルは、「池内尾数」「体重」「収益」の3つの主要なストック（注目する量）を中心に構築されています（図2）。このモデルでは、四角で囲まれた要素がストックを表し、フロー（白抜き矢印）によって増減します。フローの雲記号はモデルの境界を示しており、システムの外側の供給源または吸収先を表しています。フローの制限は、フローに矢印でつながっている要素（補助変数や意思決定変数）を用いて計算します。矢印は、それぞれの要素の間の因果関係を表しています。複数の矢印が収束する要素については、矢印の元の要素を用いて定式化しています。

池内尾数は、ある時に生残しているエビの数であり、稚エビを投入（池入れ）したら増え、出荷とへい死によって減っていくストックです。体重は、ある時の平均重量であり、摂餌量、飼料効率（FCR: Feed Conversion Ratio）及び密度によって日々の成長量が変わります。摂餌量は水温が25℃以上で最大となり、15℃で半減、10℃で摂餌をしなくなるように設定しました。また、密度効果は、ある時のエビの平均体重と池内尾数によって計算され、ある一定の値を超えた

ら成長が抑制されるように設定しています。収益は、稚エビのコスト（購入価格）を初期値として、収入は出荷量と出荷した月の平均価格（豊洲市場の5年間の

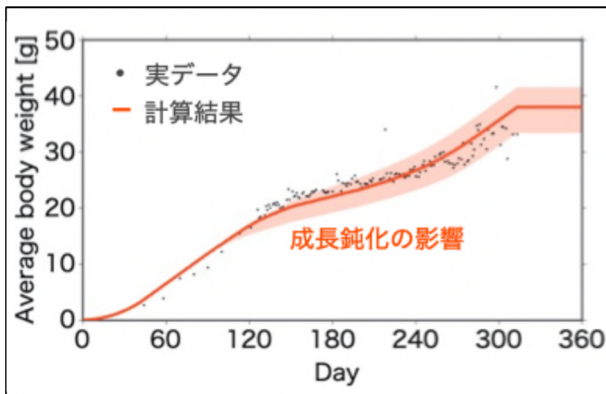


図3. クルマエビ平均体重：モデルによる計算結果と実データの比較

月別平均) から算出し、支出は飼料コスト（餌代）のみ設定しています。

- シミュレーションモデルの検証のために、養殖場で観測されたクルマエビの体重データとシミュレーション結果の比較を行いました（図3）。その結果、養殖開始後120日目から240日目にかけて成長の鈍化が確認されました。この主な要因は、冬季の水温低下と出荷前における過密状態の飼育による影響であり、出荷による密度低下とともに成長が回復します。観測値とシミュレーション結果の間には、養殖期間全体を通じて顕著な差異は見られず、平均値を用いた決定係数は0.9と算出され、本研究で構築したモデルの妥当性が示されました（決定係数は0～1の間の数字で表され、1に近いほどモデルの妥当性が高くなります）。
- 構築したモデルを基に、養殖シミュレーターを開発しました（図4）。シミュレーターでは、左側のUSER CONTROLSにおいてモデルの意思決定変数（稚エビ投入量、餌代）を自由に調整でき、右側のMODEL OUTPUTSにおいて、収益や平均体重、池内尾数

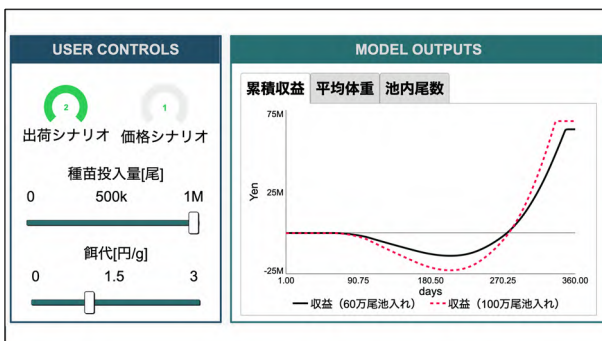


図4. クルマエビ養殖シミュレーター

尾数を確認できるようにしました。出荷については、需要のピークである年末年始に大量出荷することを想定して8月に稚エビを投入するシナリオと、価格のピークである翌年6月に大量出荷することを想定して10月に稚エビを投入するシナリオの2つを設定しました。

アウトカム

- 稚エビ投入量や餌に掛けるコストを、従来は養殖業者の経験や勘に頼って判断していましたが、本シミュレーターを活用することでより的確な判断が可能となります。このことは新規参入の支援や養殖経営の安定化に役立つものと期待されます。
- 今後は、地球温暖化による水温上昇などの変数を増やすことで、それらも考慮した意思決定が可能となります。

本成果に関する論文

本研究の成果は下記の論文で報告しています。

Yasuda K, Fuseya R, Yamamoto S, Miyoshi J, Takahashi R, Takahashi Y (2024) Simulation for Decision Support of Shipment Strategy in Prawn Aquaculture Using System Dynamics. *ACMSA 2023 Final Proc.*1:235–251.