

資料

宍道湖におけるヤマトシジミの初期生活史 — H24年度の調査結果 —

勢村 均¹・曾田一志¹・石田健次¹・開内 洋¹・浜口昌巳²

Study on the early life history of *Corbicula japonica* in Lake Shinji

Hitoshi SEMURA, Kazushi SOTA, Kenji ISHIDA, Hiroshi HIRAKIUCHI
and Masami HAMAGUCHI

キーワード：ヤマトシジミ，初期生活史，浮遊幼生，初期稚貝

はじめに

宍道湖のヤマトシジミ（以下シジミと略）は，最盛期には1万tを超える漁獲があったが，平成22年以降本種の資源量は減少傾向が続き，平成24年の漁獲量は約1,700tまで減少した。

これに対して島根県は平成24年に「将来の農林水産業を支える技術開発プロジェクト」の一つとして「宍道湖・中海再生プロジェクト」を立ち上げ，宍道湖については宍道湖保全再生協議会を組織し，シジミ減少原因の究明と対策の検討を行うこととした。

水産技術センター内水面科では，平成24年度から協議会の調査活動を分担し，シジミの初期生活史に関する調査を行っている。宍道湖のシジミについては，従来から漁場での資源量調査，および生息密度や肥満度の推移を観察する定期調査を行っているが，浮遊幼生から着底初期の稚貝の動態については断片的な知見しかなかった¹⁾²⁾。そこで，平成24年度から宍道湖内でのシジミの初期生活史を解明するため，浮遊幼生から初期稚貝を対象として分布の推移を観察した。また，従来調査が行われていなかった，渚から水深1m程度までの区域で，シジミの生息密度や殻長組成の推移を観察した。さらに近年，冬季の水温上昇でシジミが冬眠せず，低濃度の餌料下で摂餌を続けることで衰弱する可能性があるとの指摘が一部の研究者からあったため，低水温下での摂餌実験を行った。本稿ではこれらの調査実験結果

を報告する。

材料および方法

産卵時期の推定 宍道湖の水温・塩分のデータは，国土交通省出雲河川事務所が湖心に設置している観測装置の中層の記録，および水産技術センター内水面科が平日に毎日観測している水深約2mからの汲み上げ湖水の記録を用いた。

シジミの肥満度の推移は，水産技術センターが毎月1回行っているシジミ定期調査で得られたデータを用いた。

シジミ浮遊幼生の水平分布 6月下旬から9月下旬にかけて，図1の黒丸で示す24地点を宍道湖漁業協同組合青年部，また灰色丸で示す10地点を水産技術センターが，シジミ浮遊幼生の採集を行った。採集方法は，黒丸地点はプランクトンネット（口径25cm，目合い75 μ m）の湖底から表面までの5m斜行曳，灰色丸地点は湖底からの鉛直曳で行った。

試料は保冷して庁舎に持ち帰った後，ただちに二枚貝幼生を分別し，1/2を固定，残りを冷凍した。シジミ幼生は外部形態により判別したが，大橋川の試料などで，他種幼生と判別がつきにくい時には，冷凍試料を解凍してモノクローナル抗体法によりシジミ幼生の確認を行った。

シジミ浮遊幼生およびホトトギス浮遊幼生の鉛直分布 鉛直分布調査は，2012年7月4，5，6日

¹内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

²(独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所 National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea

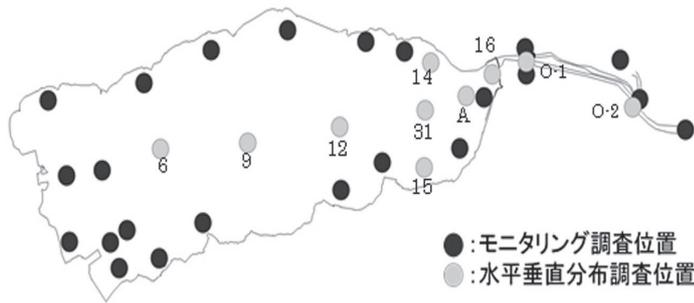


図1. シジミ・ホトトギス浮遊幼生調査点

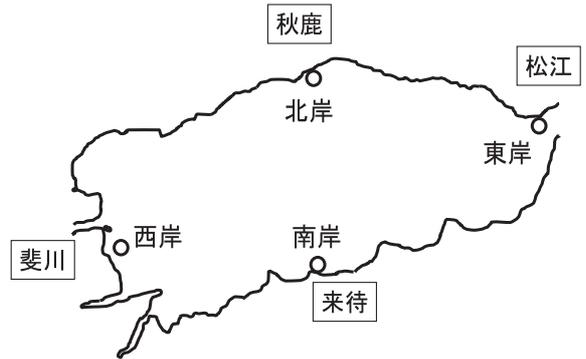


図2. 初期稚貝調査点

は図1に示す宍道湖東部から西部にかけて横断する St. 6, 9, 12, 31, 16 の5地点で行った。ただし、St. 31は5, 6日のみ調査した。また、7月25日, 8月21日, 9月25日は図1に示す大橋川から宍道湖東部を中心とした St. 14, 15, 16, 31, A, O-1, O-2 の7地点で行った。ただし、9月25日は St. 13, 14, A での調査は行わなかった。

幼生の試料は調査船「ごず」を使用し、表層（深度0.5m）から水深1mごとに湖底の0.5～1m上まで、水中ポンプ（ツルミ 40TM2.25S）を垂下して各層約240Lの湖水を採水し、目合い50 μ mのネットでろ過して得た。また、同時に多項目水質計（HYDROLAB MS5）で表層から湖底まで水温、塩分、溶存酸素の測定を行った。

試料は保冷して庁舎に持ち帰った後、ただちに二枚貝幼生を分別し、固定用と冷凍用に適宜分割した。シジミ幼生は外部形態により判別して計数したが、大橋川などで、他種幼生と判別がつきにくい時には、冷凍試料を解凍してモノクローナル抗体法によりシジミ幼生の確認を行った。また、1試料につき約30個体の幼生の殻長を測定した。

さらに、7月25日以降の凍結試料を用いて RT-PCR（バイオラッド, CFX-96）によりシジミ幼生とホトトギス幼生の遺伝子コピー数を測定した。

シジミ初期稚貝の生息密度の変化 4月～7月までは図2に示す宍道湖東・西岸の2地区において、8月以降は東・西・南・北岸の4地区で、それぞれ距岸2～5m, 距岸30～50m, およびその沖合の水深2m, 3mの4地点で月1回、直径3または5cm, 高さ1cmの塩ビ管に125 μ mのメッシュを張った採集器を用い各地点で2～3回採泥を行った。採泥は、SM式採泥器で採取した底質の表面から行ったが、8月～11月の距岸2～5m, 距岸30～50mでは素潜りで湖底の表面から直接採泥した。採集した砂泥は、保冷して庁舎に持ち帰った後、目合い125 μ mの篩で篩い、残った試料をホルマリン濃度が

5～10%となるよう中性ホルマリンで固定し、冷蔵した。稚貝の選別は、ローズベンガルで染色して実体顕微鏡下で行った。また、殻長は生物顕微鏡を用いて接眼マイクロメーターで測定した。

低水温時のシジミ摂餌状況の観察 シジミを、細砂を敷いて宍道湖ろ過水を入れ、通気した5L水槽に20個体収容し所定の水温に馴致した後、市販の生クロレラまたは培養した *Nannochloropsis* sp. を約100万細胞/mlの濃度で添加した。その後一晩飼育し、翌日シジミを宍道湖ろ過水を満たしたシャーレに個別に取り出して室温（20℃前後）で3～29時間排糞させ、生クロレラまたは *Nannochloropsis* の細胞で充満した未消化糞³⁾を排出した個体を摂餌した個体とみなし、その割合を調べた。

実験は、できるだけ供試したシジミが生息している水温、塩分で行うようにしたが、水温1.6℃区は自然水温が得られなかったため冷蔵庫内で、水温4.2℃区はウォーターバス方式では水温の維持に不安があったため恒温器内で行った。その他の水温区は湖水のかけ流しによるウォーターバス方式で行った。なお、上述の理由から、塩分調整は行わなかった。

結果

産卵時期の推定 図3に湖心の国土交通省観測ステーションの中層および西部にある水産技術センター内水面庁舎取水の水温・塩分の推移を示す。6月1日～9月30日までの期間中、水温は21～31℃で推移し、湖心部と西部でほとんど差がなく、7月初めには25℃を超えた。塩分は湖心部では3～6PSUで推移し、6月下旬～7月上旬にかけて一時3.5PSUから4PSUへ上昇し、7月下旬にかけて再び3PSU程度に低下した後6PSU程度まで緩やか

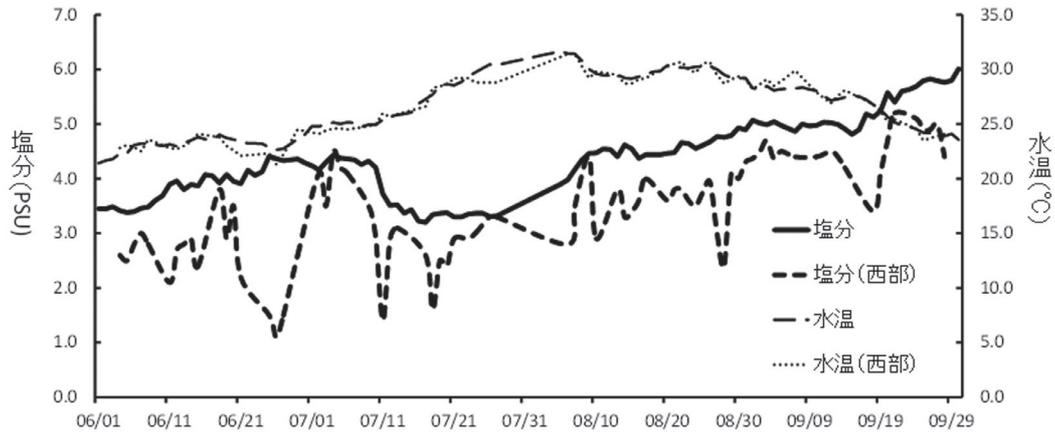


図3. 宍道湖中層（水深3.1m）と西部（水深2m）における塩分と水温の変動

に上昇した。西部の塩分濃度は湖心部より低く、1～5.5PSUの範囲で短期的な変動を繰り返した。特に6月下旬～7月上旬にかけては一時的に1PSUまで低下した後約4PSUまで急激に上昇した。また7月中旬以降は塩分低下と上昇を繰り返しながら約5.5PSUまで上昇した。

図4に母貝の肥満度を示す。4月には南岸を除いた地点で0.02以上であり、大橋川1が最も高かった。その後肥満度は上昇を始め、東岸、南岸、北岸、大橋川1では5月に最高値となった後6月にかけて低下し、9月～10月に最低となった。ピーク時の肥満度が最も高かった地点は大橋川1であり、東岸、北岸、南岸の順に低くなった。しかし、西岸では肥満度の上昇がほかの地点より1か月遅れ、6月に最高値を示した後10月まで低下した。

産卵期が肥満度の推移で表されるとすると、東岸、南岸、北岸、大橋川では産卵は5月から6月にかけて開始され、9月まで続いたと推測される。また、西岸はそれより1か月遅く始まったと考えられる。この一因として、図3に示したように湖心部は6月の塩分濃度が幼生の発生至適範囲である2PSU以上¹⁾であったが西岸は塩分濃度が湖心より低く変動が激しかったため、産卵開始が遅れたのではないかと考えられた。

シジミ浮遊幼生の出現時期と水平分布 平成22年～24年の調査で得られた幼生密度を旬ごとに平均した値を図5に示した。平成24年には7月上旬～8月中旬にかけて、3回の幼生の高密度出現が観察された。平成24年の幼生の出現ピークは22年、23年より早い時期に現れたが、ピーク時の出現密度は最も低かった。

図3に示した湖心中層の水温・塩分の推移から、湖心部では産卵期以前にすでに産卵から着底の適塩

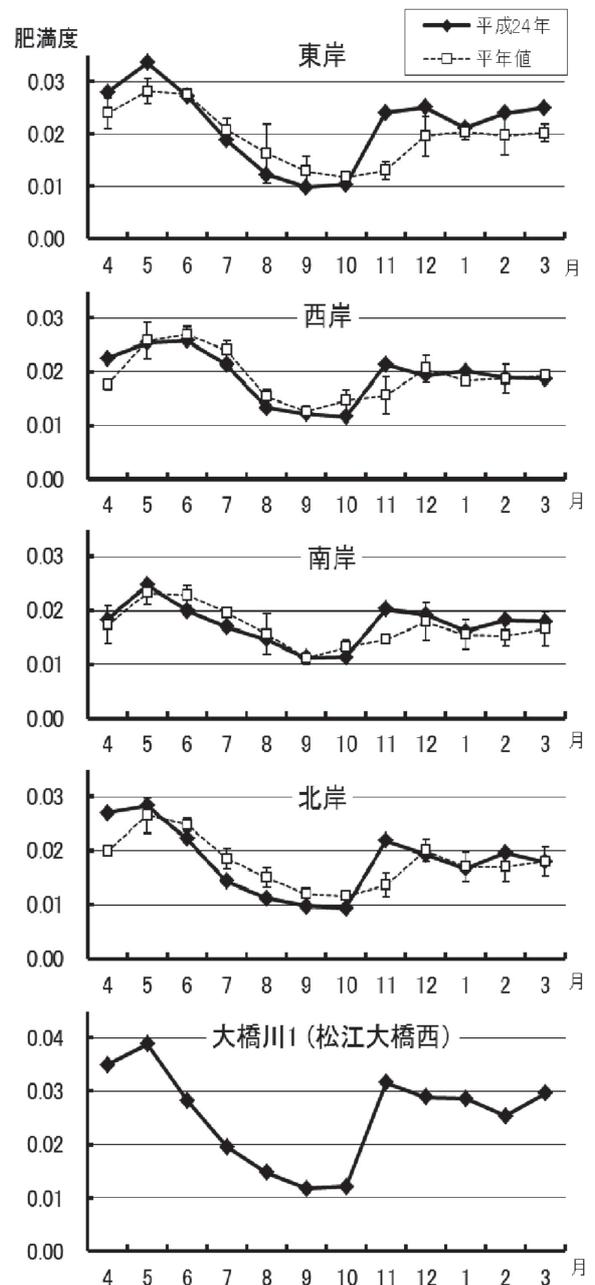


図4. シジミ肥満度の推移

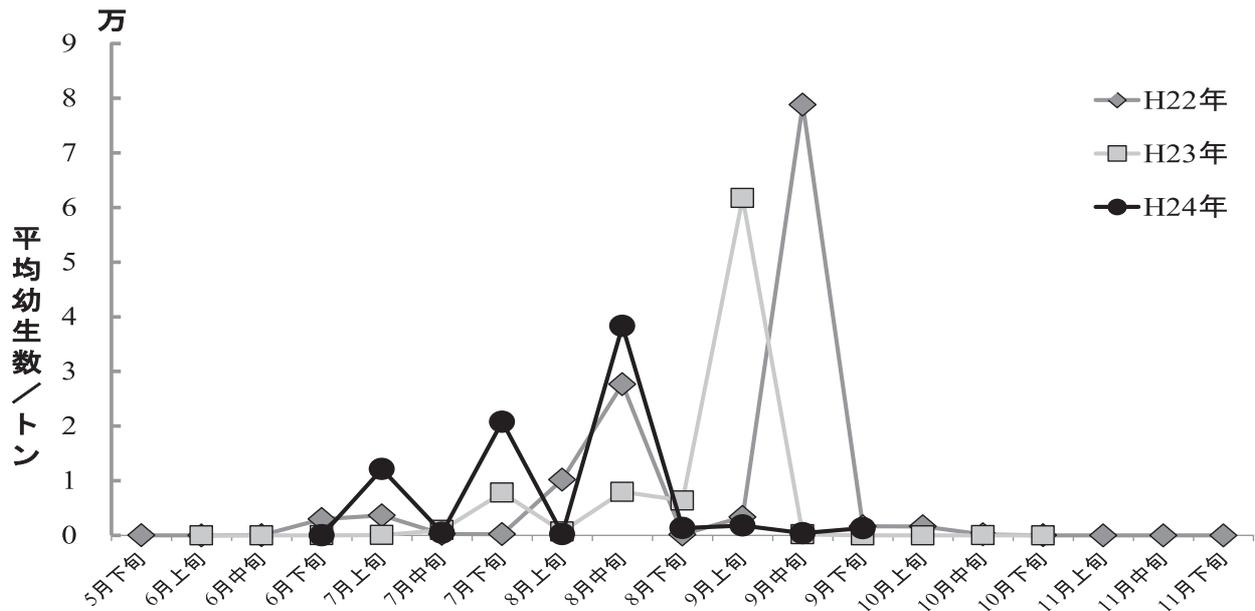


図5. シジミ浮遊幼生の出現時期 (モニタリングおよび水技センター水平分布調査の平均)

分濃度とされる塩分 2PSU¹⁾ を上回っていた。また、付表 1 に示すように、最初に幼生の出現を確認した時期は、大橋川で 6 月 27 日、東部で 7 月 2 日であるが、この時期は図 3 に示したように水温が 25℃ 以上となった時期とほぼ一致していることから、平成 24 年の産卵の契機は水温の上昇であると考えられた。

図 6 に 7 月 4 日、7 月 23～25 日、8 月 21～22 日、9 月 25～26 日の幼生の水平分布を示す。シジミ幼生は 7 月上・下旬には東部を中心に高密度に出現したが、8 月下旬には中・西部に広く出現し、9 月には西南部での出現が多かった。一方、東部・大

橋川の母貝肥満度の推移からは産卵は 5 月中旬から 6 月中旬にかけて開始されたと推定されたが、幼生の出現が確認された時期は 6 月末であり、母貝の肥満度が減少を開始した時期と一致しなかった。平成 24 年の調査は 6 月末から開始したため、最初の産卵を見逃した可能性がある。

シジミ浮遊幼生およびホトトギス浮遊幼生の鉛直分布

(1) シジミ浮遊幼生 図 7 に 7 月 4, 5, 6 日にかけての幼生の鉛直分布の推移を示す。この期間中、塩分はごく底層を除いた全層で 5PSU 以下とほぼ均一な状態であった。幼生は 4 日には東部の St. 16

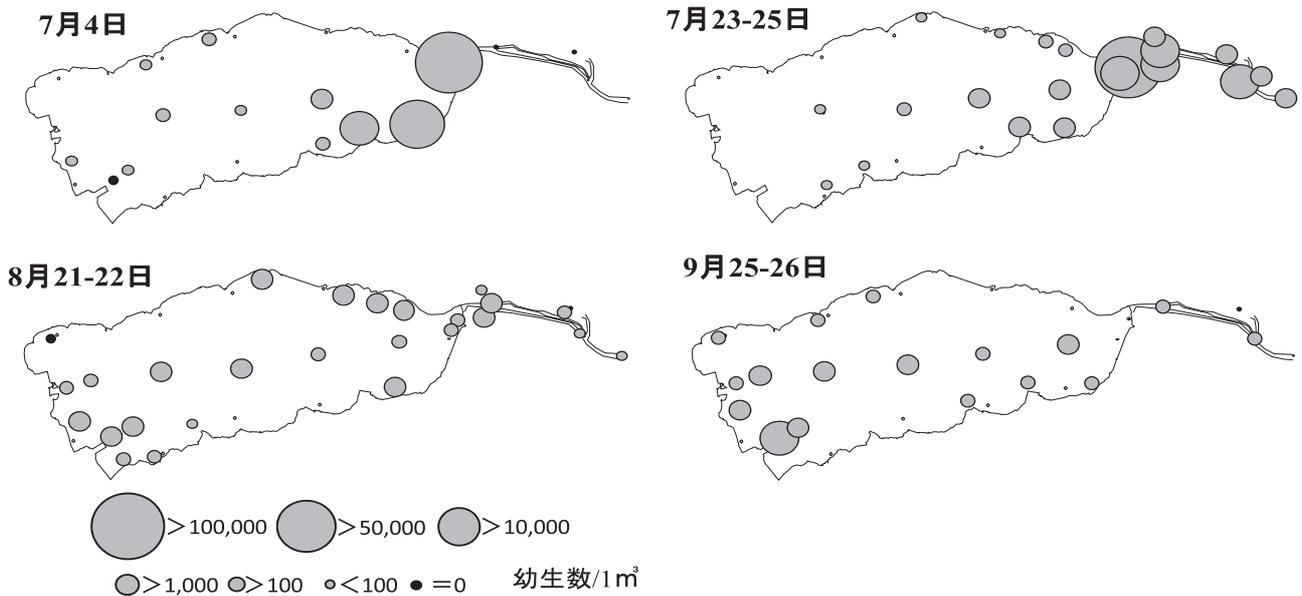


図6. シジミ浮遊幼生水平分布

に蟄集し、深度0～2mでの分布密度は10万個体/m³以上であった。また、最も西部のSt. 6では100個体/m³以下の密度であり、底層には出現しなかった。5日にはSt. 16の深度1, 2mの幼生の分布密度が低下したが、追加調査したSt. 31での分布密度は低く、4日とほぼ同様に、St. 16に蟄集していた。しかし、6日にはSt. 16での幼生の分布密度は1万個体/m³以下に大幅に減少し、St. 12の下層と、これまでほとんど出現しなかった西部のSt. 6で幼生の分布密度が増加した。この3日間の調査では、幼生の分布密度と塩分濃度との間には明瞭な関係が見られなかった。

また、採集層別の幼生の平均殻長は、4日には東部のSt. 16の全層とその西側のSt. 12の0m層に出現した幼生群は平均殻長145μm以下（赤色表示）であり、産卵された時期がほぼ同一の群と考えられた。5日にはSt. 16の全層およびSt. 31の2mと最下層を除く層に分布した群の平均殻長は145μm以下であり、やはり産卵時期がほぼ同一の幼生群と考えられた。6日にはSt. 16の全層、St. 31、St. 12の

下層、および最も西方のSt. 6の1mと最下層を除く層に分布した幼生群の平均殻長が155μmであり、産卵時期がほぼ同一の群であると考えられた。

以上の由来が同一とみなされる群の分布動態から、4日に東部に出現した幼生は、主に下層を輸送されて6日には西部の地点に出現したと推定された。また、図6に示すように7月4日の幼生水平分布量は東部と南部に多かったこと、および今回の調査では湖中央部のSt. 9には幼生がほとんど出現しなかったことから、南岸寄りの下層を西部に輸送されたのではないかと推定された。

図8に7月25日、8月21日、9月25日に調査したシジミ幼生の鉛直分布を示す。7月25日には、塩分濃度5PSU以上の水塊が大橋川との接続部に位置するSt. 16の表層から宍道湖側に位置するSt. Aの底層にかけて、また10PSU以上の水塊は中海に近いSt. 0-2の表層から宍道湖内のSt. Aの底層にかけて侵入していた。また、St. 0-2の深度1m以深は15PSU以上となっていた。幼生は大橋川との接続部に位置するSt. 16とその近傍に形成された

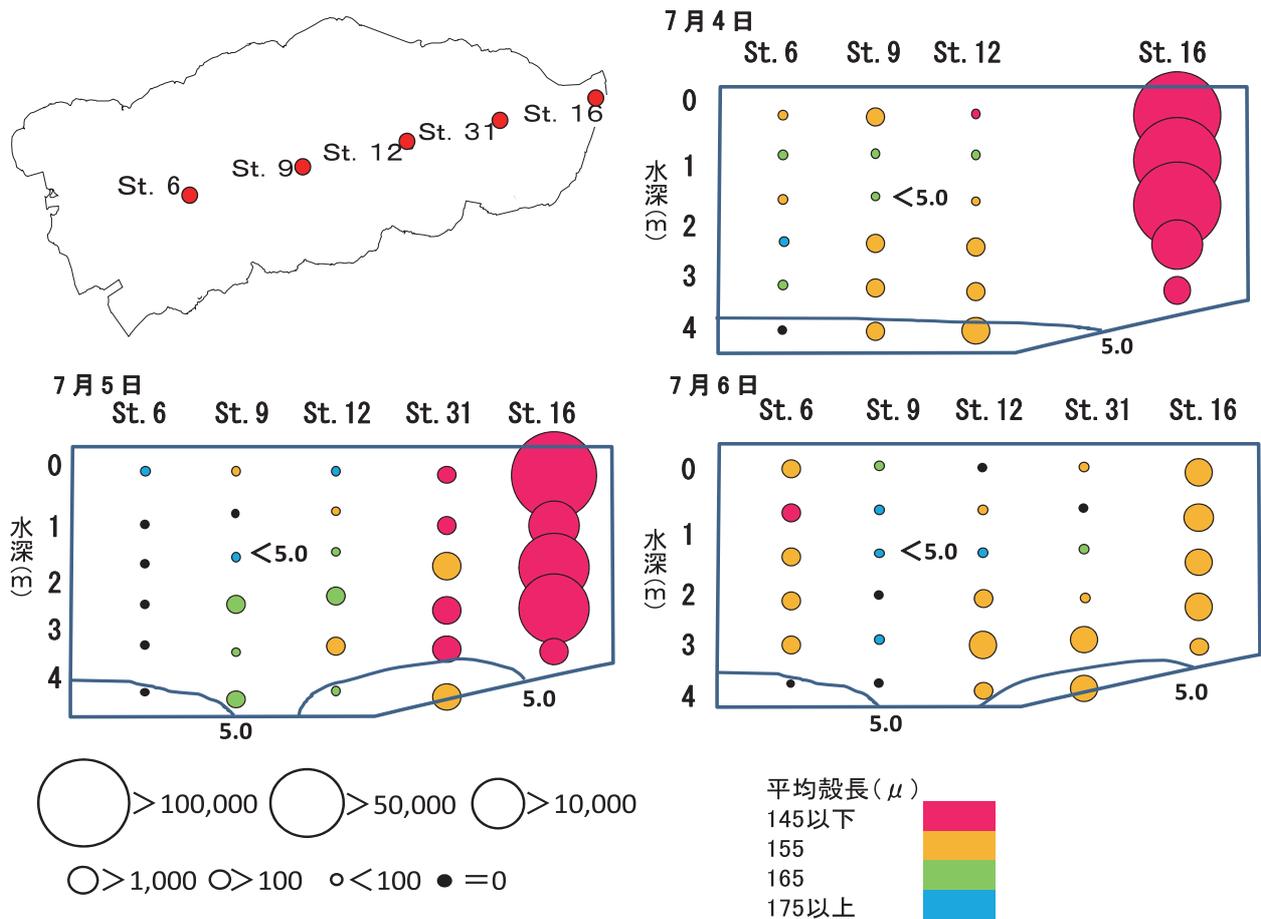


図7. シジミ浮遊幼生の垂直分布の推移 (7月4～6日)
色表示は平均殻長、青実線は等塩分線で図中数字は塩分濃度 (PSU)

潮目に設定した St. A に集中して出現した。また、くにびき大橋付近の St. 0-1 の中層にも多かった。

8月21日には、塩分濃度 5PSU 以上の水塊が大橋川内の St. 0-1 表層から宍道湖内の St. A の底層に侵入していた。また、St. 0-2 は塩分濃度 10PSU 以上であった。幼生は大橋川内の St. 0-1, 0-2 と宍道湖への接続部に位置する St. 16 では少なかったが、St. 31 と南部の St. 15 で出現が多い傾向があった。

9月25日には塩分濃度は中海に近い St. 0-2 底層と St. 31 湖底直上層を除いて 5.5 ~ 6.1PSU の範囲にあり、ほぼ様な水塊であった。幼生は St. 31 で多く出現し、その他の定点では少なかった。

以上のことから、幼生の分布と塩分濃度との間に明瞭な関係は見られなかった。

採集層別の平均殻長は、7月25日には中海に近い St. 0-2 の深度 0, 1, 3m, St. 0-1 の深度 2m 以深, St. 16 の深度 1m 以深, St. A の最下層の深度 4m, St. 31 の深度 2m 以深, St. 14 の最下層の深度 4m で採集された幼生群は 145 μ m 以下であり、St. 0-2 を除いてすべて中～下層に分布していた。また、それより上層は平均殻長の大きい幼生群であった。8月21日にも平均殻長の小さい幼生群は中海に近い St. 0-2 では中層に分布したが、St. 0-1 から St. A では7月25日と同様に中～下層に分布した。

この幼生のサイズによる鉛直分布様式の相違は、網走湖でも報告されており⁴⁾、小型群が下層に集中する理由は発生に適した塩分濃度を確保するためであり、上層に大型群が集中する理由は貧酸素を避けると同時に表層の流れによって生息に適した沿岸域に接岸する機会を多くするためとする仮説が提示されている。

(2) ホトトギス浮遊幼生 図9に7月25日、8月21日、9月25日のホトトギス幼生の鉛直分布を示す。

密度を表す円表示の単位は、遺伝子のコピー数である。

ホトトギス幼生は、大橋川から宍道湖東部の全点に分布したが、中海に近い St. 0-2 に最も多く分布した。また、塩分濃度 5PSU 以上の水塊に多く分布し、塩分濃度が高いほど分布量が多くなる傾向があった。

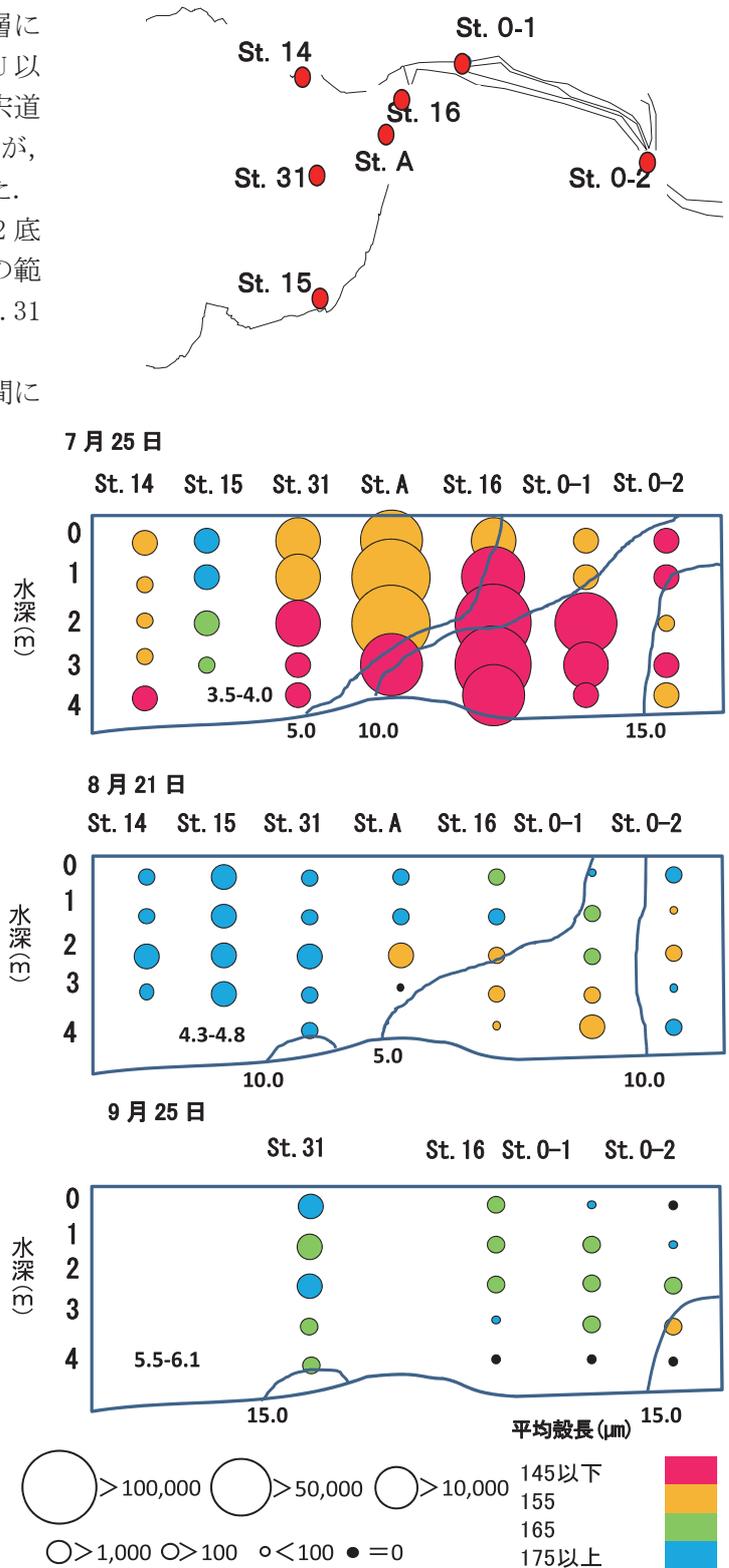


図8. シジミ浮遊幼生の垂直分布 (7月25日, 8月21日, 9月25日) 色表示は平均殻長, 青実線は等塩分線 図中数字は塩分濃度またはその範囲

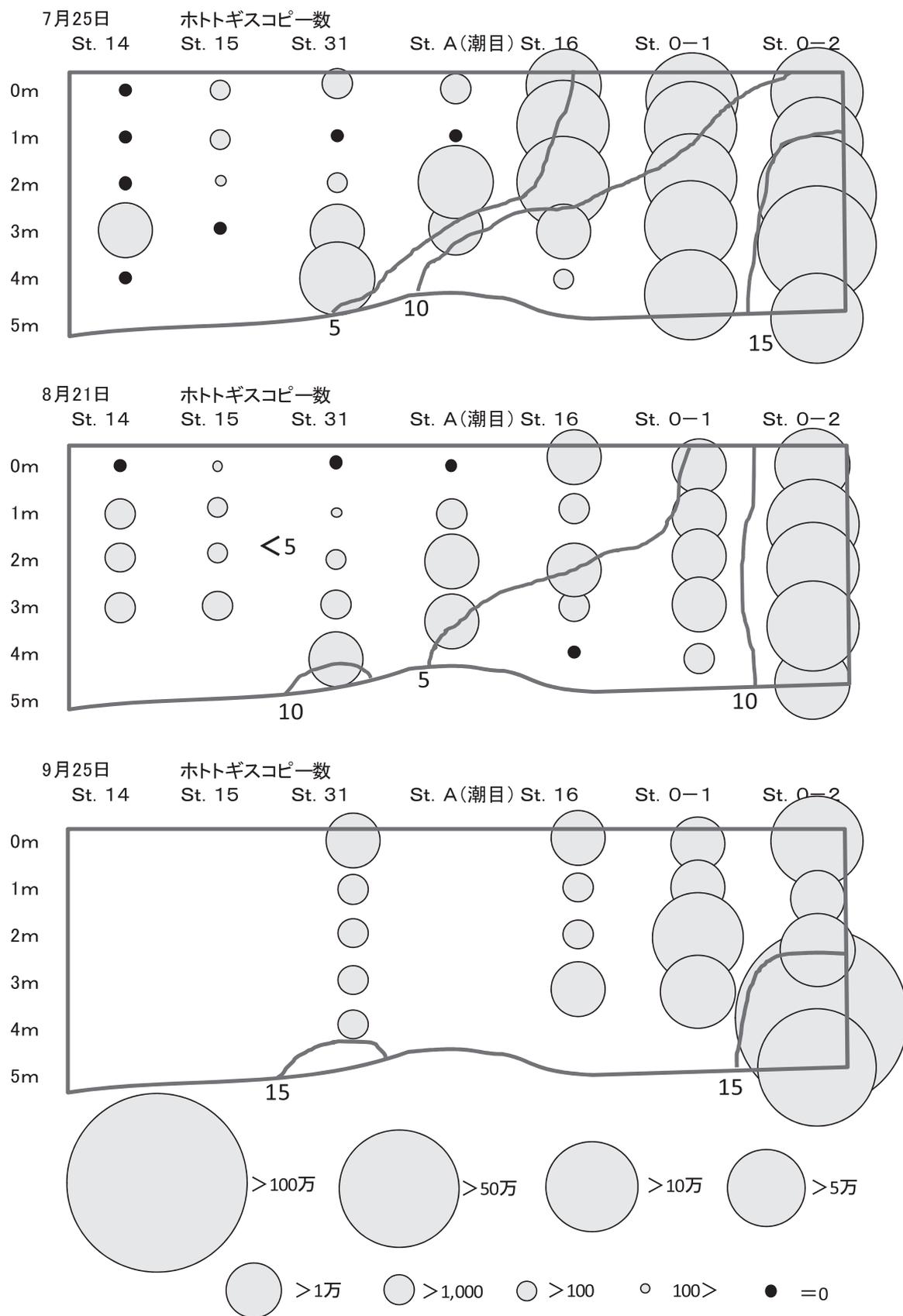


図9. ホトトギス浮遊幼生の垂直分布 (遺伝子コピー数)
 図中実線は等塩分線, 図中数字は塩分濃度

シジミ初期稚貝の生息密度の変化

(1) 採集場所の性状 東岸の定点は市役所付近の石積み岸壁で、距岸2～5m、30～50mとも水深1m前後であり、底質は細砂であったが、距岸2～5mでは時により泥が少量混入する場合があった。漁場では水深2mの底質は細砂であったが、3mでは泥混じりの細砂となった。

西岸の定点は斐伊川右岸の漁港出口で砂浜であり、距岸2～5mでは水深0.5m前後、距岸30～50mでは水深1～1.5mであった。底質は岸に平行に斐伊川由来の粗砂と泥が交互に筋状に分布しており、風向きや強さにより性状が変わった。また、時によりヨシ由来と思われるデトリタスにより被覆される場合があった。採集はできるだけ粗砂の部分で行った。また、漁場の水深2mの底質は砂混じり泥、

3mは泥であり、デトリタスと環形動物の糞粒が多量に含まれていた。

南岸の定点は小石の浜であり、距岸5m程度までは玉石が露出していた。距岸5mでは水深1m前後、距岸30mでは水深1～1.5m程度であり、底質は細砂で所々玉石が露出していた。また、距岸30m付近には沈水植物が点在した。漁場の水深2m、3mの底質は細砂であった。

北岸の定点は製材所付近で岸壁は杭により土止めがしてあり、距岸2～5mでは水深0.5m前後、距岸30～50mでは水深1～1.5mであった。底質は漁場の水深2m、3mの地点も含めて黒色粒の多い細砂であった。

(2) 殻長1mm以下の初期稚貝の動態 図10に殻長600μm未満の初期稚貝の水域・水深別の分布

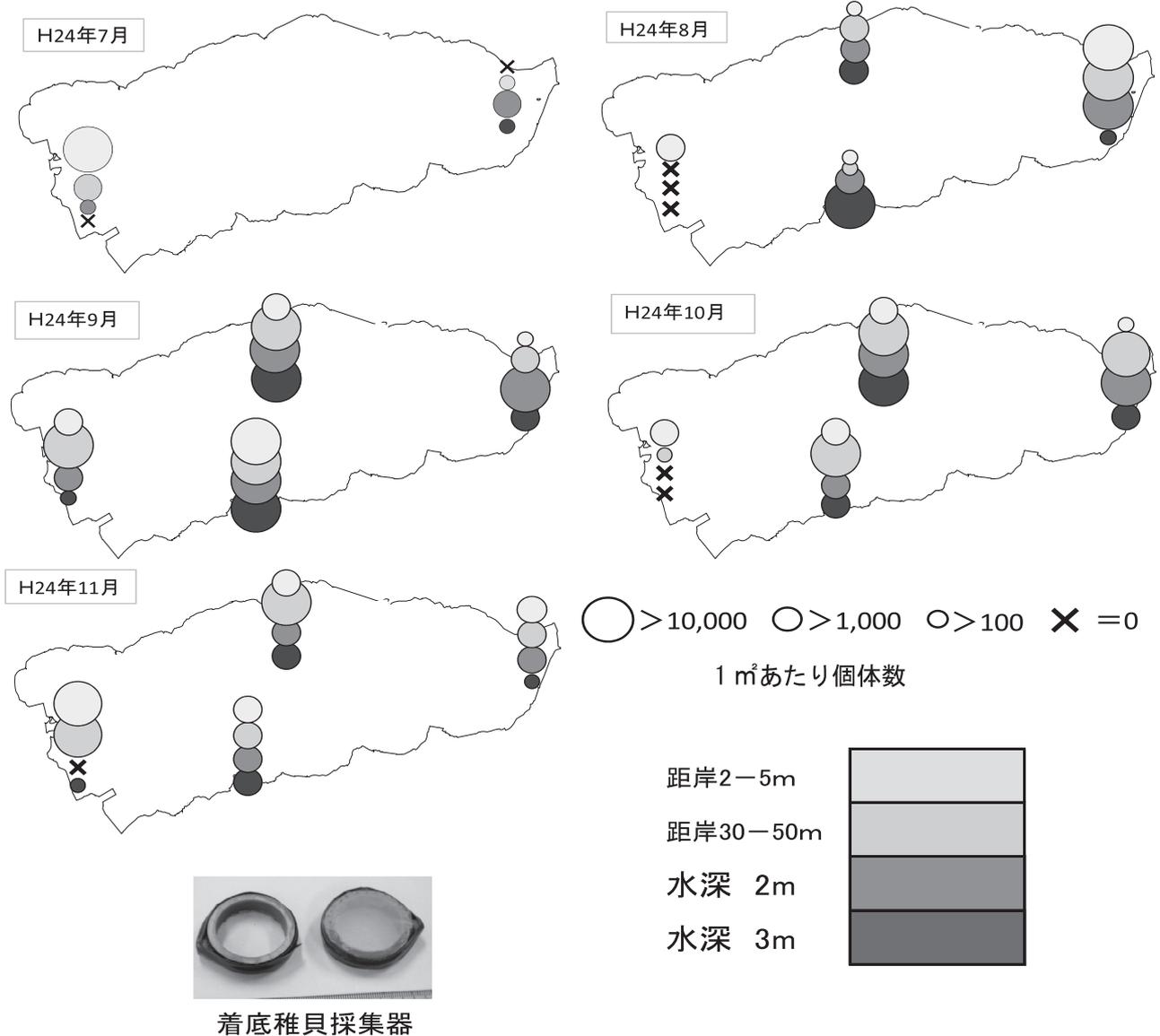


図10. シジミ初期稚貝（殻長0.6mm未満）の時期別水平分布

の推移を示す。7月には西岸の距岸2～5mに稚貝の高密度分布が観察されたが、8月には西岸では距岸2～5mに少数出現したのみで、東岸の距岸2～5m、距岸30～50mの浅場と水深2mの漁場での密度が高かった。また、南岸の水深3mの漁場でも密度が高かった。9月には東岸の稚貝の密度が減少し、北岸、南岸、西岸での密度が増加した。10月には西岸の密度が著しく低くなったが、11月には西岸の距岸2～5mおよび距岸30～50mの浅場での密度が著しく高くなった。

図11に殻長1mm以下の稚貝の全点平均および東西南北の定点別個体数の推移を示す。この図は東西南北の各定点の4か所の採集地点から得られた稚貝数を殻長300 μ m未満と300 μ m以上1mm以下に分けて集計し、 m^2 あたりの個体数で示してある。実線が殻長300 μ m未満、点線が殻長300 μ m以上1mm以下の稚貝の密度を示す。全点平均では、9月に殻長300 μ m未満の稚貝密度が約15,000個体/ m^2 と最高になった後減少し始めた。それに伴い殻長300 μ m

ら1mmの稚貝は増加し始め、12月に約9,000個体/ m^2 となった後急減した。地点別では、南岸、北岸では殻長300 μ m未満の稚貝密度は9月に約18,000、20,000個体/ m^2 と最高となった後減少し、逆に殻長300 μ mから1mmの稚貝密度が増加したが11月以降は減少し始めた。

一方、東岸では殻長300 μ m未満の稚貝密度が他地点より1か月早い8月に約30,000個体/ m^2 と地点別では最高になった後減少を始めたが、それに伴う殻長300 μ mから1mmの稚貝の増加は見られなかった。これに対して、西岸では殻長300 μ m未満の稚貝の密度は9月に最高となったが8000個体/ m^2 と地点別でも最低く、10月には非常に低くなった。殻長300 μ mから1mmの稚貝の密度も10月には非常に低かったが、11月から12月にかけて急増し、約18,000個体/ m^2 と最高となった後急減した。

以上の結果から、初期稚貝は宍道湖内を広範囲に移動しており、特に東岸では移出が多く、西岸では移入が多いと考えられた。

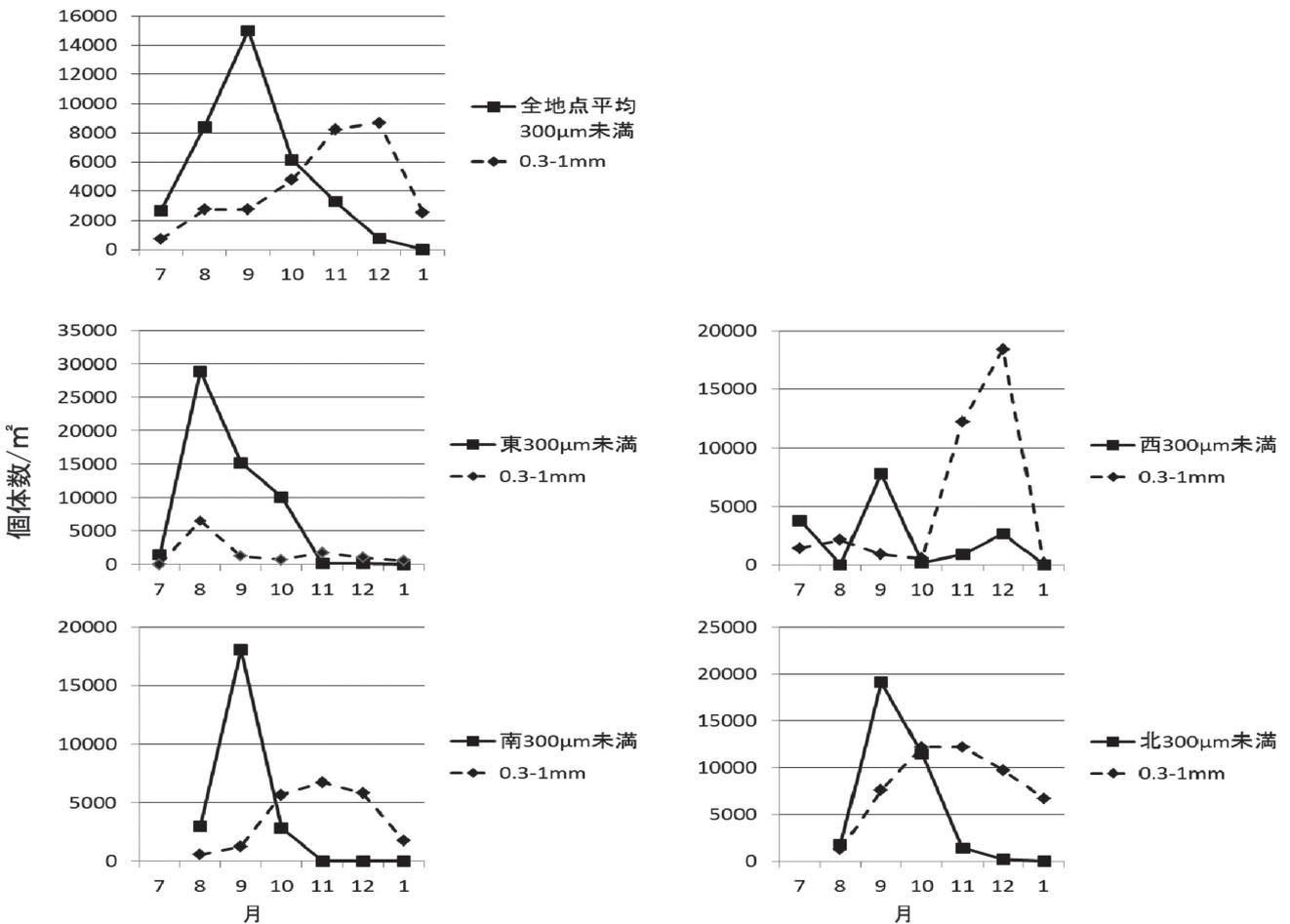


図11. シジミ初期稚貝の地点別個体数の変動

■印は殻長300 μ m以下の個体数、◆印は殻長300 μ m～1mmの個体数

(3) 殻長 2mm 以下の稚貝の動態 図 12 に全採集点を合わせた殻長 2mm 以下の稚貝の殻長組成を示す。

4 月から 6 月までは殻長 400 μ m 以上の稚貝が出現し、4、5 月はモードが 800 μ m にあったが、6 月に

は個体数が少なく、モードが不明瞭になった。距岸 2~5m と距岸 30~50m の浅場 (以下浅場と略) での出現密度が水深 2、3m の漁場 (以下漁場と略) での出現密度より高かった。7 月には着底直後の殻長 200 μ m 前後の稚貝が出現し始め、9 月には殻長

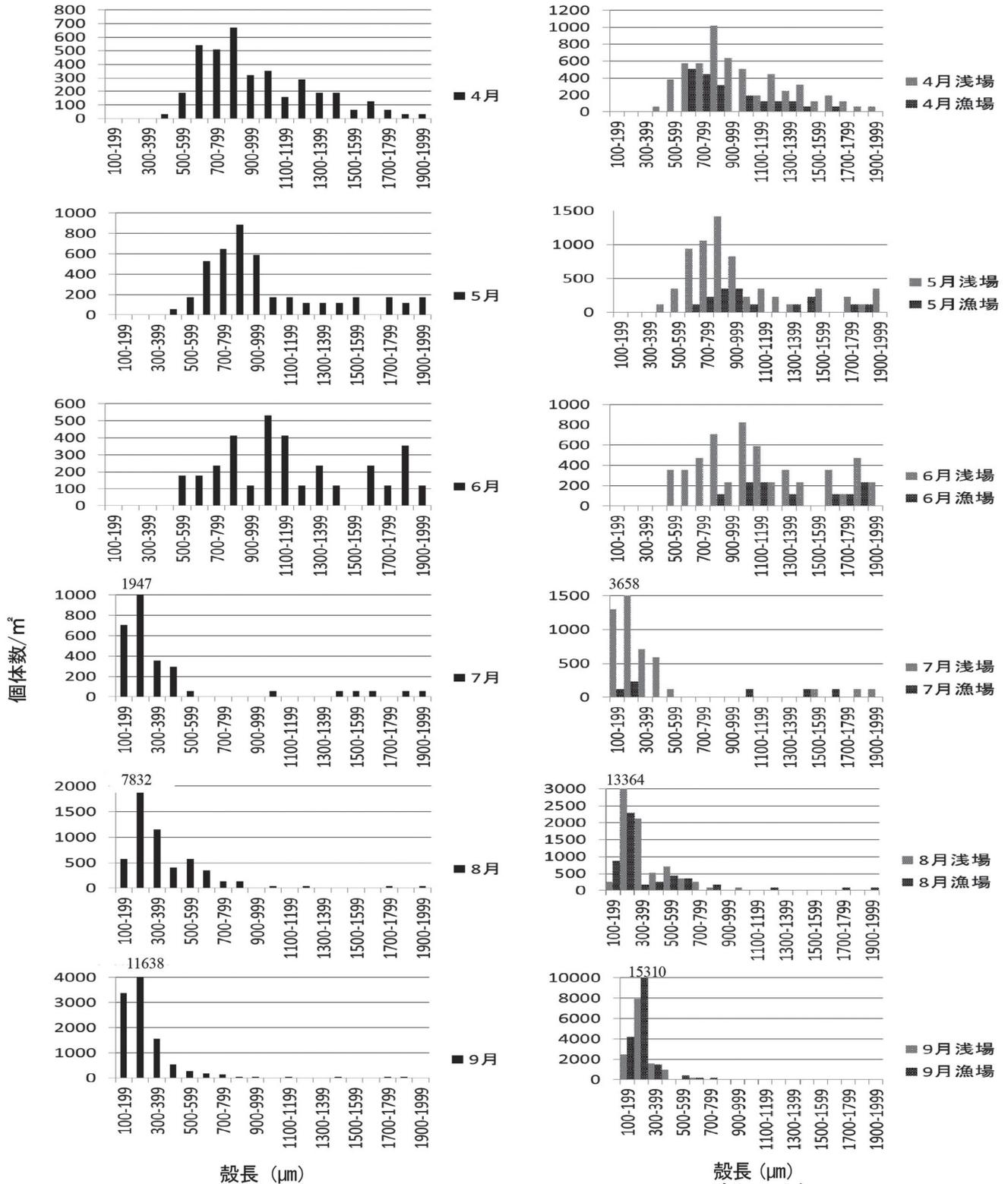


図12-1. シジミ初期稚貝の月別殻長組成

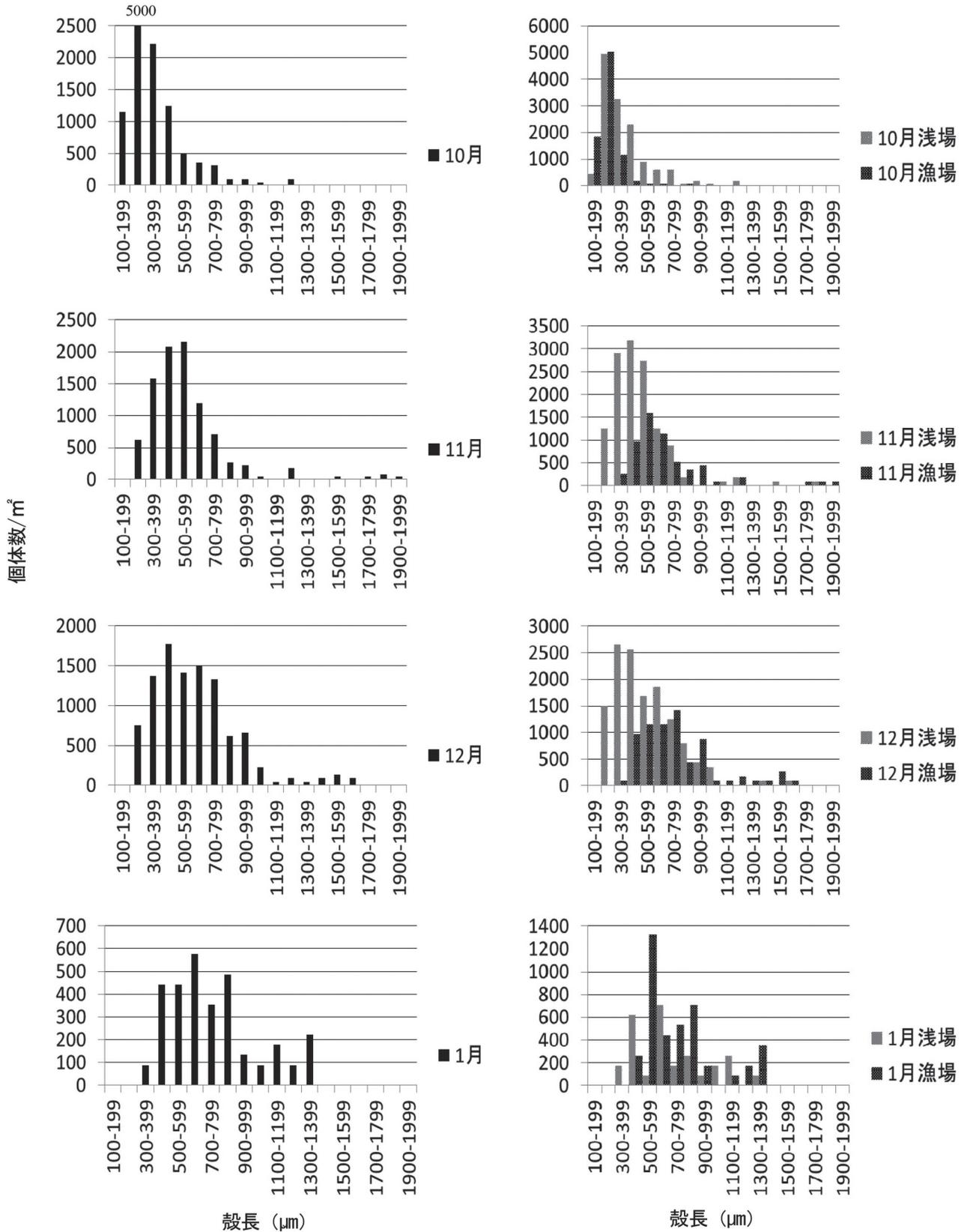


図12-2. シジミ初期稚貝の月別殻長組成

(4-7月は東西, 8月以降東西南北の採集点の平均個数 / m²)

左図: 全採集点の平均

右図: 浅場 (距岸2-5m, 30-50m) と漁場 (水深2, 3m) の稚貝の平均
棒グラフ上の数字は縦軸の目盛の最大値を超えた個体数

表1. 低水温時のシジミの摂餌状況

年月日	環境		供試シジミ			クロレラ投与量	排泄物		摂餌割合 (%)	排泄時間 (時間)
	水温 (°C)	塩分 (psu)	殻長 (mm)	全重量 (g)	個体数	単位: 細胞/ml	クロレラ入り未消化糞	なしまたはそれ以外		
2012/3/7	1.6	0.9	18.9-23	2.4-4.3	20	100万	0	20	0	5
2013/1/30	3.5	7	15.1-19.1	1.2-2.3	10	100万	2	8	20	29
2012/3/27	4.2	0.5	12.5-23.8	0.7-4.3	20	100万	1	19	5	3
2012/2/28	5.9	0.8	19.9-22.9	2.7-3.7	20	100万	12	8	60	4.5

200 μ m の稚貝の密度が約 12,000 個体 / m² と最も多くなった後、減少に転じた。殻長のモードは7月から10月までは200 μ mであったが、11月には200 μ mと500 μ mの2峰となり12月には400 μ mと600 μ mに移行したが、1月には個体数が少なく、不明瞭になった。

また、7、8月には浅場での出現密度が非常に高かったが、9月には漁場での出現密度が高くなり、10月には浅場、漁場とも類似した密度となった。さらに11、12月には浅場では小型群の密度が高く、漁場では大型群の密度が高くなった。

低水温時のシジミ摂餌状況の観察 表1に実験結果を示した。水温5.9°Cでは60%の個体が摂餌を行ったが水温1.6°Cでは全く摂餌は行われなかった。また3.5°Cおよび4.2°Cでは摂餌した個体の割合が5.9°Cより少なかった。

文 献

- 1) 中村幹雄・大北晋也・原田茂樹：有用水産動物生態調査（ヤマトシジミ），平成13年度島根内水試事報，4，112－117（2003）。
- 2) 川島隆寿・後藤悦郎宍道湖におけるヤマトシジミD型幼生の出現時期について，島根水試研報，5，103－112（1988）。
- 3) 大谷修司・辻井要介・江原亮・草田和美・板倉俊一・山口啓子・品川明・秦明德・中村幹雄：神西湖人工池におけるヤマトシジミの摂餌，排出と消化過程。LAGUNA，11，109-124（2004）。
- 4) 馬場勝寿：網走湖におけるヤマトシジミの産卵および初期生活史に関する生態学的研究。北水試研報，(71)，1-41（2006）。

