

野辺地マコガレイ種苗作出試験（親魚・採卵・種苗生産・中間育成）

高橋拓実

目 的

マコガレイ陸奥湾系群への資源添加を目的とした種苗放流に関して、野辺地産のマコガレイ親魚を用いて効率的な種苗生産技術について検討する。

材料と方法

1. 親魚と採卵

種苗生産用の親魚として、2023年12月12日（生産回次1）及び同18日（生産回次2）に野辺地町漁業協同組合に水揚げされたマコガレイのうち、試験用に提供された親魚候補（表1及び表2）を中山ら¹⁾の方法に従って当研究所に運搬した。

研究所に到着後、中山ら¹⁾に従って乾導法による人工授精を行い、生産回次1で4枚、生産回次2で2枚の計6枚のふ化盆を作成した。雌の成熟度は中山ら¹⁾に従い、採卵の可否および採卵に必要な腹部の圧迫強度を4段階に区分した（1：弱い圧迫で採卵可、2：少し強めの圧迫で採卵可、3：強い圧迫で採卵可、4：強い圧迫でも採卵不可）。また、魚病対策としてふ化盆を塩素濃度0.5ppmの電解海水に3分間浸漬させ、卵消毒を実施した。消毒前後の卵については、PCRによる魚病検査を実施した。

表1. 人工授精に使用した親魚と採卵状況

生産回次	性別	No.	全長 (mm)	体重 (g)	成熟 状態	採卵量 (g)	交配個体	ふ化盆No.	備考
1	♀	1	302	344.5	2	67.0	♂1	④	メスの成熟状態 1：腹部の弱い圧迫で採卵可 2：腹部の少し強めの圧迫で採卵可 3：腹部の強い圧迫で採卵可 4：腹部の強い圧迫でも採卵不可
		2	284	340.5	1	88.5	♂3,4	①	
		3	339	593.0	2	128.5	♂2,7	③	
		4	343	505.5	1	89.0	♂5,6	②	
	♂	1	348	476.0	-	-	♀1		
		2	311	353.0	-	-	♀3		
		3	361	568.5	-	-	♀2		
		4	366	484.0	-	-	♀2		
		5	364	474.0	-	-	♀4		
		6	376	436.5	-	-	♀4		
		7	350	510.0	-	-	♀3		
	♀	1	305	303.5	1	57.5	♂1,2,3	⑥	当研究所で作成可能なふ化盆の枚数が最大6枚のため、 ♀1と♀2の卵を混合してふ化盆1枚に塗布した
		2	275	262.5	1	66.0	♂1,2,3		
		3	377	885.0	1	264.0	♂4,5,6	⑤	
2	♂	1	334	394.5	-	-	♀1,2		
		2	297	286.0	-	-	♀1,2		
		3	324	342.0	-	-	♀1,2		
		4	351	418.0	-	-	♀3		
		5	323	367.5	-	-	♀3		
		6	305	288.0	-	-	♀3		

2. 卵管理

作成したふ化盆を、0.6t角型水槽（水量0.6t）に垂下して収容した。管理条件は、濾過海水をかけ流し（水温5.4-9.4℃、換水率2回転/日）、水流を生じさせるため微曝気とした。積算水温が60℃に達した時点で各ふ化盆から無作為に卵をサンプリングし、万能投影機を用いて受精率を求めた。

積算水温が 70-80℃に到達した時点で、受精率の良好なふ化盆を選定し、10t 円型水槽（水量 8t）または 20t 円型水槽（水量 16t）に収容した。ふ化までは濾過海水のかけ流しおよび微曝気の条件で管理した。ふ化開始後、換水率を 0.5 回転/日に低下させた。

ふ化が概ね完了したと判断された後、ふ化尾数の推定のため、日没から約 2 時間後、飼育水槽 3 ヶ所に柱状採水器を鉛直に底面まで挿入してふ化仔魚を採集・計数し、密度法によって水槽内の推定総尾数を算出した。

3. 種苗生産

【生産回次 1（1-①群及び 1-②群）】

2023 年 12 月 22 日にふ化盆①及び②を 10t 円形水槽 1 基に収容し、飼育を開始した（以下、1-①群及び 1-②群）。種苗生産は調温海水をかけ流して飼育する方法²⁾で行った。

飼育水温はふ化日に 6.5℃であった。その後 1 日あたり 0.5℃の昇温を目安に、注水する濾過海水と調温海水（最高 16℃）の割合の調整に加えて、換水率を 0.5 回転/日から 1 回転/日まで徐々に増加させることにより、11 日齢時に 14.0℃まで昇温させた。その後は飼育水温 14℃前後を維持するように、注水する濾過海水と調温海水の割合を調整した。仔魚のガス病対策のため、変態・着底の完了（43 日齢）まで、注水は活性炭を収容した脱気槽を経由して行った。また、成長に伴う飼育密度の変化に応じて適宜、選別・分槽・調整放流を行った。

2 日齢からワムシ給餌を終了する 51 日齢まで、日光は遮光して日中は電灯を点灯し、夜間は消灯した。この期間は 1 日 1 回、照度を低下させるため、8:30 にハイグレード生クロレラ V12（クロレラ工業製、以下、HG-V12）を飼育水槽に 200mL 添加した。また、取上げ日（アルテミア給餌の終了日：73 日齢）まで残餌等、底面の汚れに応じて適宜、サイフォン方式による底掃除を行った。

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）を 2-51 日齢まで給餌した。また北米ソルトレイク産のアルテミア（アフロディテ、㈱北村）を 30-73 日齢まで給餌した。配合飼料は 30 日齢以降、種苗の成長に応じてアンブローズ 100、同 200（フィード・ワン㈱）を給餌した。

S ワムシの餌料および強化剤として HG-V12 を使用し、培養・強化条件は中山ら²⁾に従った。給餌は 1 日 2 回 9:00 と 13:00 に行い、給餌量は S ワムシで 60 万-3200 万個体/回・面とした。

アルテミアの強化剤としてはインディペプラスを使用し、ふ化・強化条件は中山ら²⁾に従った。給餌は 1 日 2 回 10:30 と 14:30 に行った。給餌量は 40 万-900 万個体/回・面とした。

配合飼料は、初期は濾過海水中で攪拌後に手撒きで給餌し、種苗の成長に従い自動給餌器による給餌を開始した。手撒き給餌は取上げ日（73 日齢）まで行った。手撒き給餌は 1 日 2 回 9:00 と 15:00、アンブローズ 100 を 1-6 g/回・面とした。自動給餌器は 58 日齢から稼働させた。自動給餌器には、69 日齢まではアンブローズ 100 を収容し、5 分間の稼働を 1 日 4 回（10:30、12:30、14:30、16:30）に分けて、1.0-1.5g/回を給餌した。70 日齢から取上げまでは、給餌器にアンブローズ 100・同 200 を比率 1:1 で収容し、5 分間の稼働を 1 日 5 回（8:30、10:30、12:30、14:30、16:30）に分けて、1.0-1.5g/回を給餌した。

【生産回次 2（2-⑤群、2-⑥群）】

2023 年 12 月 31 日にふ化盆⑤を 20t 円形水槽に（以下、2-⑤群）、ふ化盆⑥を 1-①群及び 1-②群とは別の 10t 円形水槽に（以下、2-⑥群）収容し、飼育を開始した。種苗生産は調温海水をかけ流して飼育する方法²⁾で行った。

2-⑤群及び 2-⑥群の飼育水温はふ化日にそれぞれ 10.7℃、10.0℃であった。しかし後の結果で記述するように、2-⑤群についてはふ化仔魚がごく少数のため数日で廃棄処分とした。そのため、以下は 2-⑥群に関する記述となる。

ふ化日から1日あたり0.5℃の昇温を目安に、注水する濾過海水と調温海水（最高16℃）の割合の調整に加えて、換水率を0.5回転/日から1回転/日まで徐々に増加させることにより、11日齢時に13.7℃まで昇温させた。その後も飼育水温14℃前後を維持するように、注水する濾過海水と調温海水の割合を調整した。仔魚のガス病対策のため、変態・着底の完了（42日齢）まで、注水は活性炭を収容した脱気槽を経由して行った。

2日齢からワムシ給餌を終了する43日齢まで、日光は遮光して日中は電灯を点灯し、夜間は消灯した。この期間は1日1回、照度を低下させるため、8:30にハイグレード生クロレラV12（クロレラ工業製、以下、HG-V12）を飼育水槽に200mL添加した。また、取上げ日（アルテミア給餌の終了日：65日齢）まで残餌等、底面の汚れに応じて適宜、サイフォン方式による底掃除を行った。

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）を3-43日齢まで給餌した。また北米ソルトレイク産のアルテミア（アフロディテ、㈱北村）を26-65日齢まで給餌した。配合飼料は27日齢以降、種苗の成長に応じてアンブローズ100、同200（フィード・ワン㈱）を給餌した。

Sワムシの餌料および強化剤としてHG-V12を使用し、培養・強化条件は中山ら²⁾に従った。給餌は1日2回9:00と13:00に行い、給餌量はSワムシで330万-1200万個体/回・面とした。

アルテミアの強化剤としてはインディペプラスを使用し、ふ化・強化条件は中山ら²⁾に従った。給餌は1日2回10:30と14:30に行った。給餌量は55万-440万個体/回・面とした。

配合飼料は、初期は濾過海水中で攪拌後に手撒きで給餌し、種苗の成長に従い自動給餌器による給餌を開始した。手撒き給餌は取上げ日（65日齢）まで行った。手撒き給餌は1日2回9:00と15:00、アンブローズ100を1-6g/回・面とした。自動給餌器は50日齢から稼働させた。自動給餌器には、61日齢まではアンブローズ100を収容し、5分間の稼働を1日4回（10:30、12:30、14:30、16:30）に分けて、1.0-1.5g/回を給餌した。62日齢から取上げまでは、給餌器にアンブローズ100・同200を比率1:1で収容し、5分間の稼働を1日5回（8:30、10:30、12:30、14:30、16:30）に分けて、1.0-1.5g/回を給餌した。

4. 中間育成

【生産回次1（1-①群及び1-②群）】

2023年3月9日に稚魚を取上げし、中間育成を開始した。配合飼料は引き続きアンブローズ100・同200を比率1:1で混合し、自動給餌器を用いて1日5回に分けて1.0-1.5g/回を給餌した。生産した種苗は活魚水槽に収容し、酸素ボンベからエアレーションを行いながら野辺地漁港へ運搬・放流した。

【生産回次2（2-⑥群）】

2023年3月9日に稚魚を取上げし、中間育成を開始した。配合飼料は、中間育成開始時は引き続きアンブローズ100・同200を比率1:1で混合し、自動給餌器を用いて1日5回に分けて1.0-1.5g/回を給餌した。この群は全数を2024年度まで継続飼育したのち、標識放流することとした。

結 果

1. 親魚と採卵

【生産回次1（2-①群及び2-②群）】

人工授精に使用した雌（n = 4）は全長284-343 mm、雄（n = 7）は全長311-376 mmだった（表1）。採卵量は67.0-128.5 gだった。

【生産回次2（2-⑤群、2-⑥群）】

人工授精に使用した雌（n = 3）は全長275-377 mm、雄（n = 6）は全長297-351 mmだった（表1）。採卵量は57.5-264.0 gだった。

2. 卵管理

【生産回次 1（1-①群及び 1-②群）】

受精率は 0-50.4%であった（表 2）。受精卵の魚病検査結果は、ふ化盆①-④の消毒後の卵すべてで VNN の陽性もしくは疑陽性となったが、受精率が良好だったふ化盆①、②を選定し、種苗生産に使用した。ふ化が概ね完了したと考えられる 1 日齢時に 1 回目の仔魚の計数を行ったところ、ふ化盆①、②由来の仔魚は合計で 25.2 万尾と算出された。これは受精率から算出された推定ふ化尾数よりも大幅に多かったため、卵 1g あたりの卵数を 2,000 個とし、受精率を 100%と仮定した場合で算出し直したところ、ふ化率は 71.0%であった。

【生産回次 2（2-⑤群、2-⑥群）】

受精率は 31.6-38.3%であった（表 2）。受精卵の魚病検査結果は、ふ化盆⑤では消毒前の卵でアクアレオウイルス（ヒラメ型）が、ふ化盆⑥では消毒前の卵で VNN とアクアレオウイルス（ヒラメ型、マコガレイ型）、消毒後の卵で VNN の陽性もしくは疑陽性となったが、そのまま種苗生産に使用した。しかし、ふ化盆⑤から得られたふ化仔魚は 0.1 万尾とごく僅かであったため、1 月 10 日（8 日齢）に廃棄処分した。ふ化盆⑥からは 2.6 万尾の仔魚が得られ、平均全長 4.2mm、ふ化率は 33.3%であった（表 2）。

表 2. 卵管理およびふ化状況

採卵～卵管理							ふ化状況			
回次	採卵日	ふ化盆 番号	採卵量 (g)	受精率 (%)	受精卵数 (万粒)	水温 (℃)	ふ化日	ふ化尾数 (万尾)	全長 (mm)	ふ化率 (%)
1	2023/12/12	①	88.5	50.4	8.9	5.4-9.4	2023/12/26	25.2	3.9	71.0*
		②	89.0	39.3	7.0					
		③	128.5	0	0		正 常卵が見られなかったため12/18に全廃棄			
		④	67.0	0	0		正 常卵が見られなかったため12/20に全廃棄			
2	2023/12/18	⑤	264.0	38.3	20.2	5.4-6.8	2023/1/2	0.1	-	0.5
		⑥	123.5	31.6	7.8	5.4-6.8	2023/1/2	2.6	4.2	33.3

*卵1gあたりの卵数を2,000個とし、受精率を100%と仮定した場合

-:未測定または該当なし

3. 種苗生産

【生産回次 1（1-①群及び 1-②群）】

1-①群及び 1-②群の仔魚は、平均全長が 16 日齢時と 27 日齢時にそれぞれ 5.8mm、7.6mm であった。ふ化盆収容から 30 日齢時まで 1 基の 10t 円形水槽で飼育を行ってきたが、密度緩和のため、31 日齢時に半分程度を別の 10t 円形水槽に分槽した。その後も成長に伴う密度緩和のため、52 日齢時にもう 1 基の 10t 円形水槽への分槽を実施し、そこから計 3 基の 10t 円形水槽で飼育を行った。しかし 56-57 日齢時点で、過密で水槽底面に居場所がないことが原因と思われる多数の稚魚の遊泳行動が確認されたため、そのような個体を合計で 3.5 万尾程度掬い取り、当研究所前の栈橋から調整放流を行った。また 10t 円形水槽 1 基において、過密による噛み合いが原因と推測される減耗が発生し始めたため、66 日齢に 6.3 万尾をトラックで野辺地漁港へと運搬し、活魚水槽からホースを介して漁港内へ調整放流した。その後は 10t 円形水槽 2

基で飼育を継続し、結果として 73 日齢の取上げまでに 6.8 万尾の稚魚が得られた（表 3）。ふ化から取上げまでの全体の生残率は 26.6%と推定された。

【生産回次 2（2-⑥群）】

2-⑥群の仔魚は、平均全長が 9 日齢時と 22 日齢時にそれぞれ 5.0mm、7.8mm であり、1-①群及び 1-②群よりもやや成長が良い傾向であった。この群は 10t 円形水槽 1 基で飼育を継続し、取上げまでに推定 1.5 万尾の稚魚が得られた（表 3）。ふ化から取上げまでの全体の生残率は 57.7%と推定された。

表 3. マコガレイ種苗生産結果

飼育群	収容日*	尾数 (万尾)	調整放流・取上げ時の稚魚の状況			生残率 (%)	備考
			飼育 期間	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)		
1-① 1-②	2023/12/22	25.2	56	11.6	1.7	—	調整放流(当研究所前の栈橋)
			57	11.6	1.8	—	調整放流(当研究所前の栈橋)
			66	12.2	6.3	—	調整放流(野辺地漁港内)
			73	—	6.8	26.6	取上げ日(2024/3/8)
2-⑥	2023/12/31	2.6	65	—	1.5	57.7	標識放流のため 2024年度まで飼育継続

*角型0.6 t水槽からふ化盆を移動した日。

—:未測定または該当なし。

4. 中間育成

【生産回次 1（1-①群及び 1-②群）】

放流は取上げから 4 日後の 78 日齢時（2024 年 3 月 13 日）に行った。放流までの生残率を表 4 に、放流時におけるサイズと尾数を表 5 に示す。放流は当初、野辺地川河口で実施する予定であったが、当日になって波風が強くなったため、急遽野辺地漁港内で実施することとした。6.7 万尾をトラックで運搬し、活魚水槽からホースを介して漁港内へ放流した。

【生産回次 2（2-⑥群）】

75 日齢時における平均全長は 18.3mm であった。この群は引き続き 10t 円形水槽 1 基で飼育した後、2024 年度内に腹鰭抜去標識を施して放流する予定である。

表 4. マコガレイ中間育成結果

飼育群	開始状況			終了時の状況			生残率 (%)
	開始日	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	終了日	平均全長 (mm)	生残尾数 (万尾)	
1-① 1-②	2024/3/9	—	6.8	2024/3/13	14.6	6.7	98.5
2-⑥	2024/3/9	—	1.5	飼育継続中			

表 5. マコガレイ放流結果

放流 月日	平均全長 (mm)	放流尾数 (万尾)
2024/3/13	14.6	6.7

考 察

生産回次 1 において、ふ化盆①及び②から受精卵のサンプリングを行って算出した受精率は、それぞれ 50.4%、39.3%とやや低い値だった。そこから推定されるふ化尾数は、ふ化盆①、②を併せて 13 万尾程度であったことから、ふ化盆①と②を 10t 円形水槽 1 基へ収容した。しかし、実際にふ化した仔魚の数は 25.2 万尾と予想を大幅に上回る数であった。これはふ化盆の表面から受精卵を採取する際のサンプル数が少なかったことや、たまたま死卵の多い箇所から採取したことで、受精率を過小推定してしまったためと考えられる。このままでは過密状態であるため、できれば早めの分槽が必要であったが、ふ化したばかりの稚魚への分槽時のダメージ等を懸念し、高密度での飼育を 1 週間程度継続せざるを得なかった。その結果、噛み合いによって傷ついた個体が多く発生し、徐々に減耗していった可能性が考えられる。受精率を算出する際は受精卵のサンプリングを適切に実施し、より正確な受精率を把握した上で、ふ化盆を収容する水槽の大きさや水量を決定することの重要性を認識させられた。また、ふ化盆③及び④で受精が進まなかった要因としては、そもそも採卵の時点で雌 1 及び 3 の卵は過熟気味であり、ふ化盆への付着が良くなかったためと考えられる。

生産回次 2 において、ふ化盆⑤及び⑥から受精卵のサンプリングを行って算出した受精率は、それぞれ 38.3%、31.6%とやや低い値だった。この要因としては、人工授精に使用した精子の量の不足が考えられる。昨年度の結果¹⁾でも述べられているように、近年、マコガレイ親魚の漁場における雌雄の成熟期間にズレが発生し、漁獲される雌雄の数にもかなり差が生じている。今回生産回次 2 で提供された親魚についても、雌 3 尾は採卵に最適な状態であったのに対し、雄 6 尾は全個体がほぼ放精済みであった。そのため精子をできる限り搾出して人工授精を行ったが、卵の量に対して十分な量の精子が添加できていなかった可能性がある。また、ふ化盆⑤で受精率が 38.3%であったにも関わらず、ふ化仔魚が 0.1 万尾とごく僅かであった要因は、採卵量は多かったもののふ化盆に卵を厚く塗り過ぎたため、海水に接していない内側の卵へ溶存酸素の供給が不足していたことが考えられる。

文 献

- 1) 中山凌・高橋拓実・鈴木亮（2024）野辺地マコガレイ種苗作出試験 -親魚・採卵・卵管理-，2022 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，380-383.
- 2) 中山凌・高橋拓実・鈴木亮（2024）野辺地マコガレイ種苗作出試験 -種苗生産-，2022 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，384-389.