

シジミ安定生産のための資源管理手法の開発事業

長崎 勝康

目的

ヤマトシジミ（以後シジミという）の産卵発生には適度な塩分が必要であるが、小川原湖では年により湖水の塩分がシジミの産卵発生に必要なとされる塩分より低いために再生産が進まず、資源量の減少につながる状況が見られる。そのため小川原湖漁業協同組合では、資源維持に向けてシジミラーバや殻長約 0.2mm の着底稚貝放流を行っているが、生残率や放流効果など不明な部分が多い。

大型種苗は一般的に生残率が高いことが期待されるため、小川原湖のシジミ種苗の放流効果向上に向けて大型種苗生産方法の確立が必要である。ここでは、近年注目されている閉鎖循環システムを使いシジミ種苗の中間育成を行い、同手法の可能性及び課題等を検討した。

材料と方法

閉鎖循環システムによるシジミ種苗育成

(1)閉鎖循環システム概要

システムは、5000飼育水槽（122×74×53cm）、水中ポンプ（テラダ CSL-100L）、1120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。水中ヒーターの設定水温は 25℃とした。5000水槽からポンプで濾過槽に飼育水を汲み上げ、濾過槽からアップウエリング容器（以後飼育容器という）には高低差で注水した（図 1、図 2）。

飼育容器底面には、オープニング 0.3mm のネットを敷き、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設置した。ろ過後の水は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。

同時に 100トスロンタンクを使った止水飼育を行い、閉鎖循環システムを使った飼育中の水質結果と比較した。止水飼育の塩分は約 8psu、水温はトスロンタンクを 25℃の恒温水槽に収容することで一定にした。

閉鎖循環飼育時の塩分、溶存酸素(DO)、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、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素はポータブル吸光光度計（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（Onset 社 UTBI-001）で 1 時間毎に測定した。また止水飼育の水質は、pH 以外の項目について同様に測定した。

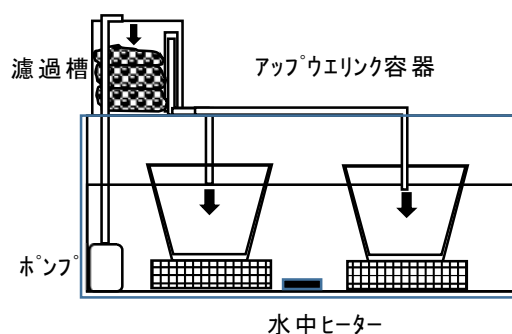


図 1. シジミ種苗育成用閉鎖循環システム



図 2. シジミ種苗育成用閉鎖循環水槽

(2) ヤマトシジミ稚貝飼育方法

① 使用した稚貝

8月19日に小川原湖産のシジミを親貝として、産卵誘発のために塩分を8psu程度に調整して作出した稚貝を、10ℓ水槽を使いキートセロス（ヤンマー生物餌料キートセロス）と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）を与えて9月25日まで37日間止水飼育したものを使用した。

閉鎖循環飼育試験には、このシジミ稚貝5万個（平均殻長0.7mm）を閉鎖循環水槽内に設置した飼育容器に収容した。

止水飼育を行う10ℓトスロンタンクには、同じ群のシジミ稚貝（平均殻長1.1mm）1.8万個を収容した。飼育試験は、9月26日から11月15日まで51日間行い、11月16日に全量回収し計数、測定した。

② 給餌

餌はキートセロス（ヤンマー生物餌料キートセロス）原液と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8psuの汽水で80倍に希釈したものを2:3で混合して使用した。閉鎖循環区には凡そ1日500ml与えた（付表）。また、10ℓトスロンタンクの止水飼育区では、朝、昼、夕方それぞれ50ml与えた。

③ 水替え

閉鎖循環区では、飼育期間中の水替えはしなかった。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にのみ8psu程度に調整するために湧水を加えた。止水飼育では、10月14日（飼育19日目）と10月31日（飼育36日目）に全量水替えした。

結 果

閉鎖循環飼育開始時に平均殻長0.7mm、5万個収容した稚貝は、52日後に平均殻長1.5mmの稚貝4.6万個が回収され、生残率は92%であった（表1）。止水飼育で開始時に平均殻長1.1mm、1.8万個収容した稚貝は、52日後に殻長1.7mmの稚貝1.7万個が回収され、生残率は94%であった。

25℃に設定した閉鎖循環区の水温は、飼育開始から10日目ぐらいまではほぼ25℃を維持していた。9月末から11月末と気温が低下する時期に試験を行ったため、10日目以降から気温の低下に伴い徐々に25℃を維持できなくなくなり、水温は低下し35日目以降は20℃前後に低下した。止水飼育の水温は、ほぼ25℃前後で推移した（図3）。

閉鎖循環飼育時の溶存酸素量は8mg/ℓ以上の良好な状態を維持した（図4）。

表 1. 閉鎖循環システムによるシジミ稚貝飼育結果

	飼育日数	収容日	52日目
閉鎖循環区	平均殻長 (mm)	0.7	1.5
	収容数 (個)	50,000	
	生残数 (個)		46,000
	生残率 (%)		92
止水区	平均殻長 (mm)	1.1	1.7
	収容数 (個)	18,000	
	生残数 (個)		17,000
	生残率 (%)		94

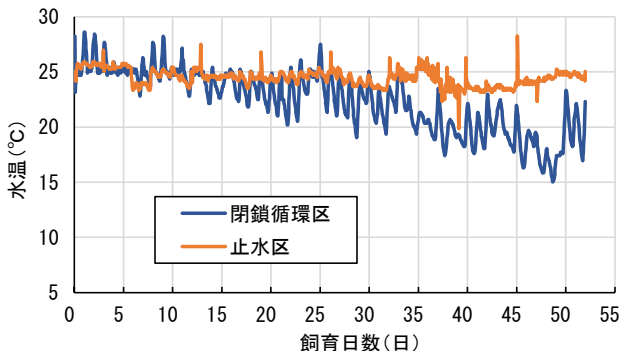


図 3. シジミ稚貝飼育中の水温の推移

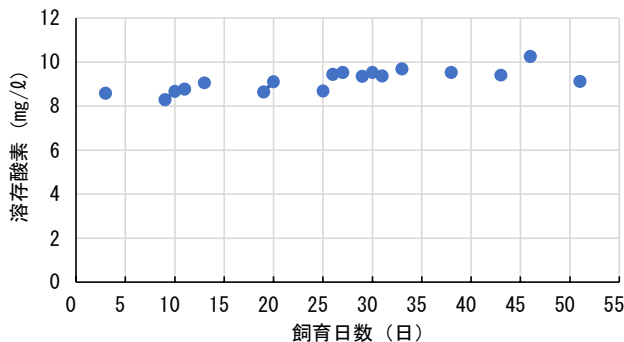


図 4. シジミ稚貝飼育中の溶存酸素の推移

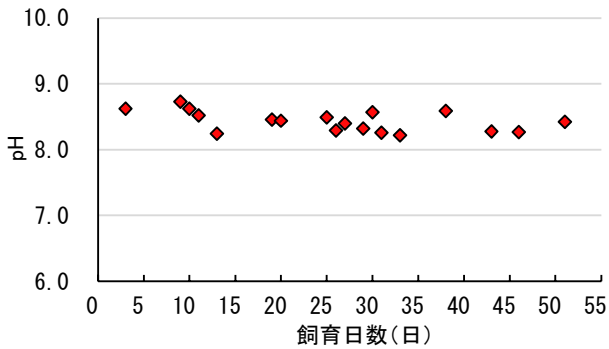


図 5. シジミ稚貝飼育中の pH の推移

塩分は 8.0~10.4psu で推移した (付表)。

閉鎖循環区の pH は、8.22~8.73 と高めで推移した (図 5)。

アンモニア態窒素濃度は、閉鎖循環区の飼育期間中の最大値は 0.04mg/l で、ほぼ 0 の状態が維持された。一方で止水区では、直線状に濃度は上昇し 2 回目の水替え直前には 7.00mg/l にまで上昇した。止水飼育では、水替えによって改善し、その後飼育に伴い上昇することを繰り返した (図 6)。

亜硝酸態窒素は、閉鎖循環区では飼育期間を通して最大値は 0.08mg/l でほぼ 0 の状態を維持していた。止水飼育ではほぼ直線的に上昇し、水替えで 0 に戻ることを繰り返した。飼育期間中の最大は 5.74mg/l であった (図 7)。

硝酸態窒素は、閉鎖循環区では飼育開始以降徐々に増加していき 25 日目に 11.00mg/l に達したが、30 日目には 2.50mg/l に急減し、その後また徐々に上昇を続け最終日には、13.0mg/l に達した。止水飼育ではあまり顕著ではないが飼育が進むとともに上昇し、水替えで回復することを繰り返した。期間中の最大値は最終日の 14.0mg/l であった (図 8)。

考 察

前述したように閉鎖循環システムによる 51 日間の飼育では、開始時殻長 0.7mm が 1.5mm に成長、収容数 5 万個に対して生残数が 4.6 万個で生残率 92% であった。また止水飼育の結果は、開始時殻長 1.1mm が 1.7mm に成長、1.8 万個収容で生残数が 1.7 万個で生残率 94% であった。シジミ稚貝の飼育例は非常に少ないため、閉鎖循環の成長と生残の結果の良否については一概に言えないが、今回の結果は現時点では実用化へ進むための可能性を示すものとなった。

飼育時期が 9 月 26 日から 11 月 15 日で気温が低下する時期であったため、水温は 25℃ 設定にもかかわらず 35 日目頃から 20℃ を下回る状況になった。この試験では水温を維持するために 300W ヒーターを使用した。外気温が低下する時期にはヒーターの能力を上げることや、飼育水槽の保温対策を強化する必要

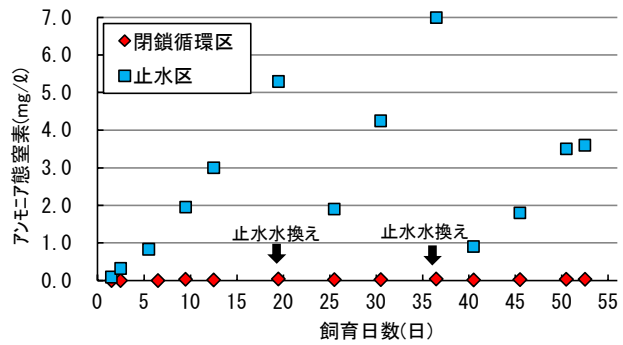


図 6. シジミ稚貝飼育中のアンモニア態窒素の推移

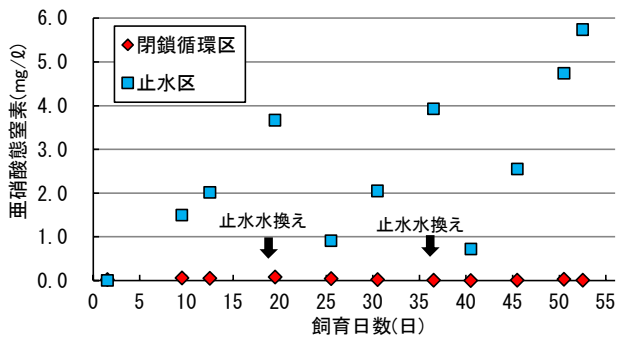


図 7. シジミ稚貝飼育中の亜硝酸態窒素の推移

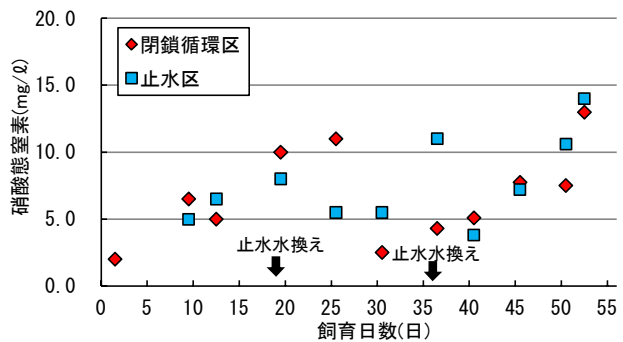


図 8. シジミ稚貝飼育中の硝酸態窒素の推移

がある。25℃の水温を維持することで、より良好な成長が見込まれる。

閉鎖循環飼育において最も課題となる、毒性の強いアンモニア態窒素濃度については、期間を通じて0.04mg/l以下に維持されていた。止水飼育のアンモニア態窒素は最大7.00mg/lにまで上昇し、その時期には給餌後飼育水が透明になるまでの時間が長くなり稚貝の濾水能力が落ちたものの、へい死などには至らなかったことから、ヤマトシジミのアンモニア態窒素に対する耐性は比較的強いものと考えられた。水産用水基準第7版（2012年版）のアンモニア態窒素基準は、淡水域で0.01mg/l、海域で0.03mg/lであり、閉鎖循環飼育中のアンモニア態窒素濃度は水産用水基準値を超えていたものの、止水飼育中の最大値7.00mg/lに比べて大幅に低く抑えられており、濾過槽は十分に機能していたと考える。

亜硝酸態窒素は、閉鎖循環飼育で最大0.08mg/l、止水飼育で最大5.74mg/lとなり、水産用水基準の淡水域0.03mg/l、海域0.06mg/lを超えていた。特に止水飼育では海域の基準の100倍近い濃度に達していたが生残等への影響はみられなかった。

閉鎖循環飼育の硝酸態窒素は飼育25日目には11.00mg/lまで上昇したが、30日目に4.5mg/lに低下した。この間に閉鎖循環水槽の水替えや飼育機器等は変更しておらず、値が減少した要因については不明である。分析ミス等も含めて検討したが、30日目以降の値が比較的きれいに上昇していることから、単純に分析ミスとも結論づけられなかった。飼育最終日には13.00mg/lまで上昇した。止水飼育では飼育最終日に最大値14.00mg/lを記録した。水産用水基準では、淡水域で9mg/l、海域で7mg/lとされており、両試験区とも基準値を超えていたが、生残等問題はみられなかった。

シジミ稚貝の飼育では、成長に適した塩分と水温を維持する必要がある。一般的に淡水養殖で行われるかけ流しによる飼育方法では、塩分調整と加温のための施設設置やランニングコストが課題となり実用化は難しいと考え、閉鎖循環システムの応用を検討した。この試験では51日間の飼育期間で平均殻長0.7mmから1.5mmの成長と生残率92%の結果が得られ、水替えや水槽の清掃などを行わず、給餌のみの省作業飼育による中間育成が可能であることが確認された。

今後、実用化を目指すうえで、省作業性に加えて、水温維持のための保温と加温方法、集約的な生産のための適正収容密度や生産コストの検討が必要である。

付表. 閉鎖循環及び止水飼育時の給餌表

月日	曜日	飼育日	閉鎖循環飼育				止水飼育			
			朝	昼	夕	塩分調整 (psu)	朝	昼	夕	備考
9/26	月	1	500	—	250	8.0	50	50	50	
9/27	火	2	250	—	250		50	50	50	
9/28	水	3	—	—	400		50	50	50	
9/29	木	4	250	—	250		50	50	50	
9/30	金	5	—	—	400		50	50	50	
10/1	土	6	500	—	—		50	50	—	
10/2	日	7	—	—	—		—	—	—	
10/3	月	8	500	—	—		50	—	50	
10/4	火	9	500	—	—	9.9→8.8	50	50	50	
10/5	水	10	500	—	—		50	—	50	
10/6	木	11	500	—	—		50	—	50	
10/7	金	12	500	—	—		50	50	50	
10/8	土	13	500	—	—		50	—	—	
10/9	日	14	—	—	—		—	—	—	
10/10	月	15	500	—	—		—	—	—	
10/11	火	16	500	—	—		50	50	50	
10/12	水	17	500	—	—		50	50	50	
10/13	木	18	500	—	—		50	50	50	
10/14	金	19	500	—	—	10.4→8.6	50	50	50	水替え
10/15	土	20	—	—	—		—	—	—	
10/16	日	21	—	—	—		—	—	—	
10/17	月	22	500	—	—		50	50	50	
10/18	火	23	500	—	—		50	50	50	
10/19	水	24	500	—	—		50	50	50	
10/20	木	25	500	—	—	9.2→8.9	50	50	50	
10/21	金	26	500	—	—		50	50	50	
10/22	土	27	500	—	—		120	—	—	
10/23	日	28	—	—	—		—	—	—	
10/24	月	29	500	—	—		50	—	—	
10/25	火	30	500	—	—		50	50	50	
10/26	水	31	500	—	—		50	50	50	
10/27	木	32	500	—	—		50	50	50	
10/28	金	33	500	—	—	9.5→8.5	50	50	—	
10/29	土	34	500	—	—		—	—	—	
10/30	日	35	—	—	—		—	—	—	
10/31	月	36	500	—	—		50	50	—	水替え
11/1	火	37	500	—	—		—	50	—	
11/2	水	38	500	—	—		50	50	40	
11/3	木	39	—	—	—		—	—	—	
11/4	金	40	500	—	—		50	30	—	
11/5	土	41	500	—	—		—	—	—	
11/6	日	42	—	—	—		—	—	—	
11/7	月	43	500	—	—		50	50	30	
11/8	火	44	500	—	—		50	30	20	
11/9	水	45	500	—	—		50	30	50	
11/10	木	46	500	—	—	10.0→8.7	50	50	50	
11/11	金	47	—	—	—		50	40	50	
11/12	土	48	500	—	—		120	—	—	
11/13	日	49	—	—	—		—	—	—	
11/14	月	50	500	—	—		50	50	50	
11/15	火	51	500	—	—	8.8	50	50	30	
11/16	水	52	—	—	—		—	—	—	