

ヤマトシジミの移動に関する流動実験および浅場造成と水草が流動に及ぼす影響

矢島啓（島根大学エスチュアリー研究センター）

背景・目的

宍道湖におけるヤマトシジミの生息場環境において、浅場と水草は大きな影響を与えると考えられる。また、ヤマトシジミの湖内での移動条件はよく分かっていない。そこでまず、ヤマトシジミの移動に関する条件を室内実験から明らかにするとともに、浅場造成が水環境に与える影響を明らかにし、さらに近年問題となっている水草の繁茂が水環境に与える影響を現地調査から明らかにした。

研究成果

1. ヤマトシジミの移動に関する研究

ヤマトシジミの着底後の移動に関する研究例は少ないが、ヤマトシジミと同じ二枚貝であるアサリを対象としたものは多く存在する。しかし、一般的には二枚貝を砂粒子として扱った評価であり、生体的行動は加味されていない。生体的行動の中でも、潜砂や足を出すこと以外に、二枚貝やシジミ属の生物の一部は無色の粘液を分泌し、それを帆のように利用して移動を誘発させることが分かっている。そこで、生体的行動の中でも粘液分泌に着目し、循環水路を用いた室内実験を行い、粘液を分泌しているヤマトシジミが底面を移動する際の流れによる底面せん断応力（物体を移動させる力）を算出することで、ヤマトシジミの粘液分泌が移動に与える影響について調べた。

（1）実験の概要

室内実験の概略図を図1に示す。全長10m・幅30cm・高さ30cmの水路を用いた。水路は、側面が透明なガラス張りで下流端に傾斜を変えることができる堰が設置されている。3cmの高さの木板を水路底に設置し、上・下流に約7度のスロープをつけた。また、木板上に中央粒径0.189mmの宍道湖沿岸部の砂を一面に取り付けた。流速計は、木板上3cmの位置で観測できるように固定した。粘液を分泌していないヤマトシジミは、その腹が流下方向に向くように設置した。また、粘液を分泌している個体は、粘液が流れを受けて流れに対する向きが決まるため、流れに対する面を考慮しないものとした。

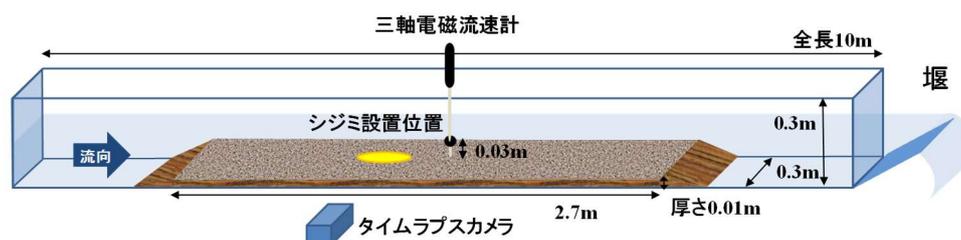


図1 実験概略図

(2) ヤマトシジミの移動評価

実験では移動開始時の流速を用いて算出された底面せん断応力を実験値 τ とし、ヤマトシジミを土粒子として扱った時の理論上の掃流移動限界値を τ_0 とした。移動評価の基準は、実験値と理論値の比 τ/τ_0 とした。なお、粘液分泌時の実験については、複数のシジミをバットに入れ振動を与え、粘液の放出が確認できた個体を実験に用いた。実験は一定流量のもと、下流の堰高を操作することで流速を変化させ、ヤマトシジミの移動を目視とカメラで確認した。

図2にヤマトシジミの移動形態のイメージを示す。粘液を出していない個体の移動形態は、底面を転がりながら移動する掃流移動となるのに対し、粘液を分泌している個体は、底面を転がることなく流下方向に向かって引きずられるという移動形態であった。図3に粘液を食紅で着色し可視化したものを示す。この粘液は、水流を受けることでその長さを伸ばし、最長で30cm以上まで伸びることを目視にて確認した。



図2 粘液分泌時の移動形態の差異



図3 食紅を用いて着色し可視化した粘液の様子

(3) 実験から得られたヤマトシジミの移動限界

水路実験と合わせて、ヤマトシジミの密度測定も行った。その結果、ヤマトシジミの密度は殻長の増加に伴い増加する傾向であった（比重 y と殻長 x (cm)の回帰式： $y=0.0061x+1.5323$)。これは、ヤマトシジミの成長に伴い殻の厚さが増し、ヤマトシジミ貝殻内の空隙が減少するためであると考えられる。

移動評価は、ヤマトシジミの平均殻長が5, 10, 15mm程度となるように、3.2~7.5mm, 7.5~12.5mm, 12.5~19mmの3つのグループに分類しデータを整理した。水路実験により得られたヤマトシジミの移動開始時の底面せん断応力を τ 、砂粒子を想定したヤマトシジミの掃流限界値を τ_0 として、それらの比 τ/τ_0 を殻長とともにプロットした結果を図4に示す。粘液未分泌個体の場合、殻長の分類ごとの τ/τ_0 の平均値は殻長5mmのグループでは1.05、殻長10mmのグループでは0.72、殻長15mmのグループでは0.81となった。殻長5mmサイズでは砂粒子に対する理論式

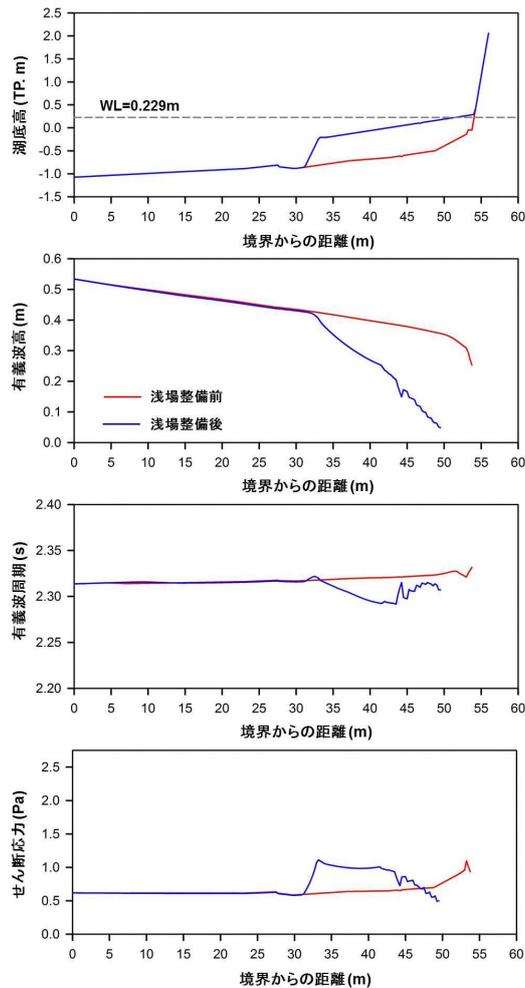


図5 浅場整備断面を考慮した有義波高・有義波周期・せん断応力の評価

(2) 宍道湖における底質の安定性

宍道湖全体を対象に行った長期の波浪推算計算結果から、底質の安定性についての評価を行った。計算条件は、浅場整備の前後および整備後で植生があることを考慮した3ケースである。ここで評価に用いる沿岸方向のエネルギーフラックスとは、波浪推算で得られた波浪をもとに、湖岸線上を波が左右のどちらの方向に向かうエネルギーが卓越するかをあらわしたものである。このエネルギーフラックスは底質の安定性だけでなく、植生との関係も指摘されていることから湖沼環境を把握する重要な指標といえる。計算結果は、+の値であれば沖に向かって左から右へ、-の値であれば右から左への方向に評価し、それぞれの向きに漂砂が卓越しているものと考えられる。

2012年を対象にして得られたエネルギーフラックスを図6に示す。松江北および松江南地区では大橋川方向へのエネルギーフラックスが大きく、底質も安定しないことがわかる。次に玉湯地区も大橋川方向へのエネルギーフラックスが大きい。それ以外の地区のエネルギーフラックスは小さく、浅場整備に適している地区であることが分かる。

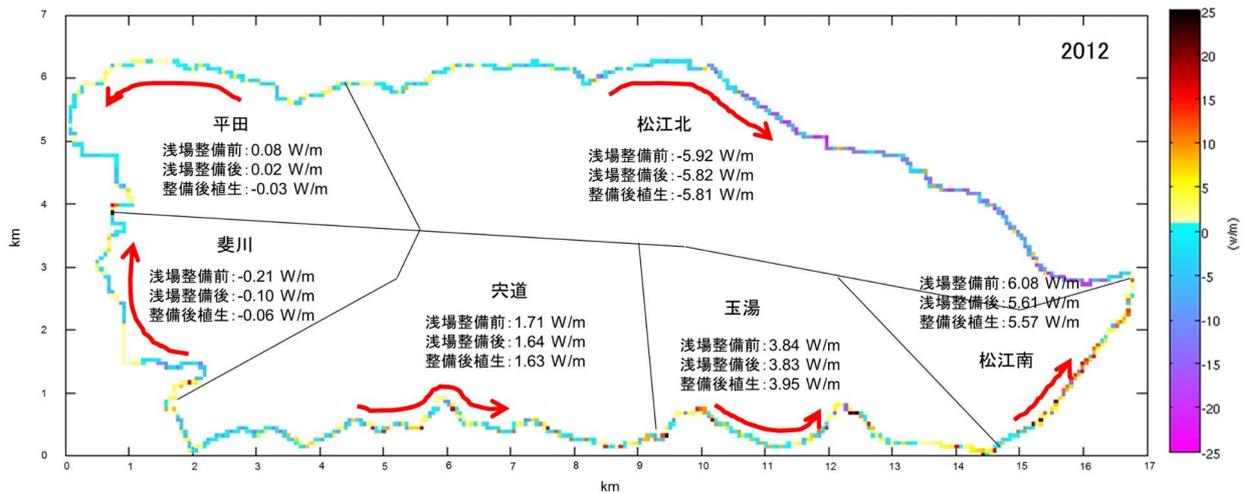


図6 宍道湖沿岸における沿岸方向の年平均エネルギーフラックス

(3) 浅場整備と植生が湖水の濁度に与える影響

宍道湖における浅場整備と植生が湖水の濁度に与える影響の評価を行った。計算は、波浪推算モデル SWAN に底質移動の流動モデル ELCOM-CAEDYM を組み合わせて行った。設定条件として、初期の底質については、浅場整備直後はシルト分以下の細かい粒径の土砂はないものと考えられる。したがって、浅場整備の前後、植生の有無と初期の底質堆積の有無を考慮した表1に示す4ケースをもとに、2012年の1年間の計算を行った。

表1 濁度の長期シミュレーションにおける設定ケース

ケース	湖岸条件	植生	初期の底質堆積
Case1-1	浅場整備後	あり	なし
Case1-2	〃	あり	浅場整備地区：なし 浅場未整備地区：あり
Case2	〃	なし	あり
Case3	浅場整備前	あり	あり

湖内全体を評価対象として、1時間ごとに出力した濁質の量を示すSS（浮遊物質量）値を用いて、最大地点SS（水平間隔60mの計算メッシュの最大値）、最大湖内平均SS、年平均湖内SS、湖内平均SSが25mg/L以上となる時間（1時間ごとにカウントした回数を日単位としたもの）の4つの項目で評価し、表2に整理した。

この結果から、最大地点SS、最大湖内平均SS、年内平均SS \geq 25mg/Lはいずれのケースにおいても大きな違いはなく、浅場整備直後を想定したケース(Case1-2)の濁度が低く、浅場にシルト分以下の細かな粒径が堆積すると(Case1-1)、浅場整備前(Case3)より濁度が上昇していることが分かる。これはさきに示したとおり、浅場を整備すると湖底におけるせん断応力が整備前より増加する区間が生じることによる。また、浅場整備後に植生のあるCase1-1は、整備後に植生のないCase2より若干濁度は低下しているもののその効果は小さい。ただし、湖内平均SS \geq 25mg/Lの

日数については、浅場整備直後を想定した Case1-2 の日数が他のケースとして比較して小さく、浅場整備地区における底質の管理を行えば、濁度の低減効果が得られることを示唆している。

表 2 湖内全体における濁度の評価

	Case1-1	Case1-2	Case2	Case3
最大地点 SS (mg/L)	192.6	189.6	194.4	191.7
最大湖内平均 SS (mg/L)	39.2	36.8	39.4	38.4
年平均湖内 SS (mg/L)	11.0	9.6	11.1	10.4
湖内平均 SS \geq 25mg/L (day)	12.1	9.9	12.1	11.4

3. 水草の繁茂が水環境に与える影響

近年宍道湖で問題となっているシオグサやオオサエビモといった水草の繁茂が、ヤマトシジミの生育環境場の水質に与える影響を調べた。

(1) 調査の概要

調査地点は、松江市玉湯町湯町（図 7）に、水生植物繁茂地区 St.1（水深約 1.5m）と未繁茂地区 St.2（水深 1.7m）の 2 地点を設定した。調査は、流況、波浪、濁度、DO（溶存酸素）、水温および塩分の観測を 2017 年 7 月 1 日から 9 月 15 日にかけて行った。



図 7 湯町東港西側沖 調査地点

(2) 水草の有無による流況と水質への影響

一般的な傾向として、水温の日周変動による日中の水温上昇および低下に伴い DO も同様な変化傾向を示していた。水草繁茂地区 St.1 の DO は対象区 St.2 より高いことが多く、両地点の DO が高くなる時間帯は過飽和状態が多くみられ、植物プランクトンや水草による光合成の影響があ

ると考えられた。強風時にはどちらの地点でも貧酸素状態は生じていなかった。濁度については、St.2での濁度データが取得できなかったが、St.1では15cm程度の波高が生じて、濁度の大きな上昇はみられず、水草が底質の巻き上げを抑制している可能性があった。以下に、水質の悪化が懸念される弱風時の流況と水質について述べる。

8月8日～8月21日の風が弱かった時の状況を図8及び図9に示す。図8(上)に示すように概ね5 m/s以下の弱い風が継続するときには、図8(中)に示すように、St.1の波高は約7cm以下、St.2の波高は約10cm以下であった。また、図8(下)に示すように、St.1、St.2の湖底上50cmの流速はともに約1cm/sでほぼ一定であった。このとき、図9(下)に示すようにSt.1とSt.2ともに湖底上2cmのDOは低下した。ただし、St.2よりSt.1の方が低下傾向が大きく、貧酸素状態が6日以上継続(8月16日～8月21日)した。また、図9(上)に示すSt.1において、日射量がほぼ600w/m²以下と弱く、湖底上2cmと50cmの水温差が1℃以下のときには、3 m/s以上の風速で1 mg/L程度までDOは上昇するが(8月9日～8月13日)、最大日射量が800w/m²以上と大きく、それ以上の水温差があるときには、ほぼDOが0 mg/Lの状態が継続した(8月16日～8月21日)。図9(下)に示す湖底上2cmの水温に着目すると、St.1はSt.2よりも水温が低く、水草による日射の遮蔽効果がみられた。

まとめと提言

本研究では、これまであまり知られていなかったヤマトシジミの粘液分泌時の移動に関する条件を室内実験で明らかにするとともに、浅場造成が波浪場や底質の安定性などの水環境に与える影響を明らかにした。さらに、近年問題となっている水草の繁茂が、ヤマトシジミの生息場である湖底付近の水質に与える影響を明らかにした。

実際の宍道湖におけるヤマトシジミの移動状況は明らかでないものの、室内実験の結果から、粘液分泌などの生体行動を考慮してヤマトシジミの移動を捉えることが重要である。本研究では、湖内の底質の安定性は示されたが、今後は、砂粒子の安定性だけでなく、ヤマトシジミの生体行動を考慮し、湖内の連続性を考えた浅場造成を行うことにより、ヤマトシジミにより好適な生息場を創出できる可能性がある。さらに、水生植物の繁茂は水深の浅い場所でも長期的に貧酸素化を招く可能性があるため、今後は、水生植物の適正管理(効率の良い部分伐採等)についても検討する必要がある。

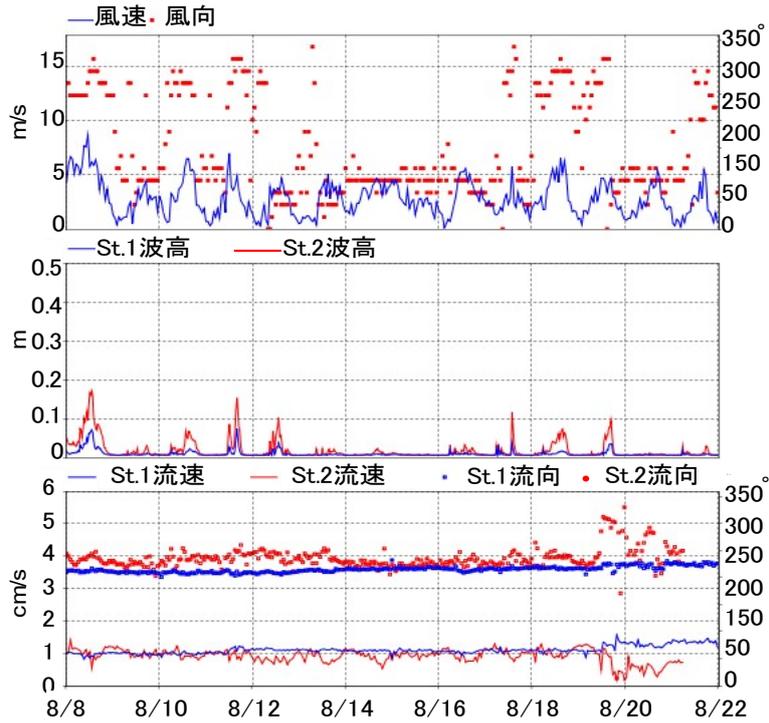


図8 弱風時の風況・波高・流況（8月8日～8月21日）
 (St.1：繁茂地区, St.2：未繁茂地区)

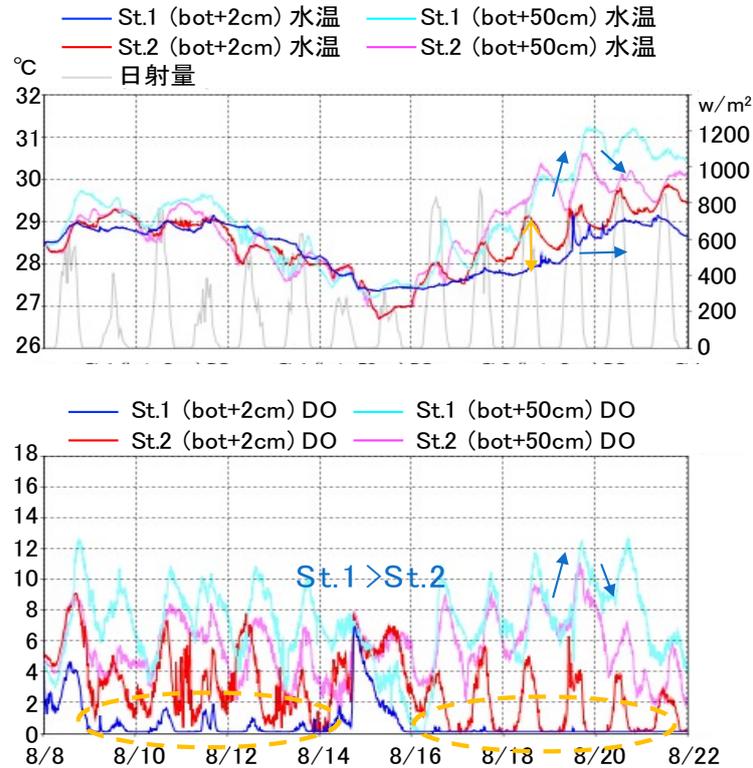


図9 弱風時の水質（8月8日～8月21日）（St.1：繁茂地区, St.2：未繁茂地区）

【研究担当者・連絡先】 矢島 啓・e-mail：yajima@soc.shimane-u.ac.jp