

中山凌・鈴木亮

目 的

つがる市車力産のマコガレイ親魚を用いて得られた仔稚魚について、中間育成を通して種苗生産技術の向上を図る。

材料と方法

1. 種苗生産

(1) 供試魚

2022年4月11日に当研究所でふ化した車力産マコガレイ仔魚約21万尾。

(2) 飼育条件

飼育水槽には10t円形水槽(水量8t)2面を用いて、調温海水をかけ流して飼育する従来¹⁾の方法で種苗生産を行った。水槽のうち、1面(以下、ふ化盆群)は仔魚ふ化前にふ化盆を収容することで飼育水槽で仔魚のふ化を行い、もう1面(以下、ボウル群)については卵管理水槽でふ化後、2日齢時に仔魚約11万尾をボウルを用いて飼育水槽に移動させた。

ふ化盆群について、ふ化盆収容時の卵管理水槽の水温は10.2℃、飼育水槽の水温は10.7℃であり、その後16日間をかけて14℃まで昇温させた。ボウル群については仔魚収容時の卵管理水槽の水温は11.4℃、飼育水槽の水温は11.8℃であり、その後11日間かけて14℃まで昇温させた。以降、取上げまでは14℃を維持し、濾過海水の温度が14℃を超えた時点で調温海水から濾過海水に切り替えた。換水率はふ化盆群では仔魚ふ化までは100%/日とし、ふ化後に50%/日にした。ボウル群では導入時に50%/日とした。その後両群とも12日齢時に100%/日、半数が着底した29日齢時までに150%/日まで上昇させ、以降取上げまでに250%/日まで上げた。仔魚のガス病の原因となる調温海水内の溶存ガスを取り除くため、活性炭を入れた脱気槽を設置した(図1)。脱気槽で濾過海水と調温海水を混合し、混合比を調整することで微細な調温を行った。脱気槽は朝と夕方の毎日2回、塩ビパイプ等で活性炭を突くことで、活性炭に吸着された微小な気泡を除去した。

飼育開始からワムシ給餌を終了した36日齢まで、槽内の照度低下のために飼育水槽にハイグレード生クロレラV12(クロレラ工業㈱、以下、HG-V12)を毎朝添加した。添加量は飼育開始～14日齢までは200mL/日、15日齢～36日齢までは100mL/日で、添加時刻は8:30とした。汚れの除去のため、着底前である29日齢時に内径25mmアクリル管を用いたサイフォン方式にて1回目の底掃除を行い、それ以降取上げまでは底面の汚れに応じて適宜底掃除を行った。飼育尾数調整のため、51日齢時点でボウル群の未着底個体を金魚網で回収し、分槽した。

取上げ時の尾数及び生残率は、重量法を用いて算出した。

(3) 餌料

生物餌料として、シオミズツボワムシS型八重山株(以下、Sワムシ)、および北米ソルトレイク産のアルテミア(アフロディテ、㈱北村)を使用した。配合飼料にはアンブローズ100および200(フィード・ワン㈱)を使用した。



図1. 脱気槽外観

①S ワムシ

S ワムシの培養には 0.6t 角型 FRP 水槽 2 基を用いた。100% 海水を 20mL/10s で注水し、ヒーターを用いて水温 23-25℃で粗放連続培養を行った。ワムシの餌料には HG-V12 を用いて、700-900mL/日を目安に淡水を注加して 4-5L/日の割合まで希釈した後、電磁定量ポンプを用いて 24 時間連続給餌した。ワムシは給餌前日に必要量を収穫し、200L アルテミアふ化槽に収容して栄養強化を行った（表 1）。強化剤には HG-V12 を用いて、給餌前日の午後と給餌当日の午前に 1 回ずつ強化を行った。マコガレイへの給餌期間は 3 日齢から 36 日齢までとした（表 2）。

表 1. ワムシ培養および強化条件

ワムシ種類	S型八重山株
培養水量	0.6 t
培養水温	23-25℃
強化剤	H G - V 12
強化時刻	16:00
強化量	100mL*
再強化時刻	8:30
再強化量	50mL*

*総強化個体数が1億を超えた場合は1.5倍量を添加

②アルテミア

アルテミアのふ化および強化には 500L アルテミアふ化槽計 4 基を用いた。給餌の 2 日前に必要量を計算し、それに基づいた乾燥卵を 28℃の 80%海水に収容し、45 時間かけてふ化さ

表 2. ワムシのマコガレイへの給餌条件

	午前	午後
給餌時刻	9:00	13:00
強化時間	17 h	22 h
給餌量 (水槽1面/回当り)	500万-3600万個体	300万-2400万個体
給餌期間	3-36日齢	
総給餌量	20億個体	

せた。給餌前日にマグネットセパレーターを通して卵殻を除去しつつ収穫し、必要水量を貯めた強化槽に移した。強化は給餌前日の午後と給餌当日の午前の 2 回行った（表 3）。強化剤にはインディペプラス（サイエンテック㈱）を使用し、表 4 の基準に従った強化量を 14℃調温海水 3L に入れ、ハンドミキサーで約 3 分間攪拌した後、強化槽に直接添加した。給餌頻度は午前と午後に各 1 回ずつとし、マコガレイへの給餌期間は、18 日齢から 64 日齢までとした（表 5）。

表 3. アルテミアのふ化および強化条件

産地	米国ソルトレーク
ふ化水量	表4に準じる
ふ化水温	28℃
強化剤	インディペプラス
強化時刻	16:00
強化量	表4に準じる
再強化時刻	8:30
再強化量	表4に準じる

表 4. アルテミアの栄養強化量

必要量 (万個体)	ふ化・強化水量 (L)	強化量 (g)	再強化量 (g)
<1500	100	10	5
1500-2000	200	20	10
2000-2500	200	30	15
2500-3000	300	40	20
3000-3500	300	50	25
3500-4000	400	60	30
4000-4500	400	70	35
4500-5000	500	80	40
5000-5500	500	90	45
6000<	500	100	50

表 5. アルテミアのマコガレイへの給餌条件

	午前	午後
給餌時刻	11:30	15:30
強化時間	19.5 h	23.5 h
給餌量 (水槽1面/回当り)	100万-400万個体	100万-400万個体
給餌期間	18-64日齢	
総給餌量	3.6億個体	

③ 配合飼料

配合飼料は、22 日齢から 40 日齢まで、最初は成長に応じて 1 日に 1 回、ワムシ給餌後かつアルテミア給餌前の 9:00 に、3-8 g/面を海水に溶かして手撒きで与えた。40 日齢から取上げ日まで自動給餌器を用いて、1 日に 24-30g を 4-5 回に分けて与えた（表 6）。

2. 中間育成

(1) 供試魚

種苗生産で得られたマコガレイ稚魚 7.0 万尾のうち、2.4 万尾（ボウル群由来）。

(2) 飼育条件

飼育水槽は種苗生産に引き続き 10 トン円形水槽を使い、調温海水をかけ流して飼育水温 14℃を維持した。換水率は 200%/日で開始し、稚魚の成長とともに徐々に上昇させ、最終的に 2,200%/日で飼育した。水槽底面の汚れの程度に応じて、適宜内径 25mm のアクリル管を用いサイフォン方式で掃除を行った。成長と飼育密度に応じて適宜分槽および水位調整（5-8t）を行った。

(3) 配合飼料

配合飼料であるアンブローズ 200、400、600、800、EP1（フィード・ワン社）を成長に合わせて順次切り替えつつ、稚魚体重の 5%を目安に自動給餌器を使用して 5 回/日の頻度で給餌した（表 7）。

表 6. 配合飼料の給餌条件

飼料種類	アンブローズ100・200混合 (比率1:1)	
	41-56日齢	61-64日齢
給餌期間	7:00, 9:00, 12:00, 13:30	7:00, 9:00, 12:00, 13:30, 16:00
給餌時刻		
給餌量 (水槽1面/回当り)	6 g	
総給餌量 (100・200合計)	1128 g	

表 7. 配合飼料の給餌条件

飼料種類	アンブローズ200・400・ 600・800・EP1	
	7:00, 9:00, 12:00, 13:30, 16:00	
給餌時刻		
給餌量 (水槽1面/回当り)	6-30 g	
給餌期間	65-201日齢	
総給餌量	20.1 kg	

結 果

1. 種苗生産

ふ化仔魚 21 万尾を用いて種苗生産を行い、アルテミアの給餌が終了した 2022 年 6 月 13 日（64 日齢）で取上げた結果、平均全長 11.2 mmの稚魚 7.0 万尾が得られ、生残率は 30.0%であった（表 8）。

表 8. マコガレイ種苗生産結果

ふ化仔魚の収容				取上げた稚魚の状況				生残率 (%)
稚魚群	収容日	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	飼育 期間	水温 (℃)	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	
ふ化盆群	2022/4/7 ^{*1}	4.4	10.8	64	10.1-16.7	11.2	2.2	20.4
ボウル群	2022/4/12 ^{*2}	4.4	11.0	64	10.1-16.7	11.2	4.8	43.6

*1 卵管理水槽からふ化盆を移動した日。

*2 卵管理水槽から仔魚を移動した日。

2. 中間育成

種苗生産で得られた平均全長 13.1 mmの稚魚 7.0 万尾のうち、4.6 万尾については調整放流のため 2022 年 6 月 6 日に車力漁港より放流した。残る 2.4 万尾について 10 t 円形水槽で 141 日間の中間育成を行った結果、平均全長 82.1mm の種苗（208 日齢）が 1.6 千尾得られ、その生残率は 6.7%であった（表 9）。作出された種苗は全て、車力漁港に隣接する砂浜より放流を行った（表 10）。

表 9. マコガレイ中間育成結果

開始時の状況			終了時の状況				生残率 (%)
開始日	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	終了日	育成期間	平均全長 (mm)	生残尾数 (千尾)	
2022/6/14	11.2	2.4	2022/11/1	141	82.1	1.6	6.7

考 察

1. 種苗生産

2022 年度の種苗生産は前年の結果²⁾ (57 日齢で全長 14.6 mm・7.0 万尾：生残率 51.5%) と比べ、作出数は同等であったが、全長は小さく、かつ生残率は低い結果となった。この要因として、ボウル群の導入直後の減耗率の高さが挙げられる。ボウル群の導入では卵管理水槽から約 11 万尾をボウルを用いて飼育水槽に移送させたものの、移動の 2 日後 (4 日齢) に実施した柱状サンプリングによる推定尾数は 5.3 万尾と、導入数のほぼ半分であった。このため、種苗生産の開始尾数は実質的には 16.1 万尾であったと想定され。また、4 日齢の仔魚数を基準とした場合、ボウル群の生残率は 90.6%、全体の生残率は 43.5% となる。この大量減耗は脆弱なふ化直後の仔魚期にハンドリングを行ったことによるショックに起因すると考えられる。このため、飼育水槽への仔魚の収容は特別な理由がない限りふ化盆を用いることが推奨される。

また、日齢 45-47 日齢にかけてふ化盆群で減耗が見られた。この期間は本来全て着底済みであるはずだが、水槽内には常時遊泳している個体が確認され、またそのような個体は尾鰭の損傷が見られた。加えて、それ以外の個体においても往々にして各鰭に一定程度の損傷が見られた。マコガレイは飼育密度が高くなると他個体に噛みついて攻撃し、その結果鰭などが損傷することが知られている⁴⁾。当時の水槽内の環境は過密状態に起因する負傷個体が多くなったことに加えて、餌不足であったとも考えられる。このため、水槽全体様子と飼育魚個体レベルでの状態を毎日つぶさに観察し、分槽や給餌状況を適宜見直すことが重要である。調整放流した 4.6 万尾はふ化盆群の全数とボウル群の一部であったが、これはふ化盆群のアルテミアから配合飼料への切り替えがうまく進まなかったため、やむなく全数 (2.2 万尾) を放流したことにより起因する。ふ化盆群とボウル群は飼育開始以降、飼育密度と給餌量以外はほぼ同条件で飼育していたにもかかわらず、配合飼料への切り替えは成否が分かれたことから、こちらも同様に水槽内の状況に応じて給餌量や配合飼料の投与タイミングを変更する必要がある。

2. 中間育成

2022 年度の中間育成は前年の結果³⁾ (89 日齢で全長 29.3 mm・2 千尾：生残率 3.6%) と比べ、尾数は少ないものの、全長は著しく大きく、また生残率も高かった。種苗生産時と同様に、日齢 61-63 日にへい死が見られ、推定で当時の飼育魚の半数が減耗した。へい死個体を観察した結果、こちらも餌不足および高密度に飼育したことによる噛合いに起因する衰弱死と考えられるため、適切なタイミングでの分槽および給餌条件の見直しが重要である。

3. 青森県栽培漁業基本計画

第 7 次青森県栽培漁業基本計画 (以下、基本計画) における年間目標生産尾数及びサイズは全海域合計で 8.0 万尾、全長 30mm である。2022 年の生産実績は、日本海の 1.6 千尾と陸奥湾の 1.1 万尾⁵⁾ を合計す

表 10. マコガレイ放流結果

放流 月日	平均全長 (mm)	放流尾数 (千尾)
2022/6/6	11.2	46*
2022/11/2	82.1	1.6

*1 調整放流のため実績からは除外。

ると 1.3 万尾となり、目標には到達しなかった。他方、サイズは日本海で 82.1 mm、陸奥湾で 25.7 mm と日本海側については目標以上であった。放流実績には含まれないものの、日本海側においては 13.1mm で 4.6 万尾の調整放流を実施しているため、飼育状況にもよるが飼育期間を延長することで、目標到達に近づくと思われる。さらに、基本計画では技術水準目標として 30 mm で 2,000 尾/m² の目標値を掲げているが、これは先行研究⁴⁾で示された着底後で高密度とされる値（全長約 12 mm で 1305 尾/m²）を大幅に超過した数値である。すなわち、目標飼育条件は稚魚同士の攻撃による負傷やそれに起因する疾病の蔓延が極めて起こりやすい状態であると考えられる。従って、水槽内の飼育魚および環境に対して常に細心の注意を払いつつ、こまめな世話を実施するおとで、飼育技術を向上させ過密環境での飼育技術の確立が望まれる。

また近年は放流種苗の作出において遺伝的多様性への配慮が求められている⁶⁾。本研究では異なる親のペアを用いることで多様性確保に配慮しているものの、作出した種苗を放流したことによる実際の遺伝的な影響については不明である。今後は遺伝的攪乱リスク解明のため、放流後の遺伝的多様性の把握なども視野に入れつつ、マコガレイ資源の維持増大に向けて基本計画に則した種苗生産試験を行っていく必要がある。

文 献

- 1) 村松里美・鈴木亮・吉田雅範（2019）車力マコガレイ種苗作出試験．平成 30 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，412-418.
- 2) 村松里美・鈴木亮・高橋進吾（2021）車力マコガレイ種苗作出試験・親魚と採卵．2021 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，367-368.
- 3) 村松里美・鈴木亮・高橋進吾（2021）車力マコガレイ種苗作出試験・種苗生産と中間育成．2021 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，369-374.
- 4) 杉本晃一・鈴木金一・熊谷 明（2007）マコガレイ稚魚の飼育密度が噛み合い行動による鰭の欠損に与える影響．宮城県水産研究報告 7，13-15.
- 5) 中山 凌・高橋拓実・鈴木亮 野辺地マコガレイ作出試験．印刷中．
- 6) 人工種苗放流の遺伝的多様性に関する指針検討委員会（2015）人工種苗放流に係る遺伝的多様性への影響リスクを低減するための技術的な指針．29pp.