

長内万葉

目 的

マコガレイ日本海系群への資源添加を目的とした種苗放流に関して、つがる市車力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. 採卵と卵管理

2024年3月28日（生産回次1）と同年4月3日（生産回次2）に車力漁業協同組合に水揚げされたマコガレイの親魚を当研究所に運搬した。運搬の際には、親魚は雌雄別にそれぞれクーラーボックスへ収容し、魚体にかかる負担を軽減するため、海水で湿らせたスポンジの上に魚を配置して収容した。研究所に到着後、直ちに乾導法による人工授精を行った。受精卵は海水中でふ化盆（プラスチックコンテナに目合 560 μm のポリエチレンネットを貼り付けたもの）に塗布した。また、受精卵の一部を抽出及び凍結し、内水面研究所においてPCRによる魚病検査を行った。

作成されたふ化盆は0.6 t 角型水槽（水量0.6 t）に垂下して収容し、調温海水をかけ流して管理した。換水率は2回転/日とした。積算水温が50℃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。

2. 種苗生産

（1）飼育環境

ふ化後の換水率は0.5回転/日から17日齢時に1回転/日、20日齢時に1.4回転/日に上昇させ、以降取上げまでに3回転/日とした。調温海水は14℃を維持し、濾過海水の水温が14℃を超えた時点で調温海水から濾過海水のみに切り替えた。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、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。

日光は遮光して日中は電灯を点灯し、夜間は消灯した。また、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。添加時刻は8:30とした。添加量は20-50mL/日とした。底面の汚れに応じて、サイフォン方式にて適宜底掃除を行った。

（2）ふ化尾数

ふ化が概ね完了したと判断された後、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）餌料

①ワムシ

3-50日齢まで、シオミズツボワムシS型八重山株（以下、Sワムシ）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・鈴木¹⁾に従った。給餌は1日2回、9:00と13:00に行った。

②アルテミア

33-82日齢まで、北米ソルトレイク産のアルテミア（アフロディテ、㈱北村）を給餌した。アルテミアの強化剤としてインディペプラスを使用し、ふ化・強化条件は中山・鈴木¹⁾に従った。給餌は1日2回、10:30

と 14:30 に行った。

③配合飼料

38 日齢（5 月 13 日）から 82 日齢（6 月 26 日）の取り上げまで、アンブローズ 100、200（フィード・ワン社）を海水に溶かして手撒きで与えた。

④取り上げ尾数・生残率

尾数及び生残率は、重量法を用いて算出した。

3. 中間育成

（1）飼育環境

換水率は 3 回転/日から開始し、水温の上昇に従い徐々に増加させ、最終的に 6 回転/日とした。成長に伴う飼育密度の変化に応じて適宜、選別・分槽を行った。

（2）配合飼料

アンブローズ 200、400、600 を成長に合わせて順次切り替え、稚魚体重の 5%を目安に自動給餌器を使用して 6 回/日の頻度で給餌した。

結 果

1. 採卵と卵管理

人工授精に使用した親魚と採卵状況を表 1 に示す。親魚の搬入尾数は 3 月 28 日（第 1 回次）に 21 尾（雌 19 尾、雄 2 尾）、4 月 3 日（第 2 回次）に 19 尾（雌 12 尾、雄 7 尾）であった。このうち、第 1 回次の人工授精は雌 4 尾と雄 1 尾を、第 2 回次は雌 2 尾と雄 3 尾を用いた。

表 1. 人工授精に使用した親魚と採卵状況

生産回次	雌雄	個体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	32.0	398.0	3	41.0	♂1	①	採卵時血液が混ざった
		2	37.5	646.5	1	138.5	♂1	①	卵の状態良好
		3	39.3	871.5	3	184.0	♂1	②	採卵時血液が混ざった
		4	39.0	839.5	3	139.5	♂1	③	採卵時血液が混ざった
	♂	1	30.2	301.5	1	—	—	—	—
2	♀	1	31.8	391.5	2	82	♂1, 2	④	卵の状態良好
		2	43.0	1127.0	1	235.0	♂1, 3	⑤, ⑥	卵の状態良好
	♂	1	33.0	356.0	1	—	—	—	精巢を摘出して採精した
		2	32.0	371.0	1	—	—	—	—
		3	22.5	230.5	2	—	—	—	—

*雌の成熟度は中山・鈴木¹⁾に従い、採卵の可否および採卵に必要な腹部を圧迫する強度に応じて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)

卵管理の状況を表 2 に示す。卵塗布ふ化盆は各回次 3 枚ずつ作成し、0.6t 角型水槽 2 基に 3 枚ずつ垂下して卵管理を行った（以下、第 1 回次のふ化盆は①②③、第 2 回次のふ化盆は④⑤⑥という）。ただし、ふ化盆②及びふ化盆③は、受精卵の魚病検査結果により、ウイルス性神経壊死症 (Viral Nervous Necrosis: VNN) に罹患の可能性が高いと判断されたため、4 月 3 日に破棄した。受精率はふ化盆①で 14.7%、ふ化盆④で 5%、ふ化盆⑤で 41.7%、ふ化盆⑥で 35.6%であった。このうち、ふ化盆④は受精率が低かったため、4 月 9 日に破棄した。

ふ化盆収容からふ化前日までの飼育水温は、第 1 回次で 9.3–12.7℃、第 2 回次で 9.3–10.8℃の間で推移した。

表 2. 卵管理状況

卵管理					
採卵日	ふ化盆	採卵量 (g)	受精率 (%)	受精卵数 (万粒)	水温 (℃)
2024/3/28	①	179.5	14.7	5.3	9.0-12.7
	②	184.0	0	0	
	③	139.5	0	0	
2024/4/3	④	82.0	5.0	0.8	9.3-10.8
	⑤	117.0	41.7	9.8	
	⑥	117.0	35.6	8.3	

2. 種苗生産

(1) 飼育環境

種苗生産の結果を表3に示す。ふ化盆①は0.6t角型水槽でふ化させ、38日齢（5月13日）に10t円形飼育水槽（水量4t）へ移動した。ふ化盆⑤及びふ化盆⑥は、積算水温が60℃に達した4月9日に10t円形飼育水槽へ移動し、ふ化させた。ふ化日から取り上げ日まで（4月5日から6月26日まで）の飼育水温は、9.7-19.7℃の間で推移した。

(2) ふ化尾数

ふ化盆①からは、4月5日にふ化が確認され、ふ化率は37.9%であった。4日齢（4月9日）における平均全長は4.4mmで、得られたふ化仔魚は2.0万尾であった。

ふ化盆⑤及びふ化盆⑥からは、4月12日にふ化が確認され、ふ化率は70.2%であった。4日齢（4月16日）における平均全長は4.2mmで、両ふ化盆から得られたふ化仔魚は計12.7万尾であったが、14日齢（4月19日）までに大量減耗が生じたため、飼育を中止した。

(3) 餌料

82日齢（6月26日）の取り上げまでに給餌した餌料は、Sワムシが100万-1680万/日・回で計7.1億個体、アルテミアが10万-600万個体/日・回で計2.3億個体、配合飼料が1-60g/日・回で計1,350gであった。

(4) 取り上げ尾数・生残率

平均全長18.6mmの稚魚1.0万尾が生産され、生残率は50.0%であった。

表 3. 種苗生産の結果

ふ化状況				取り上げた稚魚の状況				生残率 (%)	水温 (℃)	備考
ふ化日	平均全長 (mm)	ふ化尾数 (万尾)	ふ化率 (%)	取り上げ日	飼育期間 (日齢)	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)			
2024/4/5	4.4	2.0	37.9	2024/6/26	82	18.6	1.0	50.0	9.7-19.7	
2024/4/12	4.2	12.7	70.2	-	14	-	-	-	-	14日齢（4/19）までに大量減耗のため全数処分

- : 該当なし

3. 中間育成

生産された稚魚1.0万尾を用いて中間育成を開始した。中間育成から放流までの飼育状況を表4に示す。中間育成中の飼育水温は、19.8-24.9℃とかなり高かった。放流までの生残率は40.0%で、平均全長43.3mm（28.0-64.0mm）の稚魚0.4万尾が生産された。放流は112日齢目（7月26日）に行い、稚魚全数を活魚

水槽に収容した。酸素ポンプからエアレーションを行いながら、車力漁港に運搬し、活魚水槽からホースを介して漁港内へ放流した。取り上げから放流までに給餌した配合飼料は 8-30g/日・回で計 2,059g であった。

表 4. 中間育成から放流までの飼育状況

中間育成開始状況				放流時の状況				生残率 (%)	水温 (℃)
開始日	飼育期間 (日齢)	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	放流日	飼育期間 (日齢)	平均全長 (mm)	放流尾数 (万尾)		
2024/6/26	82	18.6	1.0	2024/7/26	112	43.3	0.4	40.0	19.8-24.9

考 察

1. 種苗生産

雌 1 尾あたりの採卵量は平均 136.7g (82.0-235.0g) であった (表 1)。2022 年度の採卵量¹⁾が平均 141.5g (76.5-289.0g)、2023 年度の採卵量²⁾が平均 202.8g (111.5-320.0g) であったため、今回の採卵量はやや少ない結果となった。

受精率は、作成したふ化盆 6 枚のうち 2 枚が 0%で、いずれも第 1 回次の採卵分であった。受精が 0%であった要因は、雌の成熟状態に起因するものと推察される。腹部を強く押さないと採卵できなかった上に、卵に血液が混ざった状態のものや、卵が塊となっている状態あるいは水を多く含む状態であったことから、卵が未熟な状態であったと考えられる。受精率が 0%のふ化盆を除くと、その他のふ化盆における受精率は 2024 年度が 5-41.7%、2022 年度¹⁾が 74.4-90.6%、2023 年度²⁾が 64.9-78.0%と今回は大幅に低い結果となった (表 2)。これらのふ化盆は卵の外見は良かったものの、過熟または未熟な状態であった可能性がある。また、精子の活力が不足していた、あるいは採卵・搾精中にボウルに尿が混入したため、受精前に卵門が閉じて受精できなかった等も要因として考えられ、これらの要因が複合的に影響していると考えられる。

得られたふ化仔魚は第 1 回次が 2.0 万尾、第 2 回次が 12.7 万尾であった (表 3)。ふ化率は、前者が 37.9%、後者が 70.2%であった。第 1 回次のふ化率が低かった要因として、採卵量が 179.5g と比較的多く、ふ化盆に卵を厚く塗り過ぎたことで、内側の卵に酸素が供給されにくくなり、受精卵の生残率が低かったと考えられる。

4 日齢における仔魚の平均全長は、第 1 回次で 4.4mm、第 2 回次で平均 4.2mm と前年度の結果 (2 日齢で平均全長 4.7mm) と同程度であった。第 2 回次の仔魚はふ化率が良かったものの、17 日齢までに大量減耗した。この大量減耗は、誤って回転数を数分の間に 0.5 回転から 10 回転まで上げたことにより、仔魚が体力を激しく消耗したことが原因と考えられる。

一方、第 1 回次の仔魚は順調に成長し、82 日齢 (6 月 26 日) の取り上げ時には平均全長 18.6mm (13.6-22.7mm) だった (表 4)。前年度の結果と比較すると、前年度は 89 日齢で小型群が平均全長 16.3 mm、大型群が平均全長 21.0 mm であり、ほとんど差はなかった。しかし、飼育密度を考慮すると 2024 年度が 1.0 万尾/基、前年度が 3.2 万尾/基であったため、密度の低い 2024 年度の方が餌が行き渡りやすく、全長が大きくなることが期待されたが、実際は前年度と大差なかった。成長差が認められなかった要因として、2024 年度のアルテミア給餌開始の遅れが考えられる。アルテミアの給餌は 2024 年度が 33 日齢からであったのに対し、前年度は 18 日齢からと半月ほど早かった。成長に伴う栄養要求量の増大に、給餌餌料の切り替えが追い付かなかったため、初期成長に影響したと考えられる。

その後は、水温の上昇に伴い餌の食いつきが悪くなることが予測されたが、飼育水温が 20℃を超えた 87 日齢目まではそのようなことはなく、むしろ餌不足によるものと思われるへい死が確認された。1 日で約

30 尾がへい死する日が 1 週間ほど継続して見られたため、給餌量の増加や分槽により対処した。その後、へい死は落ち着いたが、飼育水温が 20–25℃を推移するようになると、餌の食いつきが落ちてきたため、放流することとした。112 日齢で放流した際には平均全長が 43.3mm にまで成長し、前年度の結果（172 日齢で平均全長 36.7 mm）を上回った。

第 8 次青森県栽培漁業基本計画におけるマコガレイの年間目標放流尾数及びサイズは全海域合計で 6.0 万尾、全長 20–70mm である。2024 年の放流実績は、日本海の 0.4 万尾と陸奥湾の 3.0 万尾を合計すると 3.4 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 43.3mm、陸奥湾で 16.5mm と日本海側については目標に到達した。初期生存率の向上には種苗の大型化が有効である一方、高水温下での成長促進はマコガレイを雄化させてしまうリスクを孕んでいる。Goto et al. (2000)⁴⁾ はマコガレイの性決定が遺伝のみならず水温にも依存し、全長が 25mm 程度の時期に水温が 25℃であると雄化率が高まることを報告している。加えて、より小型の時期に高水温下で生育するとより雄化率が高くなる可能性を指摘している。2024 年度は全長が 18mm 前後の頃には水温がすでに 19℃を超え、全長が 25mm 前後の頃には水温が 20℃を超えていたことから、放流魚の性比が偏っていた可能性がある。そのため、放流種苗の性比を担保することを優先する場合は、高水温期を避けた放流計画が必要である。適切な密度管理と給餌量によりサイズアップを図り、高水温期の飼育を避けることで、歩留まり向上と性比の適正化につながると考える。

文 献

- 1) 中山凌・鈴木亮（2024）車力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，390-393．
- 2) 杉浦大介（2025）車力マコガレイ種苗作出試験．2023 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，420-425．
- 3) RIE GOTO, TAKAAKI KAYABA, SHINJI ADACHI, KOHEI YAMAUCHI (2000) Effects of temperature on sex determination in marbled sole *Limanda yokohamae*. Fisheries Science, 66, 400-402.