

シジミの大型種苗生産技術と放流手法の開発事業

松谷 紀明

目的

ヤマトシジミ（以下、シジミと記載）の持続的漁業生産に向けた資源管理手法として、大型種苗生産技術と放流手法を開発する。2019年度は大型種苗生産技術開発に関する検討を行った。

材料と方法

1. シジミ稚貝の中間育成技術開発

前事業において、閉鎖循環システムを用いてヨーグルトを混合した低コスト餌料（以下、「ヨーグルト混合餌料」という。）を給餌して飼育¹⁾した後、自然水かけ流し式で中間育成²⁾することにより、低コストでシジミ大型種苗を生産できる可能性が示された。

2019年度は放流後の高生残率が期待される殻長10mmまで成長させるために必要な初期サイズの検討を行った（図1）。

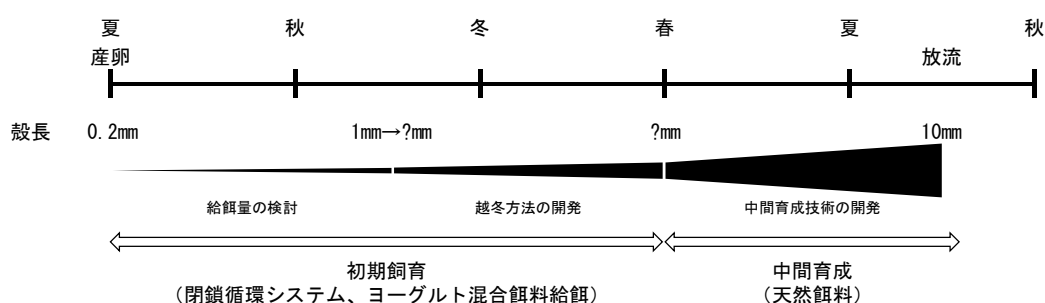


図1. シジミの大型種苗生産技術開発のイメージ

(1) 供試貝

2018年7月に生産した種苗を閉鎖循環システムにおいてヨーグルト混合餌料を給餌し、2019年4月下旬まで飼育したシジミ稚貝を用いた。平均殻長別に①大(5.3mm)、②中(3.3mm)、③小(1.7mm)に区分し、各区シジミ稚貝を1,027個体ずつ供した。

(2) 試験水槽及び測定項目

飼育システムは、500L水槽、底面に目合500 μ mのネットを設置したアサリ稚貝飼育用アップウェリング容器（以下、「飼育容器」という。）3個、沈殿槽及びポンプで構成した（図2）。飼育水には内水面研究所調整池の自然水を使用し、ポンプで沈殿槽へ汲み上げ、沈殿槽から飼育容器の上面へ3L/分注水し、底面を抜けて流れるようにした。飼育容器3個に(1)の①～③の供試貝をそれぞれ収容した。

内水面研究所調整池に自然発生する天然餌料を摂餌させることとし、追加給餌は行わなかった。2019年10月上旬までの間、定期的に殻長測定と生残率の算出を行った。

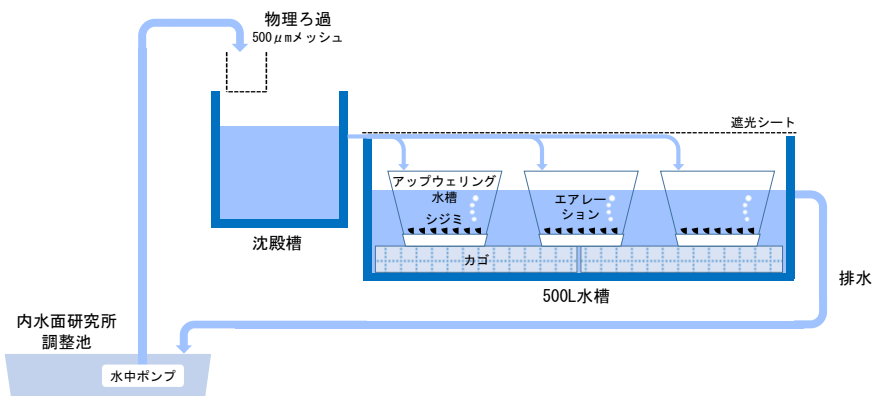


図2. 中間育成試験水槽概要

また、水温、溶存酸素量及びpHの測定を行った。

2. 初期飼育におけるシジミ稚貝への給餌量の検討

前事業において、閉鎖循環システムを用いて、ヨーグルト混合餌料を給餌することにより、殻長 1mm 稚貝の大量生産が可能となった¹⁾。2019 年度は給餌量を増やすことにより、成長促進できるか検討した (図 1)。

(1) 供試貝

2019 年 8 月に小川原湖漁協においてシジミの産卵誘発を行い、ふ化したラーバを内水面研究所に輸送した。20L トスロンで着底まで無給餌で飼育したシジミ稚貝 86 万個体を供試貝とした。

(2) 給餌量の検討

2018 年度と同様の閉鎖循環システム¹⁾を 2 基設置し、④通常量給餌区及び⑤3 倍量給餌区とした。各区 500L 水槽に、底面に目合 91 μ m のネットを設置した飼育容器を 2 個ずつ設け、それぞれに 2. (1) の着底稚貝を 21.5 万個体収容した。なお、飼育容器内に砂を入れた。ヒーターは両区とも 28.0 $^{\circ}$ C に設定した。ヨーグルト混合餌の混合割合はマニュアル³⁾に倣い、餌の濃度は、④通常量給餌区に与えるヨーグルト混合餌料を基準とし、餌を構成するヨーグルトと冷凍ナンノクロロプシスの濃度を④通常量給餌区の 3 倍にしたものを⑤3 倍量給餌区に与えた。以降、飼育期間の経過とともにヨーグルト混合餌料の濃度を上げながら飼育した。

給餌量は、両区とも 1~2 日目は 1 日 1 回、1 回あたり 50mL、3~4 日目は 1 日 2 回、1 回あたり 100mL、それ以降の平日は 1 日 3 回、1 回あたり 100mL、祝休日は 1 日 1 回、150mL とした (表 1)。2019 年 11 月に

0.7mm 篩に残った個体を回収し、平均殻長を算出した。また、試験期間中、水温、溶存酸素量、pH 及びアンモニア態窒素濃度の測定を行った。

表 1. 給餌量検討試験におけるシジミ稚貝への給餌量

期間	④通常量給餌区		⑤3倍量給餌区	
	餌の濃度	1容器1日あたり給餌量*	餌の濃度	1容器1日あたり給餌量*
2019/8/7~8/16			無給餌	
2019/8/17~8/18	1倍	50mL	3倍	50mL
2019/8/19~8/20	1倍	200mL	3倍	200mL
2019/8/21~9/1	1倍	300mL	3倍	300mL
2019/9/2~9/16	2倍	300mL	6倍	300mL
2019/9/17~9/29	3倍	300mL	9倍	300mL
2019/9/30~11/6	4倍	300mL	12倍	300mL

* 8/24以降の祝日・休日は150mL

3. シジミ稚貝の越冬方法の開発

冬期間の飼育コストを下げるための飼育方法の検討を行った。飼育水温を下げることにより、ヒーターの加温コストの低減を図った (図 1)。

(1) 供試貝

2. の⑤3 倍量給餌区に由来し、2020 年 1 月中旬まで閉鎖循環システムにおいてヨーグルト混合餌料を給餌して飼育した稚貝を用いた。

(2) 冬期間の低コスト化の検討

2. で使用した閉鎖循環システム 2 基を使用し、⑦28 $^{\circ}$ C 区及び⑧20 $^{\circ}$ C 区とした。⑦28 $^{\circ}$ C 区は 300W ヒーターを 2 本使用し、水温 28.5 $^{\circ}$ C 設定にした。⑧20 $^{\circ}$ C 区は 300W ヒーターを 1 本使用し、水温 20.5 $^{\circ}$ C 設定にした。各試験区に、底面に目合 263 μ m のネットを設置した飼育容器を 2 個ずつ設け、それぞれの容器に 3. (1) の稚貝のうち、1mm 篩に残った平均殻長 2.1~2.2mm の稚貝 1 万 7 千個体、0.7mm 篩に残った平均殻長 1.3mm 稚貝 1 万 2 千個体ずつ収容した。なお、飼育容器内に砂を入れなかった。

等濃度のヨーグルト混合餌料をすべての飼育容器に等量給餌し (表 2)、2020 年 2 月下旬及び 3 月下旬に平均殻長を測定した。重量法を用いて個体数を算出し、生残率を算出した。定期的

に水温、溶存酸素量、pH、アン

表 2. 越冬試験におけるシジミ稚貝への給餌量

期間	⑦28 $^{\circ}$ C 区		⑧20 $^{\circ}$ C 区	
	餌の濃度	1容器1日あたり給餌量*	餌の濃度	1容器1日あたり給餌量*
2020/1/14~3/31	4倍	300mL	4倍	300mL

* 祝日・休日は150mL

モニタリング室素濃度及びヒーターの積算電力量を測定した。

結果と考察

1. シジミ稚貝の中間育成技術開発

内水面研究所調整池の自然水かけ流し式で中間育成することにより、2019年4月下旬時点で平均殻長5.3mm、3.3mm、1.7mmのシジミ稚貝が2019年8月中旬には目標である平均殻長10mmを超えるサイズに成長した(図3)。初期サイズ別の平均殻長10mm到達時期は、①大(5.3mm開始)が6月中旬から7月中旬の間、②中(3.3mm開始)が7月中旬から8月中旬の間、③小(1.7mm開始)が7月中旬から8月中旬の間であった。その後、中間育成を継続した結果、2019年9月上旬から斃死個体が出現し始めた。500L水槽内の貧酸素化(図4)、取水した調整池での硫化水素発生による斃死の可能性が考えられたが原因の特定には至らなかった。

2019年10月上旬まで中間育成を継続し、生存個体に標識を施した後、小川原湖のタカトリ禁漁区内に野菜コンテナを埋設し、コンテナ内に放流した。

試験期間中の水温の範囲は、15.1~27.7℃、溶存酸素量の範囲は、3.2~9.7mg/L、pHの範囲は、6.3~7.6であった(図4)。

今後、小川原湖において同方法をベースとして中間育成試験を行い、殻長10mmまで育成可能か確認する必要がある。

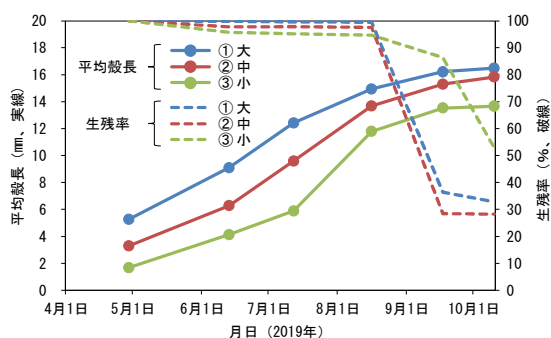


図3. 中間育成試験におけるシジミの平均殻長と生存率の推移

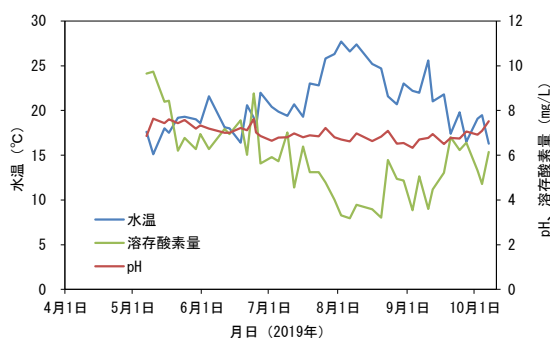


図4. 中間育成試験における水温、pH及び溶存酸素量の推移

2. 初期飼育におけるシジミ稚貝への給餌量の検討

2019年11月に0.7mm篩に残ったシジミを回収し、篩による選別を行った結果、④通常量給餌区は容器1及び2で0.7mm篩残りの個体数が最も多く、⑤3倍量給餌区は容器1及び2で1.0mm篩残りの個体数が最も多かった。0.7mm篩残り以上で算出した総平均殻長は、④通常量給餌区の容器1及び2で1.2mm、⑤3倍量給餌区の容器1及び2で1.9mmであり、⑤3倍量給餌区において大型の稚貝が得られた(表3)。

試験期間中の水温は、④通常量給餌区が26.8~27.7℃、⑤3倍量給餌区が26.1~28.1℃の範囲であった(図5)。

塩分は、④通常量給餌区が8.4~9.6psu、⑤3倍量給餌区が8.5~9.4psuの範囲であった(図6)。

溶存酸素量は、④通常量給餌区が7.6~8.4mg/L、⑤3倍量給餌区が6.9~8.2mg/Lの範囲であった(図7)。

pHは、④通常量給餌区が7.8~8.6、⑤3倍量給餌区が7.7~8.6の範囲であった(図8)。

アンモニア態窒素濃度は、①通常量給餌区が 0~0.06mg/L、②3 倍量給餌区が 0.04~0.17mg/L の範囲であり、②3 倍量給餌区の方が高い値で推移した（図 9）。両群とも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。

給餌量の調節により、秋までに殻長 2mm の種苗を生産することも可能であることが示された。今回の試験では 0.7mm 篩を抜けた稚貝の計数を行わなかったため、生残率については追加検証が必要である。また、3 倍量給餌区では飼育容器の底面に取り付けた 91 μ m 目合のプランクトンネットの目詰まりが頻発したため、種苗生産現場において実用化する際には、適宜、目合を大きくするのが望ましい。

表 3. 初期飼育におけるシジミ稚貝への給餌量の検討結果

	①通常量給餌群				②3倍量給餌群			
	飼育容器1		飼育容器2		飼育容器1		飼育容器2	
	平均殻長 (mm)	個体数 (個体)	平均殻長 (mm)	個体数 (個体)	平均殻長 (mm)	個体数 (個体)	平均殻長 (mm)	個体数 (個体)
4mm篩残		0		0	6.2	7	6.5	11
2mm篩残	3.2	7		0	3.5	1,637	3.5	1,938
1.0mm篩残	1.7	2,852	1.7	270	2.2	23,962	2.1	18,108
0.7mm篩残	1.2	34,805	1.2	13,121	1.3	14,366	1.3	12,525
0.7mm篩抜	-	-	-	-	-	-	-	-
総平均殻長* (mm)	1.2		1.2		1.9		1.9	

* 0.7mm篩残り以上で算出した総平均殻長

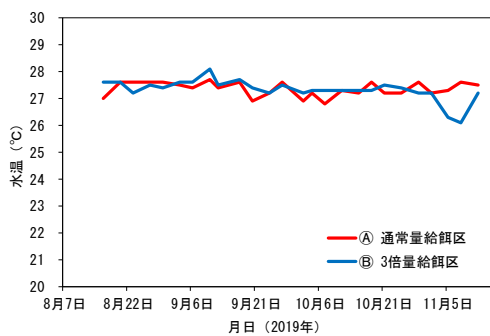


図 5. 給餌量試験における水温の推移

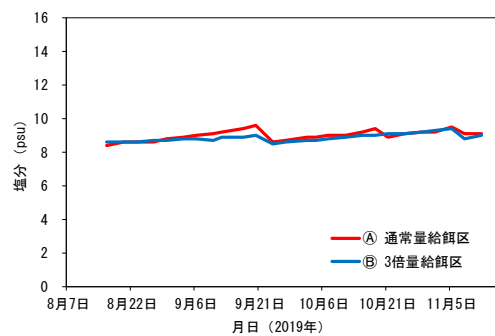


図 6. 給餌量試験における塩分の推移

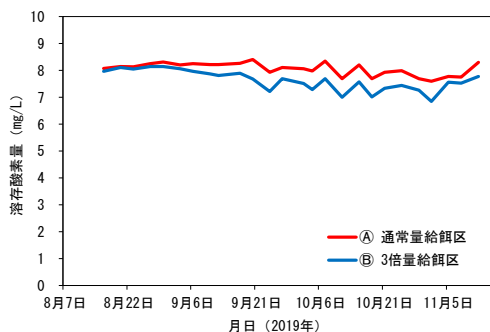


図 7. 給餌量試験における溶存酸素量の推移

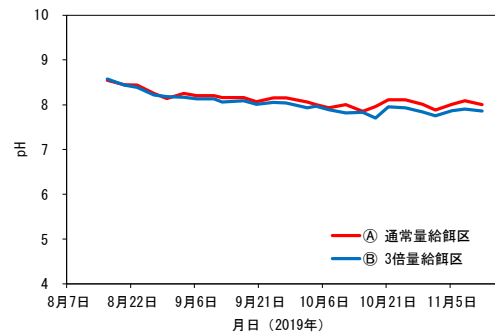


図 8. 給餌量試験における pH の推移

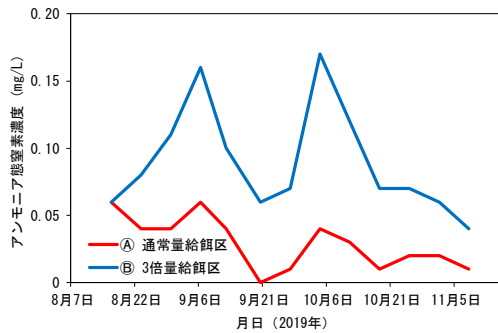


図 9. 給餌量試験におけるアンモニア態窒素濃度の推移

3. シジミ稚貝の越冬方法の開発

越冬期間中の給餌飼育により、㊦28℃区、㊧20℃区ともに平均殻長が増加した（図 10）。生残率は、㊦28℃区、㊧20℃区ともに 90%以上であった（図 11）。

試験期間中の水温の範囲は、㊦28℃区が 27.0～28.2℃、㊧20℃区が 19.7～21.0℃であり、㊦28℃区の方が高い値で推移した（図 12）。

塩分の範囲は、㊦28℃区が 7.7～8.9 psu、㊧20℃区が 7.9～8.6 psu であった（図 13）。

溶存酸素量の範囲は、㊦28℃区が 7.2～8.3mg/L、㊧20℃区が 8.3～9.1mg/L であり、㊧20℃区の方が高い値で推移した（図 14）。

pH の範囲は、㊦28℃区が 7.9～8.1、㊧20℃区が 8.0～8.2 であった（図 15）。

アンモニア態窒素濃度の範囲は、㊦28℃区が 0～0.05mg/L、㊧20℃区が 0～0.07mg/L であった（図 16）。両群ともまとまった斃死はみられず、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。

2020 年 3 月末時点の積算電力量は、㊦28℃区が 523kWh、㊧20℃区が 250kWh であり、52%の削減となった。1kWh=22 円で計算するとそれぞれ㊦28℃区が 11,506 円、㊧20℃区が 5,500 円であり、冬期間の飼育コストを低下できる可能性が示された（図 17）。

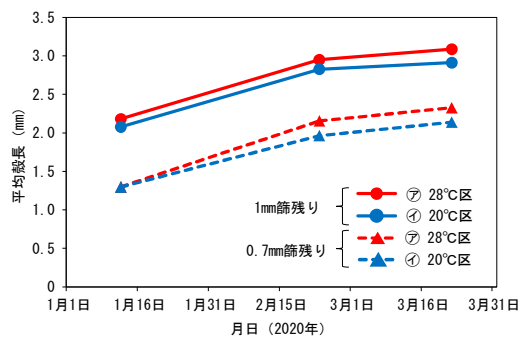


図 10. 越冬試験におけるシジミの平均殻長の推移

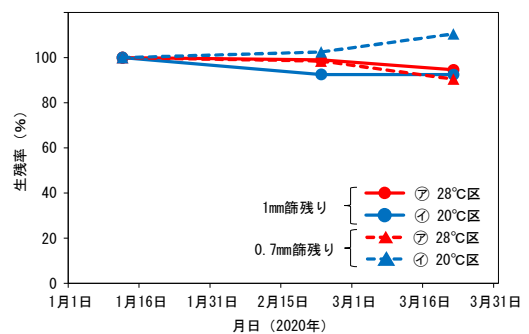


図 11. 越冬試験におけるシジミの生残率の推移

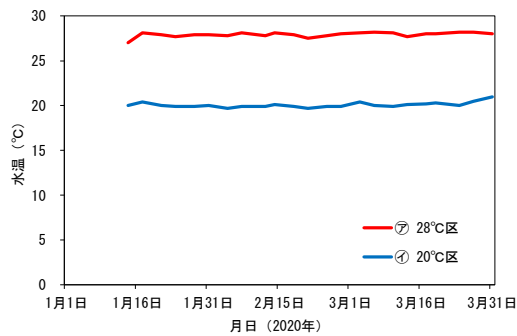


図 12. 越冬試験における水温の推移

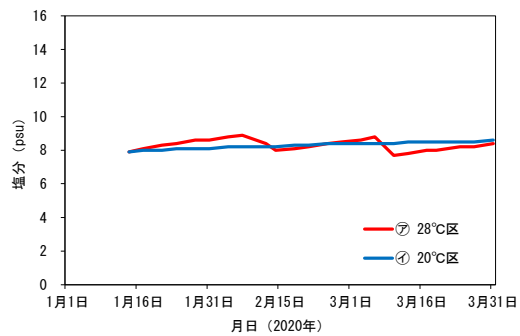


図 13. 越冬試験における塩分の推移

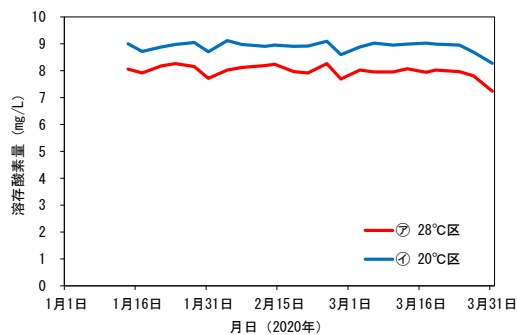


図 14. 越冬試験における溶存酸素量の推移

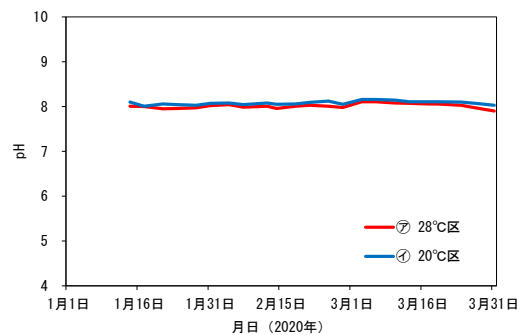


図 15. 越冬試験におけるpHの推移

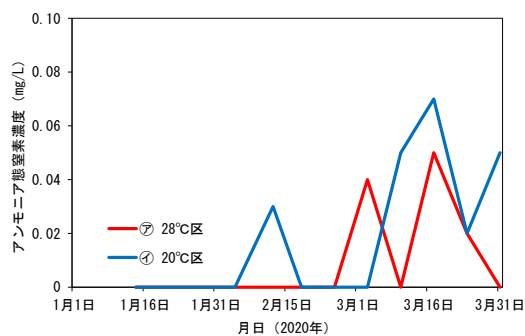


図 16. 越冬試験におけるアンモニア態窒素濃度の推移

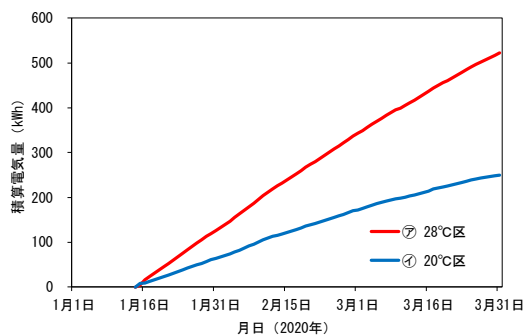


図 17. 越冬試験における積算電力量の推移

以上、本試験で得られた結果を導入した場合のシジミ大型種苗生産方法のイメージを図 18 に示した。

初期飼育において、閉鎖循環システムを用いて、ヨーグルト混合餌料の給餌量を増大することにより、ヒーターによる加温コストが大きくなる冬期以前に中間育成向けの種苗サイズまで大型化した。冬期は加温コストを削減するため水温設定を下げた種苗を飼育し、生残率の維持に努めた。春に餌料コストがかからない天然餌料による中間育成を開始し、夏には平均殻長 10mm を超える放流種苗に成長した。今回の試験では、給餌量の増大による中間育成向け大型種苗は数万個体レベル、中間育成試験では数千個体レベルの生産規模であったが、今後の実用化に向けては更なる増産が可能か検討する必要がある。

一方で、中間育成向け種苗の大型化は、餌料コストの増加や同一スペース内で飼育可能な個体数の減少

が想定される。内水面研究所調整池における中間育成試験により、4月末時点で平均殻長が1.7mmあれば8月中旬には平均殻長10mmを超える放流種苗に成長する可能性が示されたことから、平均殻長1.7mmの中間育成向け種苗を大量生産し、集約的に管理する方法も低コストな種苗生産を実現するための選択肢の一つとなりうると考えられた。

現状では効果的な放流時期は不明であるが、上記日程での大型種苗生産ができる可能性が示された。ただし、上記の生産イメージは、内水面研究所調整池での中間育成における成長をベースとして考えた場合の例である。今後、小川原湖など他水域に技術普及する際には、当該地において中間育成試験を行い、初期飼育完了時の目標サイズ等を検討する必要がある。

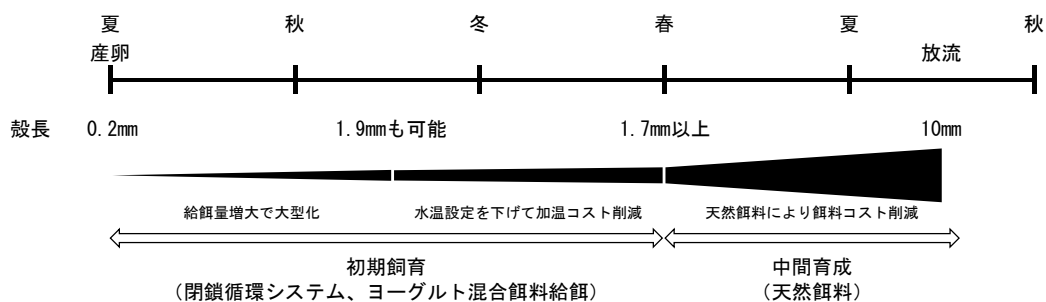


図 18. 本試験結果を導入したシジミ大型種苗生産のイメージ

謝 辞

ラーバの提供等に御協力いただきました小川原湖漁業協同組合に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 長崎勝康 (2022) 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). 平成 30 年度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事業報告書, 23-27.
- 2) 長崎勝康 (2022) シジミ安定生産のための資源管理手法の開発事業 (浮きカゴ式とかけ流し式中間育成方法の比較). 平成 30 年度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事業報告書, 31-32.
- 3) 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 (2019) ヤマトシジミ種苗生産マニュアル 2～殻長 1mm サイズまで～. 16pp