

シジミの安定的再生産に資する効果的な資源管理・増殖手法に関する試験・研究開発事業 (加入の成否に関する因子の把握)

遠藤 起寛

目 的

小川原湖のヤマトシジミ資源量は長期的に減少しており、2021年及び2022年には内水面研究所で調査を開始した2002年以降の過去最低水準を2年連続で更新した^{1,2)}。小川原湖のヤマトシジミ資源量の増減は再生産の成否に大きく左右されていると考えられ³⁾、再生産安定のための対策が急務である。

本研究では、小川原湖内の環境や親貝量等の加入成否に関する因子の把握、及びそれに応じた資源管理・増殖手法の開発を目的として、各データの収集及び解析を実施する。

2024年度は過年度の資源量及び同年の浮遊幼生量のデータに着目し、親貝の資源水準と産卵量の関係を検討した。

材料と方法

1. 親貝量データ

2004年から2024年の小川原湖ヤマトシジミ現存量調査の殻長別個体数データ^{1,2)}のうち、殻長10mm以上の個体について、産卵可能な個体⁴⁾としてデータを抽出した。小川原湖内の水深10m以浅の水域を6つの地区に分割し(図1左)、年別地区別の平均親貝密度を算出した。

2. 浮遊幼生データ

2004年から2024年までの小川原湖浮遊幼生調査のデータ⁵⁻⁸⁾を使用した。各年の全11定点について(図1右)、それぞれ全水深・全調査日の浮遊幼生密度を平均した値を親貝量データとの相関分析に使用した。また、各年の湖内全域の平均浮遊幼生密度を算出し、後述の統計解析に使用した。

なお、2004年の調査定点のうちアカナデ地区は翌年以降調査を実施していないため解析から除外した。また、2005年から2009年に調査定点となっていたヤギシヤ地区については、2010年以降、中瀬地区に位置が変更となったが、解析上は同じ地点として扱った。

3. 水質データ

ヤマトシジミは塩分が低い環境では産卵に至らないことから⁹⁾、湖内の塩分データについても解析に使用した。本報告では、2005年から2024年の浮遊幼生調査に際して観測された日別地点別表層塩分の平均値をその年の産卵期における平均表層塩分として扱った。

4. 統計解析

各年の地区別平均親貝密度及び地点別浮遊幼生密度について総当たりでSpearmanの順位相関係数を求め、最も相関が強い組み合わせを検証した。解析にはRのpsychパッケージのcorr.test関数を使用し、有意水準の補正にはBonferroni補正を適用した。

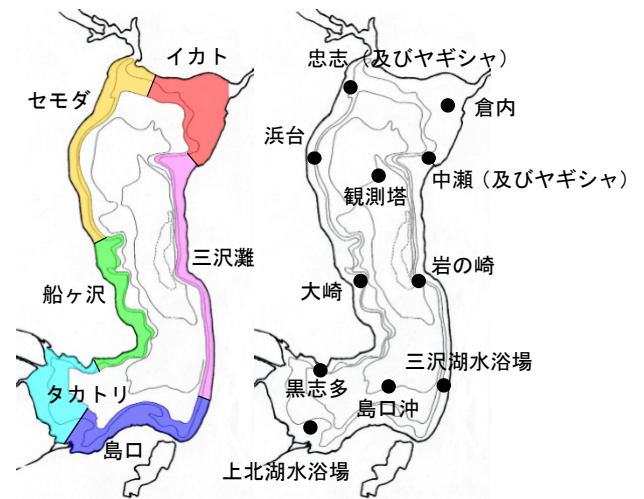


図1. 現存量調査実施地区(左)及び浮遊幼生調査定定点(右)

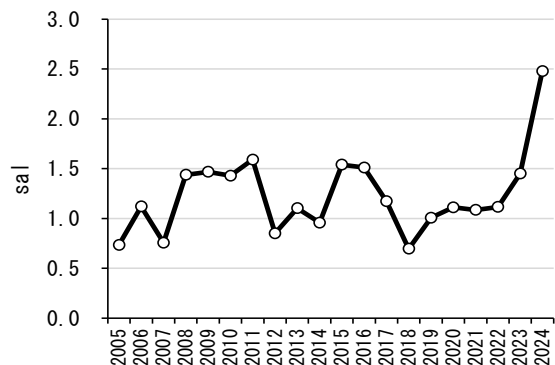


図2. 小川原湖内全域の平均表層塩分(2005-2024年)

次に、資源の安定に必要な親貝量検討の一助とするため、2005年から2024年の親貝量及び表層塩分のデータを説明変数、浮遊幼生量のデータを目的変数として、一般化線形モデルによる回帰分析を実施した。解析にはRのglm関数を使用し、確率分布及びリンク関数はモデルに応じて決定した。また、説明変数が親貝量のみ、表層塩分のみ、またはその両方の場合についてAICを指標としたモデル選択を実施し、最も予測力の高いモデルを検討した。

結果と考察

湖内の全定点において、浮遊幼生密度と最も強い相関を示したのは湖北部のイカト地区またはセモダ地区の親貝密度であり、いずれの定点においても有意に正相関した(図3)。また、解析対象期間内における湖内全域の平均浮遊幼生密度、湖内全域の平均親貝密度、及び湖北部(イカト地区+セモダ地区)の平均親貝密度の動態を比較したところ、湖内全域の親貝密度よりも湖北部のみの親貝密度の方が湖内全域の浮遊幼生密度と連動して推移していることが示唆された(図4)。

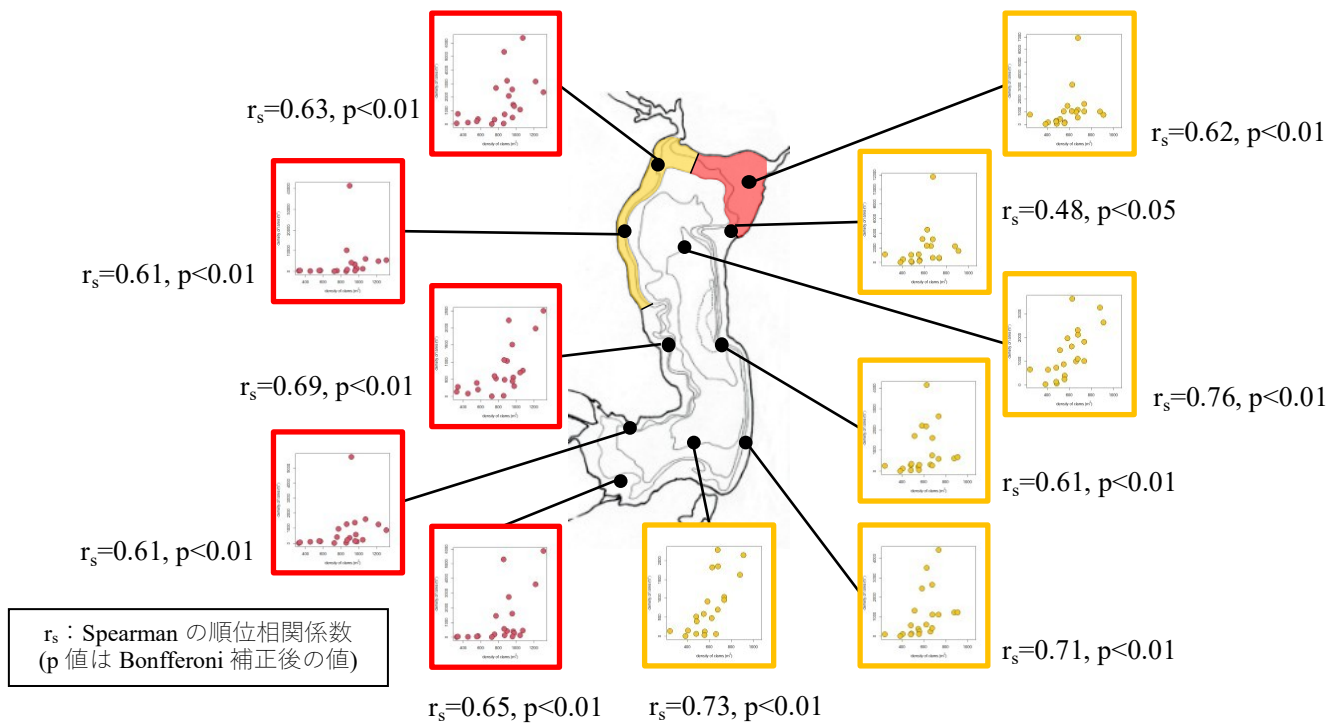


図3. 小川原湖北部の親貝密度(横軸)と湖内各地点の浮遊幼生密度(縦軸)の関係
赤プロットはイカト地区、黄プロットはセモダ地区の親貝密度との関係を示す

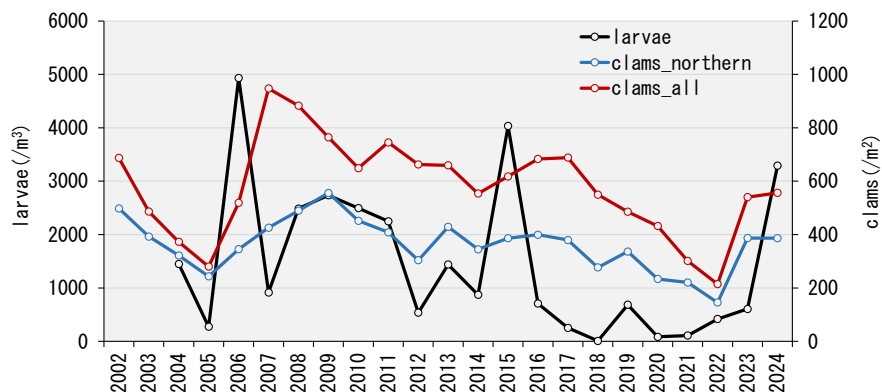


図4. 小川原湖のヤマトシジミ親貝密度(殻長 10 mm 以上)及び湖内全域の平均浮遊幼生密度の推移(2004-2024年)
赤プロットは湖内全域の、青プロットは湖北部の平均親貝密度

小川原湖の北東部には流出河川である高瀬川があり、北東部では上げ潮時に太平洋から海水が流入することで塩分が上昇しやすい。このことからヤマトシジミの産卵は特に北東部において起こりやすく、浮遊幼生は北東部から湖内全域に分散すると考えられており^{10,11)}、本結果はこの仮説を強く支持するものである。さらに、本結果からは北東部のヤマトシジミ資源量のみならず、北西部の資源量が特に湖東岸寄りの地点において加入に重要であることが示唆された。

現在、小川原湖漁協では前述の仮説に基づき、イカト地区に母貝保護区を設けるなどの自主的資源管理に努めている。一方で、近年は母貝保護区内での操業がなされないことにより、湖底が固くなる、水草が繁茂するなど漁場の荒廃が問題視されている。本調査の結果はセモダ地区においても母貝保護区の設定が有効であることを示唆するものであり、現在のイカトの母貝保護区と輪番制で禁漁措置をとるなど、適度に湖底を耕耘することで漁場の荒廃を軽減する効果が期待される。なお、セモダ地区内のどの地点に母貝保護区を設けるのが有効かについては、今後セモダ地区内をさらに細分化して解析し、検討する必要がある。

次に、相関分析の結果を踏まえ、湖北部（イカト地区+セモダ地区）の平均親貝密度及び表層塩分を説明変数、湖内の平均浮遊幼生密度を目的変数として一般化線形モデルによる回帰分析を実施した（表 1 及び図 5）。なお、確率分布はポアソン分布、リンク関数は対数リンク関数とした。

表 1. 各変数と平均浮遊幼生密度の回帰分析で推定されたパラメータ

model	(Intercept)	Density of clams	Sal	Δ AIC
1	4.524153	0.004412	0.802058	0
2	5.174599	0.005523		3310
3	5.937000		1.014	4020

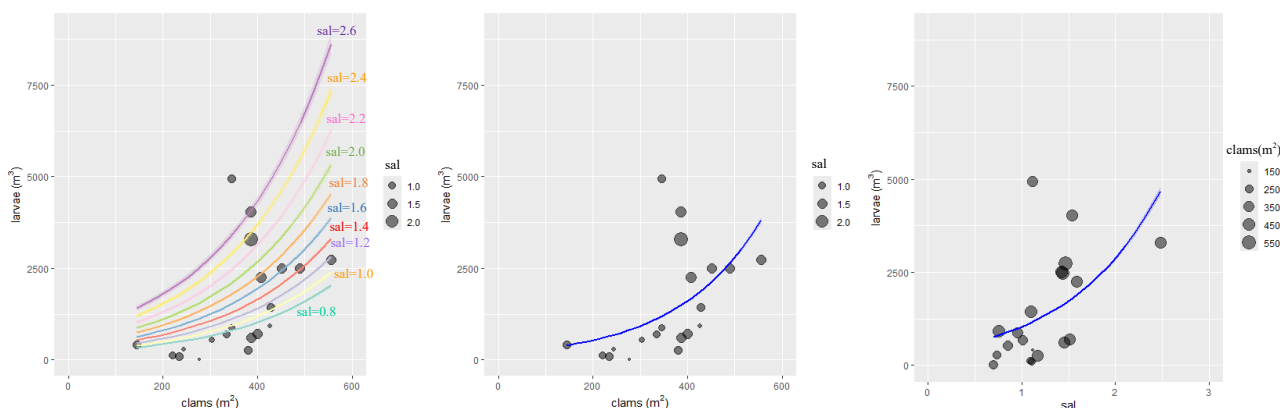


図 5. 湖北部の親貝密度及び表層塩分と平均浮遊幼生密度の関係
(左 : model 1、中央 : model 2、右 : model 3、網掛けは 95%信頼区間)

AIC を指標としたモデル選択の結果、湖北部の親貝密度及び塩分を説明変数としたモデル (model 1) がベストモデルとなり、次いで親貝密度のみを説明変数としたモデル (model 2)、塩分のみを説明変数としたモデル (model 3) の順で予測力が高いと評価された。図 6 に 2005 年から 2024 年の湖内全域の平均浮遊幼生密度の実測値、及びこれらのモデルを用いて求めた推定値を示した。最も予測力が高いと評価された model1 は、過去の実測値との当てはまりも相対的に良いと考えられたが、いずれのモデルも極端な浮遊幼生の発生は再現できていなかった。

説明変数及び目的変数の設定には検討の余地があることに加え、各モデルは現時点で密度効果や親貝の塩分耐性等のヤマトシジミの生物学的特性を仮定したものとなっていないことから、これらの最適化によりモデルの精度向上を図る必要がある。

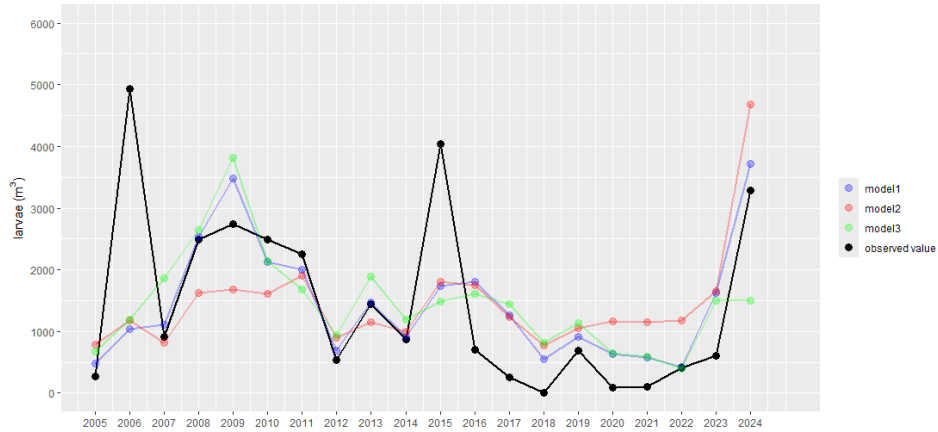


図 6. 平均浮遊幼生密度の実測値と予測値の比較 (2005–2024 年)
(黒 : 実測値、青 : model 1、赤 : model 2、緑 : model 3)

model1~3 は、現時点で浮遊幼生の発生量を正確に予察するには不十分と考えられた。一方、図 5 において観測値が図中の左下と右上の 2 群に分かれるようにプロットされる傾向が見られたことから、説明変数が閾値を超えると急激にシジミの産卵が促進されるような関係が推察された。そこで、予察の対象を産卵の成否に絞り、湖北部の平均親貝密度及び表層塩分を説明変数、湖内の浮遊幼生の多寡を「産卵成功」及び「産卵不振」の 2 値データで評価した「産卵成否」を目的変数としてロジスティック回帰分析を実施した (表 2 及び図 7)。なお、産卵成否の線引きは図 5 のプロットの位置関係を参考に 2,000 個/m³ 以上の年を産卵成功、それ未満の年を産卵不振として扱い、glm 関数の確率分布は二項分布、リンク関数はロジットリンク関数とした。

表 2. 各変数と産卵成否の回帰分析で推定されたパラメータ

model	(Intercept)	Density of clams	Sal	Δ AIC
4	-10.48200		7.69800	0
5	-13.24833	0.01561	5.10008	0.16
6	-9.20200	0.02373		3.63

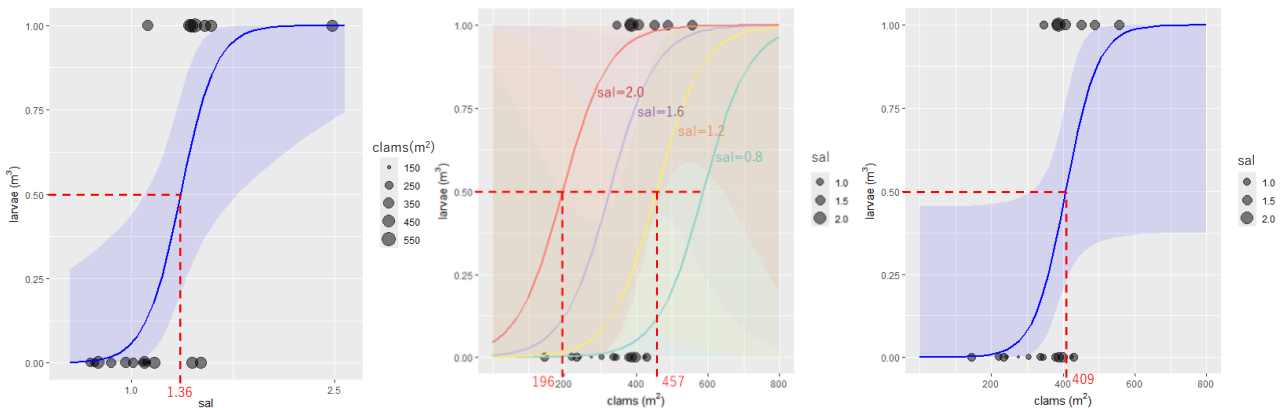


図 7. 湖北部の親貝密度及び表層塩分と産卵成否の関係
(左 : model 4、中央 : model 5、右 : model 6、網掛けは 95%信頼区間)

AIC を指標としたモデル選択の結果、塩分のみを説明変数としたモデル (mode14) がベストモデルとなり、次いで湖北部の親貝密度と塩分を説明変数としたモデル (mode15)、湖北部の親貝密度のみを説明変数としたモデル (mode16) の順で予測力が高いと評価された。

最も予測力が高い model4 からは、産卵期の湖内平均表層塩分が 1.36 を下回ると、親貝量によらず産卵不振になると予測された。次点で予測力が高く、AIC が model4 と僅差の model5 からは、産卵期の湖内平均表層塩分が、解析対象期間の平均値 (1.23、図 2) 程度の場合、湖北部の平均親貝密度が約 460 個体/m² を下回ると産卵不振に陥ると予測された。一方、湖内平均表層塩分が 2.00 以上ある場合、湖北部の平均親貝密度が過去最低に近い 200 個体/m² 程度でも安定的に産卵すると予測された。model6 からは、湖北部の平均親貝密度が約 410 個体/m² を下回ると産卵不振に陥ると予測された。

本研究では至近的な加入の指標となる浮遊幼生の発生量に着目して解析を実施し、産卵の安定に資する親貝量及び塩分の諸条件について知見を得た。一方、資源安定に必要な産卵量を把握するには、浮遊生活期以降の減耗の程度を把握することが肝要である。従って、今後は本研究で扱ったモデルの最適化により産卵量の予測精度向上を目指すとともに、着底以降の資源動態についても解析を進め、資源安定に必要な諸条件の指標化を目指す。

文 献

- 1) 地方独立行政法人青森県産業技術センター内水面研究所 (2002-2004) 小川原湖シジミ一斉調査報告書 シジミ現存量調査.
- 2) 地方独立行政法人青森県産業技術センター内水面研究所 (2005-2024) 小川原湖ヤマトシジミ現存量調査報告書.
- 3) 長崎勝康 (2016) シジミ安定生産のための資源管理手法の開発事業. 平成 28 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告, 19-23.
- 4) 地方独立行政法人青森県産業技術センター内水面研究所 (2011) ヤマトシジミ種苗生産マニュアル.
- 5) 小川原湖漁業協同組合青年部・青森県三八地方水産事務所・長崎勝康 (2023) 小川原湖のヤマトシジミラバー調査. 青森県産業技術センター内水面研究所事業報告集, 2, 1-37.
- 6) 小川原湖漁業協同組合青年部・青森県三八地方水産事務所 (2024) 2022 年度小川原湖におけるヤマトシジミ浮遊幼生調査. 青森県産業技術センター内水面研究所事業報告集, 4, 101-105.
- 7) 小川原湖漁業協同組合青年部・青森県三八地方水産事務所 (2024) 2023 年度小川原湖におけるヤマトシジミ浮遊幼生調査. 青森県産業技術センター内水面研究所事業報告集, 4, 106-110.
- 8) 小川原湖漁業協同組合青年部・青森県八戸水産事務所 (2026) 小川原湖におけるヤマトシジミ浮遊幼生調査. 2024 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告, 110-114.
- 9) 朝比奈英三 (1941) 北海道に於ける蜆の生態學的研究. 日水誌, 10, 143-152.
- 10) 石川忠晴 (2001) 小川原湖の水理環境とヤマトシジミの繁殖について. ながれ, 20, 346-353.
- 11) 高杉奨・藤原広和・沼邊武志・二木幸彦・長崎勝康 (2005) 小川原湖における水質環境およびヤマトシジミの生息状況について. 水工学論文集, 49, 1561-1566.