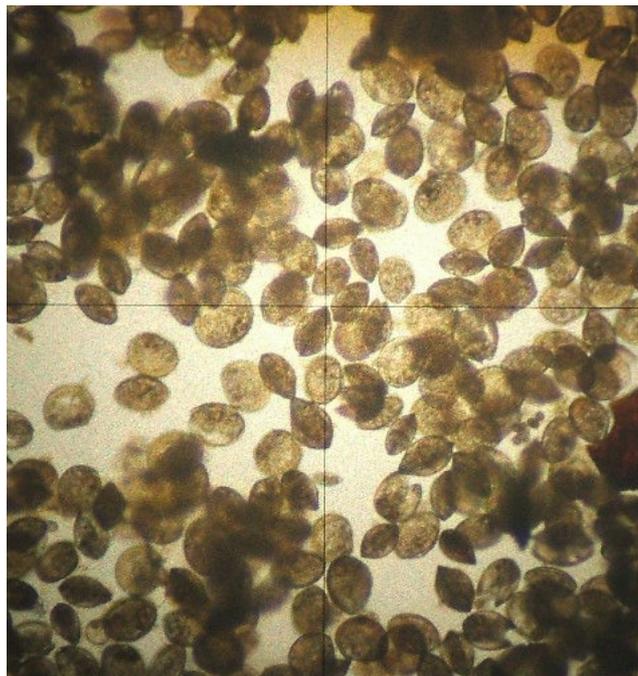
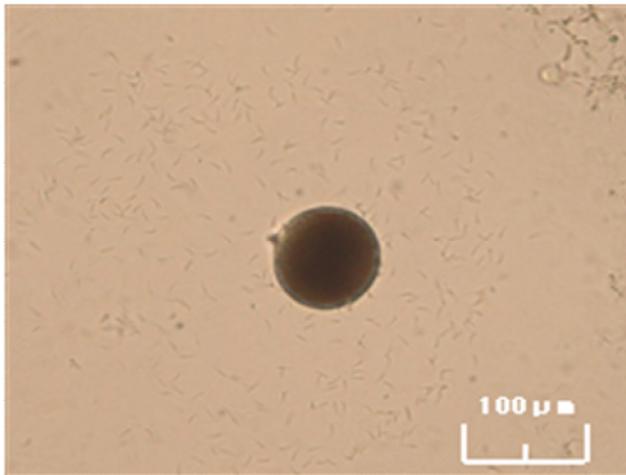


# ヤマトシジミ種苗生産マニュアル



平成 23 年 4 月

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

# ヤマトシジミ種苗生産マニュアル

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

はじめに

青森県東部中央に位置する小川原湖では、ジョレン曳きによるヤマトシジミ（以下「シジミ」と言う。）漁業が盛んに行われており、最も重要な漁業のひとつになっている。しかし、シジミの漁獲量は平成13年以降減少傾向が続いている。

漁獲量が減少した主な原因として、湖水の塩分が低いためにシジミの産卵から発生に適した環境が整わず、稚貝の発生が極端に少なくなり、資源の減少に結びついていることが解ってきた。

そこで平成16年から、小川原湖漁業協同組合と共同でシジミ資源の維持増大に向けた種苗生産技術開発に取り組んできた。

ここでは、平成21～22年の青森県からの交付金事業『しじみ増殖技術開発事業』で行った種苗生産技術開発で得た知見と、これまでのデータを含めて整理し、ヤマトシジミ種苗生産マニュアルを作成した。なお、本マニュアルは小川原湖での知見をもとに作成しているため、他の水域で種苗生産を行う場合には、それぞれの地域の気候、環境、シジミの特性等に応じて調整が必要になると思われる。

## 1. 種苗生産施設

### (1) 設置場所

飼育用の湖水の汲み上げ、および放流時の作業性を考慮し、湖に隣接した場所、またはできるだけ近い場所がよい。

### (2) 施設、器具

#### ①水槽

完全に水が抜ける構造になったものが、放流、収穫、掃除などの面で使いやすい。

稚貝は、卵から浮遊幼生期を経て稚貝となり、水槽底面での生活になるため、底面積が広い水槽が望ましい。小川原湖漁協では、放流時の作業性を考慮して立方体の1トン水槽を使用している。



図1 浮き栈橋での生産



図2 1トン水槽（直方体型）



図3 1トン水槽（立方体型）

## ②エアレーション

飼育水への通気や飼育水の循環用に使用。数個の水槽であれば観賞魚用のエアポンプで可能。水槽数が多い場合は大型のエアポンプやブロアーが必要になる。

## ③水中ポンプ（湖水、海水汲み上げ用）

水槽へ湖水、海水などを注水するために使用。塩分を含む水を扱うので海水対応のものが望ましい。

## ④親貝を水槽内に收容するためのカゴ

産卵後に親貝を回収するので、ザル等を水槽内に吊してその中に親貝を入れる。小川原湖漁協ではパールネットを使用。

## ⑤ 塩分計、水温計

飼育水の塩分および水温測定用。塩分は0~35psuの測定可能なものとする。デジタル表示のものが使いやすい。

## ⑥電源（水中ポンプ、エアレーション用）

注排水用ポンプ、エアレーション、高圧洗浄機などに使用。屋外の場合漏電に注意。

## ⑦水道（洗浄用）

飼育には使用しないが、水槽、器具の洗浄に使用。

## ⑧水中ヒーター

天候により親貝收容時の水温上昇が見込めない場合に使用する。小規模では水温調節が可能であるが、大規模生産では対応が難しい。小川原湖漁協の場合、種苗生産を行っている6~9月の日中は25℃程度まで自然に昇温するため、特にヒーターは使用していない。底面に設置するタイプのボード型ヒーター（右写真）の場合は、着底稚貝に変態する前に取り外す。

## ⑨その他（必ず必要なものではないが、あれば便利なもの）

- ・ 万能投影機（実体顕微鏡）：卵、幼生確認、計数用
- ・ 生物顕微鏡：卵、精子確認
- ・ シャーレ、サンプルビン、定量ピペット（1~5ml定量採取できるもの）
- ・ ホルマリン（浮遊幼生計数時に使用）

## (3) 飼育水

種苗生産にはシジミの生息している湖水を、また、塩分調整には海水または人工海水を使用する。小川原湖漁協の場合では、湖水と近くの漁港から汲み上げた海水をそのまま使用しているが、採水場所によって濾過など必要に応じて行う。



図 4 親貝を入れたパールネット



図 5 1トン水槽にパールネット、エアレーション、ヒーターを設置した状態。

## 2. 親貝

### (1) 成熟時期

平成 21～22 年の小川原湖および十三湖のラーバ調査結果から、青森県の天然水域における産卵時期は、おおよそ、小川原湖で 7 月上旬から 9 月下旬、十三湖では、6 月中旬から 9 月中旬と考えられる。なお、産卵の最盛期は、その年の水温や塩分条件などにより異なる。

### (2) 成熟状態の確認

成熟状態は、軟体部（身）の色の観察や軟体部重量の変化（身入度）、卵巣と精巣の検鏡による卵、精子の状況確認などから判断する。また、合わせて小規模で産卵誘発を行い、産卵確認をする。

シジミの雌雄は、軟体部の色で判別することができ、軟体部が黒いものがメス、白い（クリーム色）ものがオスである（図 6）。成熟期（6～9 月）以外は、軟体部の色の違いははっきりせず、雌雄の判別は難しい。

軟体部の太り具合の指標となる身入度（軟体部重量 g / (殻長 mm × 殻幅 mm × 殻高 mm) × 10,000）は、4 月の小川原湖では 1.0 未満で痩せているが、その後急激に太り、6 月上旬から 7 月上旬に身入度は 1.6 前後まで増加し、産卵期を迎える（図 7）。十三湖でも同様に 6 月上旬から 7 月にピークとなり、産卵に伴い値は減少する。

身入度が 1.4 を超えてくると卵巣内の卵径は大きくなり、精巣も充実し多数の精子が確認できるようになる。



図 6 成熟が進んだヤマトシジミ  
左がオス、右がメス

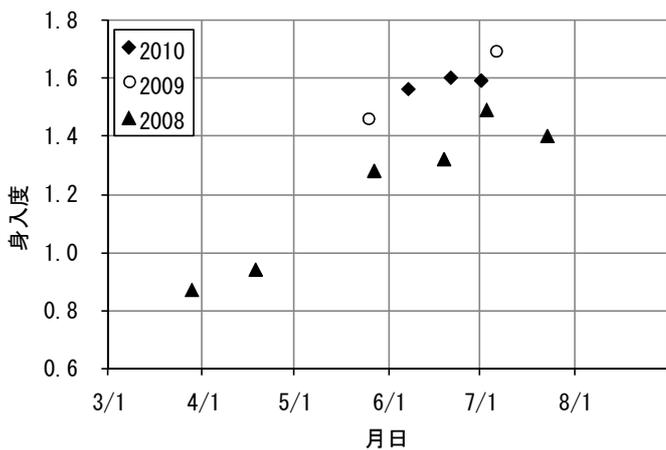


図 7 ヤマトシジミ身入度推移（小川原湖）

身入度：軟体部重量 g / (殻長 mm × 殻幅 mm × 殻高 mm) × 10,000

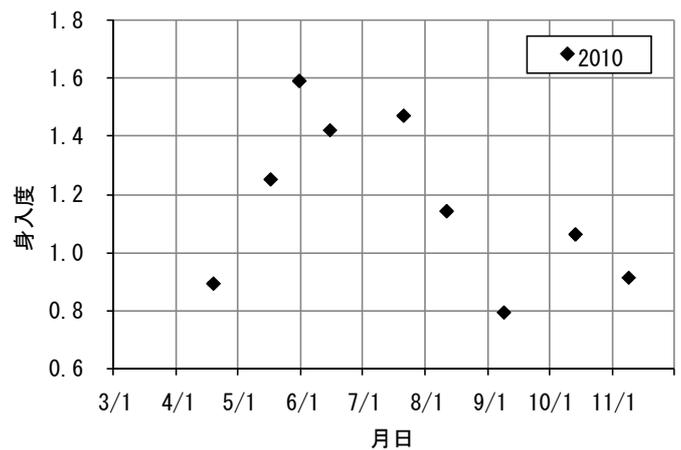


図 8 ヤマトシジミ身入度推移（十三湖）

身入度：軟体部重量 g / (殻長 mm × 殻幅 mm × 殻高 mm) × 10,000

卵巣と精巣の状態確認は、軟体部を先の尖ったピンセットで突き刺し、ピンセットに付着した卵巣、精巣を含んだ体液を顕微鏡を使い確認する。卵巣の場合は 100 倍（対物レンズ 10 倍 × 接眼レンズ 10 倍）で卵を確認し、精巣は 200 倍（対物レンズ 20 倍 × 接眼レンズ 10 倍）で精子の確認を行う。

卵巣内の卵径は成熟が進むにつれて大きくなり、卵の周りの透明部分も充実してくる(図9)。産卵直前には、卵の長径は80~90 $\mu\text{m}$ 程度になり、卵は完全に独立した状態になる。ヤマトシジミの精子は三日月型で1本の鞭毛を持っており、8psu程度の塩水で希釈することにより運動性が確認できる(図10)。

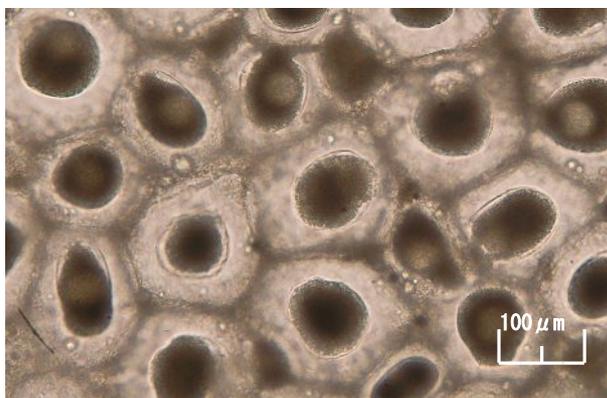


図9 成熟が進んだヤマトシジミの卵巣

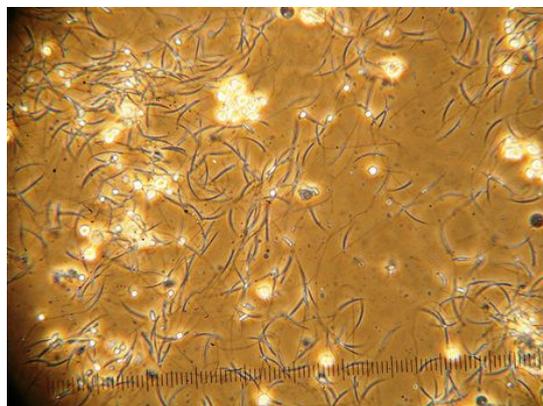


図10 ヤマトシジミの精子

### (3) 親貝として使用するサイズ

これまでに小川原湖や十三湖の殻長10mm以上のほとんどのヤマトシジミで、雌雄とも成熟していることを確認している(附記1 ヤマトシジミの最少成熟サイズ参照)。しかしながら、天然水域からの親貝採取や、1個あたりの産卵量や放精量、親貝収容時の作業性を考慮すると、親貝として使用するサイズは、いわゆる漁獲対象サイズ(殻長19mm以上)が使いやすい。

### (4) 小規模産卵誘発

身入度、卵、精子の状況から十分成熟が進んだと判断されたら、試験的に産卵誘発を行い、産卵を確認する(図11)。産卵誘発は、塩分8psuの飼育水をいれた100程度の水槽に親貝(殻長19mm以上)を50個程度(貝が重ならない程度)収容し緩い通気をして、水温を25~28 $^{\circ}\text{C}$ に上昇させる。十分成熟していれば、水温上昇後、数時間で産卵放精が始まり、飼育水は白濁し泡立つようになる。

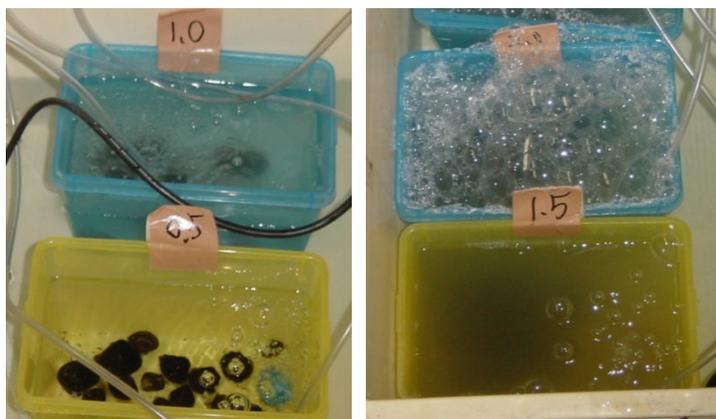


図11 ヤマトシジミ小規模産卵誘発

左下：産卵前、左上：産卵開始、右下：産卵が進んだ状態  
右上：多量の産卵放精のため泡立っている状態



図12 ヤマトシジミ産卵前後の軟体部

左 産卵前、右 産卵後

### 3. 種苗生産方法（小川原湖漁協バージョン）

#### (1) 親貝採取

種苗生産を行う前日に天然水域において十分に成熟した親貝を採取する（親貝の成熟状況の判別については『2. 親貝』の項を参照）。採取した親貝は、産卵誘発のため1晩冷蔵（4～10℃程度）で保管し翌日使用する。産卵盛期には、採取したシジミをそのまま種苗生産に使用しても十分な卵を得ることができる。小川原湖漁協では、各シジミ漁業者から一定量のシジミを親貝として提供してもらい種苗生産に使用している。

#### (2) 生産用水槽へ湖水注水、塩分調整

塩分を 8psu 程度に調整しながら、水槽へ湖水と海水を注水する（1 トン水槽の場合、湖水 750ℓ+海水 250ℓ程度）。緩く通気をして飼育水を循環させておく。産卵誘発には 23℃以上の水温が必要なので、水温が十分上昇しない場合は、前日から水槽に飼育水を溜め、水温上昇を促す。



図 13 水槽への湖水注水、塩分調整

#### (3) 親貝収容

飼育水の水温 23℃以上、塩分 8psu 前後であることを確認して、親貝を飼育水 1 トンあたり 1～2kg の割合で収容する。時期により単位重量あたりの産卵数が異なるため、翌日の発生した幼生密度を確認しながら親貝の収容量を調整する。幼生密度は、1ℓあたり 4 万個程度までは着底率に影響がないことが確認されて（収容密度参照）いることから、この密度を基準に親貝収容量を調整する。小川原湖漁協では飼育水の水温が高くなる午後に親貝を収容している。



図 14 親貝をパールネットに収容

#### (4) 産卵確認、親貝取り上げ

親貝収容の翌日午前中に産卵を確認して親貝を取り上げる。親貝を飼育水槽内に放置すると親貝の濾水時に幼生が食害にあう恐れがあるので、産卵が確認できたら速やかに親貝を取り上げる。産卵の確認は、飼育水をシャーレに採り、実体顕微鏡、万能投影機などで卵や浮遊幼生を確認する。透明容器に飼育水を採取し、日にかざすことにより、肉眼でも細かい粒子（卵、浮遊幼生）を確認することができる。



図 15 パールネットを水槽内に設置

#### (5) 幼生数の推定

- ① 水槽内の浮遊幼生が均一になるように、全体的に攪拌されるように緩く通気を行う。
- ② 100mlサンプルビン等で飼育水を採取する。

- ③ 採取した浮遊幼生が均一になるように採取した飼育水をゆっくり攪拌した後、マイクロピペット等で 1~10ml 正確に採取し 5mm の格子入りのシャーレに採る。浮遊幼生は、ゆっくり動き回るのでそのままでは計数できないため、10%ホルマリンを数滴落として浮遊幼生の動きを止める。
- ④ 実体顕微鏡または万能投影機などで浮遊幼生を確認して計数する。
- ⑤ 1 サンプルで 3~5 回繰り返し平均個数をもとめ、単位水量あたりの密度から 1 トン水槽の幼生数を推定する。



図 16 D型ラーバ (浮遊幼生)  
約 140 $\mu$ m (0.14mm)

#### (6) 浮遊幼生管理

産卵翌日に親貝を取り上げた後、放流まで緩い通気を続けて幼生の管理を行う。浮遊幼生から着底稚貝に成長するまでの 1 週間前後は、特に給餌は行わない (附記 3 ヤマトシジミ浮遊幼生期の給餌効果について)。

#### (7) 浮遊幼生放流

ヤマトシジミは、浮遊幼生期以降では 1psu 程度の低い塩分でも生存することが確認されており、作業性や放流目的によって浮遊幼生期、着底稚貝期、または着底後一定期間育成して放流を行う。浮遊幼生放流は、産卵翌日から可能であり、放流後は次の生産を開始できるため、生産施設を繰り返し使用することにより限られた施設で大量の種苗生産が可能である。その反面、浮遊幼生で放流した場合、着底するまでの期間に湖水の流れにより放流場所から拡散してしまうため、放流後の追跡と放流効果の把握は難しい。



図 17 1トン水槽から湖へ直接放流

#### (8) 着底稚貝放流

浮遊幼生放流の場合、放流場所から広く分散してしまうことが予想されるため、ある水域への資源添加を目的とする場合は、着底稚貝以降の種苗を放流する。

飼育水槽から直接放流できない場合は、50 $\mu$ m 程度のオープニングのプランクトンネットを使い着底稚貝を収穫する。プランクトンネット部分は水中に沈め、飼育水を受ける際の稚貝へのダメージを減らすようにする (図 20)。また稚貝が長時間プランクトンネット内の強い水流中に曝されないように、1 トン水槽からの収穫では、数回に分けて回収する。回収した稚貝は、小型水槽へ入れて放流地点まで輸送する。放流場所までの距離があ



図 18 トラックから湖へ直接放流

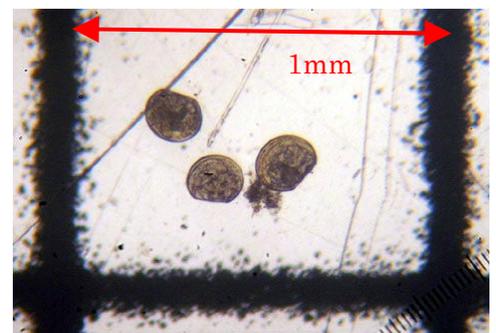


図 19 ヤマトシジミの着底稚貝

る場合は、エアレーションを行って酸欠を防ぐ。また、好天時は、移動中の水温の急激な上昇に注意する。

(9) 種苗生産計画

小川原湖漁協では放流量、作業員の日程、生産施設の効率的運用等を考慮して、表1のように1週間に2回放流する行程(A行程)と週1回放流する行程(B行程)を組み合わせて実施している。A行程では浮遊幼生での放流、B行程では着底稚貝での放流の場合が多い。この工程に従って7月上旬から9月下旬まで種苗放流を行っている。



図 20 着底稚貝の収穫

表 1 ヤマトシジミ種苗生産工程表の例

1週間に2回放流する工程										
	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目	10日目
	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水
A行程	塩分調整 親貝取上 親貝収容 幼生計数			→ 放流					塩分調整 親貝取上 親貝収容 幼生計数	
				塩分調整 親貝取上 親貝収容 幼生計数		→ 放流				
1週間に1回放流する工程										
	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目	10日目
	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金
B行程	塩分調整 親貝取上 親貝収容 幼生計数						→ 放流			
									塩分調整 親貝取上 親貝収容 幼生計数	

謝辞

本マニュアル作成にあたり、小川原湖漁業協同組合、東北町役場、三八地域県民局地域農林水産部八戸水産事務所の方々からは、サンプル提供、実験補助等、全てにおいて多大なる御協力をいただきました。心より感謝いたします。

## 附記 1 ヤマトシジミの最少成熟サイズ

### 目的

ヤマトシジミ（以下「シジミ」と言う。）の種苗生産を行う上で、親貝として用いる適当なサイズを検討するために、ヤマトシジミの小型貝について成熟状況を確認した。

### 方法

小川原湖(2007/7/25 採取)、十三湖(2007/7/19 採取)の殻長 12mm 未満のシジミについて成熟状況を観察した。成熟状況は、軟体部を尖ったピンセットで突き刺し付着した体液を検鏡し、卵または精子が確認できたものを成熟個体とした。

### 結果と考察

小川原湖では殻長 9.5mm 以上で、また十三湖では殻長 6.5mm 以上においてほとんどの個体が成熟していた(図 1、2、表 1、2)。

成熟サイズについて、中村(2000)は、ほとんどの個体が殻長 15mm で成熟するとしており、これらより小型のシジミについても成熟していることが確認された。しかしながら、これらの小型シジミが産卵に参加しているかどうかについては、小型貝のみでの産卵誘発等行い確認する必要がある。また、産卵に参加していたとしても、サイズが小さいために産卵、放精する量は、いわゆる漁獲サイズである殻長 19mm 以上の大型個体に比べて極端に少ないことが予想され、個体の採集しやすさ、種苗生産時の取り扱い、1 個当たりの産卵放精量などを考えると、種苗生産には漁獲サイズを用いるべきである。

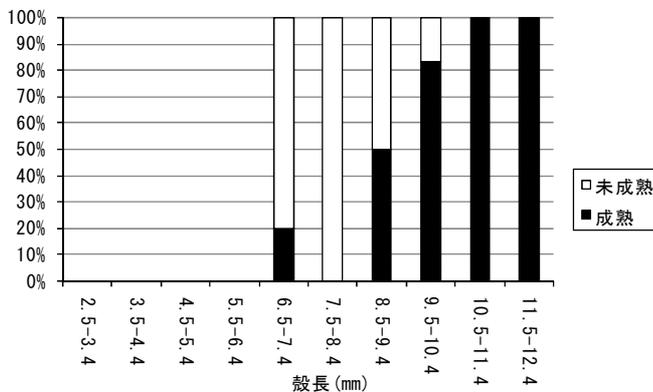


図 1 ヤマトシジミの殻長別成熟状況

(小川原湖 2007/7/25)

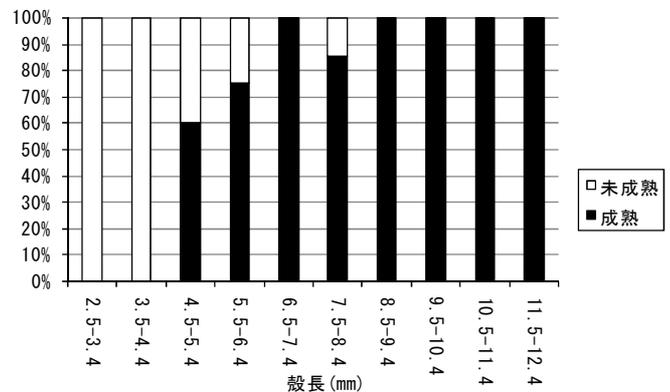


図 2 ヤマトシジミの殻長別成熟状況

(十三湖 2007/7/19)

表 1 ヤマトシジミの殻長別成熟状況

(小川原湖 2007/7/25) (個)

殻長 (mm)	未成熟	成熟*	成熟個体中雌雄	
			♀	♂
2.5-3.4				
3.5-4.4				
4.5-5.4				
5.5-6.4				
6.5-7.4	4	1	0	1
7.5-8.4	7	0	0	0
8.5-9.4	1	1	1	0
9.5-10.4	1	5	3	2
10.5-11.4	0	4	1	3
11.5-12.4	0	4	0	4
合計	13	15	5	10

\*卵または精子が確認された個体を成熟とした。

表 2 ヤマトシジミの殻長別成熟状況

(十三湖 2007/7/19) (個)

殻長 (mm)	未成熟	成熟*	成熟個体中雌雄	
			♀	♂
2.5-3.4	2	0	0	0
3.5-4.4	3	0	0	0
4.5-5.4	2	3	1	2
5.5-6.4	2	6	3	3
6.5-7.4	0	12	5	7
7.5-8.4	1	6	4	2
8.5-9.4	0	5	1	4
9.5-10.4	0	2	1	1
10.5-11.4	0	4	0	4
11.5-12.4	0	1	0	1
合計	10	39	15	24

\*卵または精子が確認された個体を成熟とした。

## 附記 2 ヤマトシジミラーバの収容密度について

### 目的

ヤマトシジミの種苗生産を行っている中で、親貝の成熟状態や時期により単位重量あたりの産卵数は大きく変動する。また、卵（浮遊幼生）の収容密度が高くなり過ぎると、着底率の低下などの弊害がおきることも予想される。そのため、3つの産卵群のラーバを異なる収容密度で管理し、収容密度が着底率に与える影響について検討した。

### 方法

試験には、1トン水槽を使って産卵させた2日目の浮遊幼生を使用した。産卵は、8psuに調整した湖水に親貝2kgを収容し緩く通気を行い、翌日産卵を確認後、親貝を取り上げ緩く通気をして管理した。ラーバは元の密度の区と2倍、4倍に希釈し、密度が二分の一、四分の一になる区を設けた。試験区の密度は、最低密度6,600個/ℓ(A-3区)から最高密度41,500個/ℓ(C-1区)であった。試験は50mlビーカーを用いて、30℃の恒温水槽で管理した。着底稚貝は産卵から6日目に実態顕微鏡で生死と数を確認した。試験中は給餌を行わなかった。

### 結果と考察

表1に示したとおり、最低密度6,600個/ℓ(A-3区)から最高密度41,500個/ℓ(C-1区)の試験区の中で、密度による着底率に差は見られなかった。稚貝着底率は全ての区が70%を超え(全区の平均着底率80%)、収容密度が41,500個/ℓ以下では安定して着底稚貝が得ることができた。これは1トン水槽あたり4,150万個に相当し、着底率80%として着底稚貝3,300万個までの着底稚貝生産は十分可能であると考えられる。

これまでの種苗生産のなかで、産卵盛期には着底稚貝が全滅している水槽が時折みられており、大量の放卵、放精により多量の有機物が飼育水中に懸濁され、水温の高いこともあり、急激に水質悪化を招いて斃死を引き起こしていることが予想される。今後、過密による着底率の低下が生じる収容密度を明らかにする必要があるが、とりあえず最大収容密度は4万個/ℓ程度までとし、それ以上に高い密度となる場合は、使用する親貝の量を減らして産卵量を調整することで大量斃死を生じさせないように管理する必要がある。

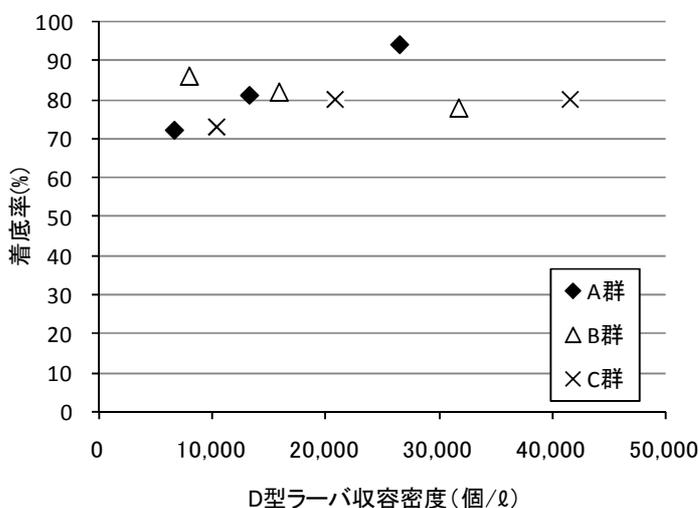


図1 ヤマトシジミの浮遊幼生収容密度別着底率

表1 ヤマトシジミの浮遊幼生収容密度別着底率

試験区	A			B			C		
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
収容数(個)	1,325	663	332	1,585	793	397	2,075	1,038	519
密度(個/ℓ)	26,500	13,250	6,625	31,700	15,850	7,925	41,500	20,750	10,375
着底数(個)	1,251	539	239	1,232	649	342	1,659	831	381
着底率(%)	94	81	72	78	82	86	80	80	73

ヤマトシジミラーバは、A、B、Cの親貝の異なる3群を用い、それぞれ元の密度と2倍希釈区、4倍希釈区を設定した。水温30℃、塩分8psuで管理し、着底稚貝の確認は産卵から6日目に行った。

### 附記 3 ヤマトシジミ浮遊幼生期の給餌効果について

#### 目 的

これまでシジミの種苗生産は、着底稚貝までの約 1 週間の飼育管理を止水、無給餌で行い、活発に活動する着底稚貝が得られてきている。しかしながら、種苗生産に用いる天然湖水には、もともと有機物や微生物、植物プランクトンなどが存在しており、浮遊幼生期の給餌の必要性について明らかになっていない。ここでは、今後の飼育技術向上のために、浮遊幼生期における給餌が、その後の生残や成長に与える影響について検討を行った。

#### 方 法

シジミ浮遊幼生は塩分8.6psuに調整した小川原湖水で産卵させ、産卵から2日後のものを使用した。この浮遊幼生を含んだ飼育水を、塩分8.6psuに調整した水道水で40倍に希釈した(浮遊幼生密度を1ℓあたり1,035個相当)。希釈後の飼育水を200ml(浮遊幼生207個相当)採取し300mlのビーカーに分注し各試験区とした。

試験区は、7日後の着底期まで給餌を行わない無給餌区と市販の*chaetoceros calcitrans*を100倍希釈(約62万細胞/ml)したものを産卵から4日目と6日目に10mlを与える給餌区を設け、各区それぞれ同条件の試験区を2つ設定した。7日目以降は、50倍希釈した同餌(約124万細胞/ml)を両区に10ml、朝夕与えて飼育を行った。期間中は恒温槽を使用して25°Cで飼育を行った。土日は給餌を行わなかった。

#### 結果と考察

産卵から 42 日目の生残率は、無給餌区で 95-96%、給餌区で 72-89%となった。また、平均殻長では無給餌区が 0.57-0.61mm、給餌区が 0.66-0.73mm となった。

無給餌区での 42 日目の生残率は 95-96%と非常に高く、給餌を行わない事による生残率の低下は見られなかった。各試験区の飼育水中には、有機物等を含む湖水は水道水で 40 倍に希釈していることから、湖水由来の栄養源はほとんど無視できるものと考えられ、浮遊幼生期の給餌は、その後の生残率には影響しない結果となった。平均殻長は、やや給餌区が大きい傾向が見られるが、同区は生残個体数が少なかったため 1 個体当たりの餌の量が多いことも考えられ、浮遊幼生期の給餌の影響かどうかの判断は難しい。

表 1 浮遊幼生時の給餌の有無と生残率

産卵後 日数		無給餌区		給餌区	
		①	②	①	②
2	収容数	207	207	207	207
42	生残数(個)	197	198	184	149
	生残率(%)	95	96	89	72
	平均殻長(mm)	0.57	0.61	0.66	0.73

無給餌区：浮遊幼生期に給餌を行わない。

給餌区：浮遊幼生期に 2 回 *Chaetoceros* を給餌。

着底期以降は、両区に給餌を行い、8psu、25°Cで飼育

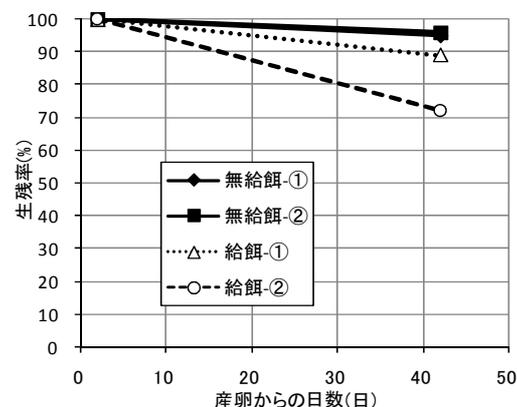


図 1 ヤマトシジミの浮遊幼生期の給餌の有無による生残率

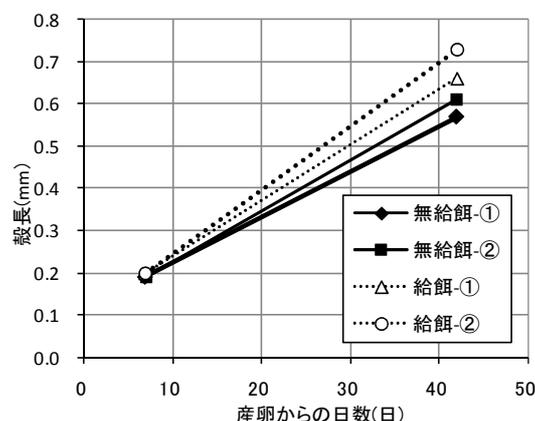


図 2 ヤマトシジミの浮遊幼生期の給餌の有無による殻長推移