

シジミ安定生産のための資源管理手法の開発事業 (閉鎖循環システムによるヤマトシジミ種苗生産2) 長崎 勝康

目的

ヤマトシジミ（以後シジミと記載）の持続的漁業生産に向けた資源管理手法のひとつとして、種苗生産及び放流技術開発を進めている。これまでに、閉鎖循環システムを使い殻長 1mm サイズの稚貝の生産が可能となった¹⁾。また、餌として市販のヨーグルトと冷凍ナンノクロロプシスを混合して給餌することで種苗生産コスト削減の可能性が見えてきた。本試験では、シジミの種苗生産の事業化へ向けた実証試験として、閉鎖循環システムを用い、ヨーグルトと冷凍ナンノクロロプシスを給餌し、シジミ種苗の集約的な生産を行った。

材料と方法

(1) 閉鎖循環システム概要

システムは、500ℓ飼育水槽（122×74×53cm）、水中ポンプ（テラダ CSL-100L）、112ℓ濾過槽（61×41×46cm）、水中ヒーター（300W）、で構成され、濾過槽にはホタテ貝殻チップ 9kg を玉ねぎ袋に詰めたもの 5 袋を設置した。ホタテ貝殻チップは、事前に塩分 8psu、水温約 20℃で塩化アンモニウムを添加し熟成させ硝化細菌が十分に働く状況にしたものを使用した。

加温中の保温性を高めるために 500ℓ飼育水槽及び濾過槽の外側にスタイロフォームをはめ込んだ。また、飼育水槽にはスタイロフォームの蓋をして保温性を高めると共に蒸発を防いだ。

飼育用水は 500ℓ水槽からポンプで濾過槽に汲み上げられ、濾過槽から 500ℓ水槽内に設置した（株）田中三次郎商店のアップウェリング容器（以後飼育容器という）に高低差で注水される（図 1、図 2）。

飼育容器は 4 個設置し試験区 A、B、C、D とした。底面には、オープニング 0.091mm のネットを敷き 0.5mm 目合いのフルイを通過した砂約 300ml をネットの上に敷いた。飼育容器の底からの通水を確保するために水切りカゴを台にして飼育容器を設置した。500ℓ飼育水槽から水中ポンプでろ過槽に汲み上げられた飼育水は、落差で飼育容器上面から注水され、底面から排出されるようにした。このシステムをビニールハウス内に設置し、飼育試験を行った。

(2) ヤマトシジミ稚貝飼育方法

① 使用した稚貝

小川原湖漁業協同組合では、塩分を 8psu 程度に調整した湖水を入れた多数の 1 トン水槽に小川原湖産

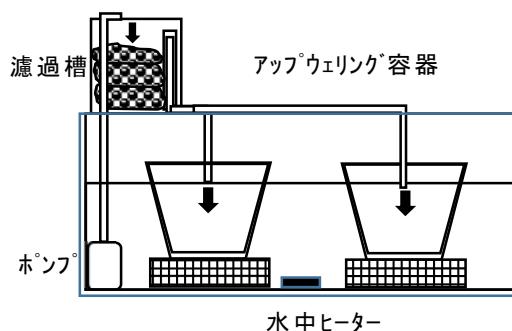


図 1. シジミ種苗育成用閉鎖循環システム



図 2. シジミ種苗育成用閉鎖循環水槽

のシジミ親貝を収容し、昇温を促すことで産卵させ、浮遊幼生や着底稚貝まで飼育を行い放流している。試験では小川原湖漁協が1トン水槽で7月25日に生産したシジミラーバを譲り受け使用した。7月25日に生産した1トン水槽の中から産卵数の多い水槽を2基選び、それぞれ20ℓトスロンタンク2個分、合計4個(80ℓ)のラーバを内水面研究所に運んだ。これらのシジミは循環水槽に収容するまでの23日間20ℓトスロンタンク4個(試験区A~D)で、緩く通気しながら止水で飼育した。

8月18日(飼育24日目)に閉鎖循環システムの4個の飼育容器にトスロンタンク1個分の稚貝を収容した。収容数は、3ℓの飼育水を入れた4ℓ容器に稚貝を収容し、強く通気するとともに500ml容器で飼育水を強く攪拌し稚貝を均一にした状態で、1,000 μ ℓ定量ピペットを使い3回、計3ml採取したものを1回分とし稚貝を計数した。1試験区あたり3回稚貝を計数し、その平均値を密度として容量(3ℓ)から総収容数を求めた。収容時の平均殻長は0.21mm~0.23mmであった(表1)。

② 餌と給餌

餌は、市販の冷凍ナンノクロロプシス(クロレラ工業株式会社冷凍ナンノヤンマリン K-1)を解凍したものとプレーンヨーグルトを8psuの人口海水で表2のように希釈したものを与えた。当初は、1.0倍濃度で与え、給餌量が増えるに従い濃度を高くして与えた。給餌量は、給餌後の摂餌による飼育水の濁りのとれかたを見ながら増やした。

平日の給餌は朝、昼、夕の3回、また休日は朝、夕2回行った(付表)。

③ 稚貝の回収と測定

稚貝の回収は、1回目を産卵後89~91日目(循環飼育66~68日目)の10月22日~24日に、2回目を114日目(循環飼育91日目)の11月16日に行った。

試験区毎に全ての砂と稚貝を回収し、目合い0.5mmのフルイにかけ、残ったシジミを回収した。回収したシジミは、目合い2.0mmと0.7mmのフルイにかけてそれぞれの区分毎に60個の殻長を測定した。また各区分の個数は、目合い2mmのフルイに残った個体は全て計数した。0.7mmと0.5mmのフルイに残った個体は、それぞれ0.5g、0.2gあたりの個数を計数し総重量から総数を換算した。

1回目の回収で0.5mmのフルイから抜けた個体は、同飼育容器で飼育を継続した。

④ 飼育水の管理

水温はサーモスタットを25℃に設定した。飼育期間中の水替えはせず、塩分は8psu程度を目標とし、週に1回程度塩分を確認し、飼育水の蒸発により塩分が高くなった場合は湧水を加えて8psu程度に調整した。また、給餌による飼育水量増加分を随時排水して水量を調整した。

塩分はYSI model-30、溶存酸素(DO)及びpHは水質チェッカー(HACH HQ-40d)を使い週2回程度測定した。アンモニア態窒素はポータブル吸光度計(HACH DR900)により1週間に2回程度測定した。水温は自記式水温計(HOBO TidbiT v2)を飼育容器内に設置し、1時間毎に測定した。

表1. 各試験区のヤマトシジミ稚貝収容数

飼育水(3ℓ)中の稚貝密度の計数結果 (個/3ml)				
試験区	A	B	C	D
1回目	268	261	325	270
2回目	281	261	280	355
3回目	301	257	287	400
平均	283	260	297	342

試験区別収容数 (個)

試験区	A	B	C	D
稚貝総数(万個)	28.3	26.0	29.7	34.2
平均殻長(μ m)	0.22	0.23	0.21	0.22

飼育水中(3ℓ)の稚貝密度から総数を換算した。

各試験区から3回、3ml採水し計数した。

密度計数のための採水前には飼育水を十分に攪拌し、均一な状態とした。

平均殻長は各区60個以上の殻長を実態顕微鏡を用いて計測し求めた。

表2. 各試験区のヤマトシジミ稚貝収容数

餌の濃度	冷凍ナンノクロプシス		ヨーグルト		作成量 8psu海水で 希釈(ℓ)
	使用量 (ml)	希釈倍率 (倍)	使用量 (ml)	希釈倍率 (倍)	
1.0倍(基本)	5.0	160.0	8	100.0	0.8
1.5倍	7.5	106.7	12	66.7	0.8
2.0倍	10.0	80.0	16	50.0	0.8
2.5倍	12.5	64.0	20	40.0	0.8
3.0倍	15.0	53.3	24	33.3	0.8

結果と考察

閉鎖循環システムを使い、ヨーグルトと冷凍ナンノクロプシスの混合餌料を与えて飼育し、89～91日目と114日目の2回0.5mm目合いのフルイを使い稚貝を回収した。2回の回収合計で平均殻長0.9～1.1mmの稚貝が、試験区Aでは33.5万個、試験区Bでは26.2万個、試験区Cでは28.1万個、試験区Dでは24.6万個回収された(表3)。飼育容器4個を設置した5000ℓ水槽の閉鎖循環システムで、ヤマトシジミ1mmの稚貝100万個程度の生産が可能であることが示された。なお、2回目の回収時には0.5mm目合いのフルイを抜ける個体がある程度確認されており、実際の生残数は回収数を上回ることになる。

表3. 閉鎖循環システムによるヤマトシジミ飼育結果

1回目		2018/10/22-24							
試験区		A		B		C		D	
フルイ目合い	平均殻長 (mm)	個数 (個)	平均殻長 (mm)	個数 (個)	平均殻長 (mm)	個数 (個)	平均殻長 (mm)	個数 (個)	
2mm残	3.90	1,140	3.90	569	3.70	159	3.50	324	
0.7mm残	1.30	105,000	1.30	61,000	1.30	83,000	1.30	52,000	
0.5mm残	0.83	149,000	0.83	109,000	0.82	145,000	0.90	99,000	
計		255,140		170,569		228,159		151,324	
総平均殻長	1.04		1.01		1.00		1.04		

2回目		2018/11/12,16							
試験区		A		B		C		D	
フルイ目合い	平均殻長 (mm)	個数 (個)	平均殻長 (mm)	個数 (個)	平均殻長 (mm)	個数 (個)	平均殻長 (mm)	個数 (個)	
0.5mm残	1.10	80,000	1.07	91,000	0.91	53,000	0.93	95,000	
計		80,000		91,000		53,000		95,000	
総平均殻長	1.10		1.07		0.91		0.93		
総回収数		335,140		261,569		281,159		246,324	

収容数に対して2回の回収で得られた稚貝の回収率は、試験区AとBで100%を超えており、収容時の収容数が過小に推定された可能性が高い(表4)。収容時の個数の推定は、3ℓの飼育水を均一に攪拌した状態で3ml採水しその密度から推定したが、0.2mmの稚貝を水中に均一な状態に分散させることができていなかった可能性が考えられる。

シジミ稚貝飼育の餌として前年度に稚貝育成の有効性と経済性を確認したヨーグルトと冷凍ナンノクロプシスを混合したもののみを使用した²⁾。成長に伴い摂餌量が増加するため、付表のように当初は基本濃度(1.0倍)から始め、摂餌量が増えるにつれて給餌量を増やすとともに、濃度を基準の1.5倍から3.0倍まで順次変更することで給餌量を調整した。

1試験区の総給餌量は、基本濃度(1.0倍)換算で約66.5ℓ、4試験区合計で約266ℓを使用した。与えた餌に使用した冷凍ナンノクロプシスは1.66kg、またヨーグルトは2.66kgで使用した餌の原料総額は、4,683円となり、10あたり17.6円と極めて安価であった。これまで種苗生産で使用したキートセロス カルシトランス(10ℓ入り税抜き34,000円)に比べて、集約的な大量種苗生産時においても大幅な生産コスト削減につながることを示された。

表4. ヤマトシジミの閉鎖循環飼育後の回収率

試験区	A	B	C	D
収容数(万個)	28.3	26.0	29.7	34.2
回収数(万個)	33.5	26.2	28.1	24.6
回収率(%)	(118.4)	(100.8)	94.6	71.9

表5. ヤマトシジミの閉鎖循環飼育後の回収率

餌種類	266ℓの混合餌料 作成に必要な量	製品価格		使用した 材量の価格
		梱包	価格	
冷凍ナンノクロプシス(ml)	1.66 kg	8 kg	18,400 円	3,818 円
ヨーグルト(g)	2.66 kg	400 g	130 円	865 円
合計				4,683 円

¹試験区の総給餌量は66.5ℓ、4試験区で266ℓ給餌し、殻長1mmのヤマトシジミ稚貝112.4万個を生産

循環飼育期間中の水温は、循環飼育開始後の8月下旬に気温の上昇により30℃にまで上昇したが、その後は概ね25℃前後で推移した(図3)。前年度に行った同施設での飼育では11月に入り25℃の設定温度を下回ることがあったが、スタイロフォームで水槽外側を覆うことで保温性が高まり、設定した25℃を維持することができた。

飼育水中のアンモニア態窒素は循環飼育開始から緩やかな上昇傾向を示し48日目に0.08mg/lに達した。その後0.05mg/l前後で推移した(図3)。この間にまとまったへい死は見られず、ろ過装置により飼育に適した水質が維持されたものと判断した。

溶存酸素は、ときおり7mg/l台を示した他は8mg/lを維持していた(図3)。

pHは7.90~8.35の間で推移した。期間をとおして緩やかに低下する傾向が見られた(図3)。

塩分は7.5~8.4psuの間で推移した(図3)。

本試験結果から飼育容器(アップウェリング容器)4個を設置した5000水槽の閉鎖循環システムを使い、飼育容器1個あたり殻長約1mmのシジミ稚貝24.6万~33.5万個、合計

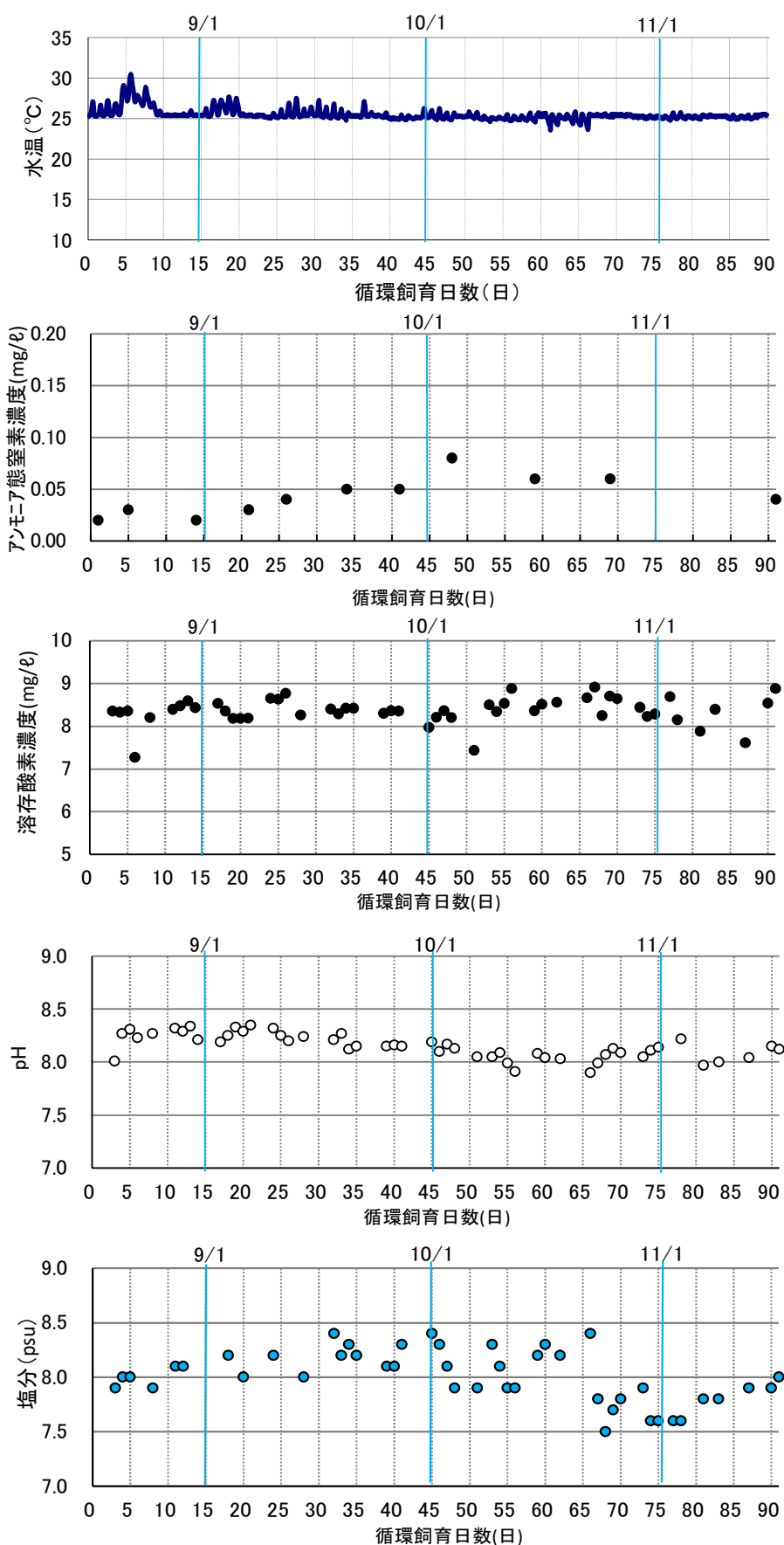


図3. ヤマトシジミ飼育中の水質観測結果
上から水温、アンモニア態窒素、溶存酸素、pH、塩分

で110万個を超える高密度生産が可能であることが示された。

閉鎖循環飼育で最も問題となるアンモニア態窒素は、飼育48日目まで徐々に増加し0.08mg/lに達したが、以降は0.05mg/l前後で安定していたことから、この濾過槽の規模で今回の給餌量程度の負荷には十分対応できることがわかった。また、稚貝の成長は遅かったものの、最終的な回収率は71%以上と高く、飼育水の環境はシジミ稚貝にとって十分良好に保たれていたと考えられる。

本試験では産卵後止水で23日間飼育管理した後、循環水槽へ収容し91日間合計114日間の飼育し、殻長約1mmの稚貝回収1回目を産卵後89~91日後（循環飼育66~68日後）、2回目を114日後（循環飼育91日後）と産卵から4か月弱の飼育期間となった。好適な条件のもと低密度で飼育した場合には殻長1mmに達するのに着底稚貝から40日程度であった²⁾ことに比べて、長期間の飼育期間を要した。成長が遅かった理由として、収容密度の高いことや、本試験で使用した濾過槽のアンモニア除去能力が把握できなかったため給餌量を控え目にしていたことが考えられる。また、常に飼育容器内は飼育水がかけ流されているために、給餌直後から餌は飼育容器外に飼育水と共に流れだし、稚貝にとって餌が十分に存在する時間が短かったことが考えられる。餌が十分に存在する状態を継続できるように、飼育方法や給餌方法を改善することで殻長1mmまでの飼育期間を短縮する可能性がある。

文 献

- 1) 長崎勝康 (2021) シジミ安定生産のための資源管理手法の開発事業（閉鎖循環システムによるヤマトシジミ種苗生産）。平成29年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告, 13-16
- 2) 長崎勝康 (2021) シジミ安定生産のための資源管理手法の開発事業（シジミ種苗生産のための低コスト餌料の検討）。平成29年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告, 17-20