

車力マコガレイ種苗作出試験

村松里美・鈴木亮・吉田雅範

目 的

つがる市車力産のマコガレイ親魚から種苗の作出試験を行い、種苗放流により日本海系群の資源造成を図る。

材料と方法

1. 種苗生産技術開発

(1) 人工授精

車力漁業協同組合に水揚げされたマコガレイを、約 1.5 時間かけて当研究所に運搬し親魚として用いた。親魚の負担を軽減するため、海水で湿らせたスポンジを敷いたクーラーボックスに収容し運搬した。

平成 29 年 3 月 28 日に当研究所へ雌 8 尾、雄 7 尾の合計 15 尾の親魚を搬入後、直ちに卵および精子を搾出し、乾導法¹⁾による人工授精を行った。

人工授精によって得られた卵 215.4 万粒のうち、145 万粒は従来のおり²⁾ 1t パンライト水槽を使用し、底面に受精卵を付着させ、積算水温 100℃になるまで 7.5-11.5℃の濾過海水を、換水率 2 回転/日でかけ流して管理した（生産回次 1-1）。70.4 万粒は目合 560μm ポリエチレンネット、外径 16mm 塩ビパイプで作製した 55×55cm 枠のふ化盆（図 1）に付着させ、1t パンライト水槽内に垂下して、積算水温 80℃になるまで 7.5-11.5℃の濾過海水を、換水率 2 回転/日で掛け流して管理した。積算温度 80℃時にふ化盆を飼育水槽へ移動し、飼育水槽内でふ化させ、1 日齢時にふ化数を夜間計数によって求めた（生産回次 1-2）。



図 1. ふ化盆（枠 55×55cm 目合 560μm）

各生産回次で積算温度 40℃以降に無作為に卵をサンプリングし受精率を求め、1 日齢時に魚体測定を行った。

(2) 種苗生産

1) 飼育環境

① 生産回次 1-1

ふ化した仔魚は容積法で尾数を算出して、30t 円形水槽（海水量 27t）1 面に 30 万尾収容し、平成 28 年度野辺地マコガレイ種苗作出試験³⁾から導入した「ほっとけ飼育」を行った。

飼育開始から 28 日齢まで止水で飼育を行い、29 日齢から調温海水を掛け流して飼育した。換水率は 10%/日で開始し、最終的に 150%/日まで上げた。収容時に 11.2℃であった飼育水温を、7 日かけて 14℃まで昇温させた。止水時は温水循環式ヒーターを使用して水温管理し、注水を開始してから 62 日齢まで、温水循環式ヒーターと調温海水により 14℃を維持した。飼育開始から 52 日齢まで飼育水槽には、仔魚の壁面への衝突によるへい死軽減とワムシ培養のため、冷蔵高度不飽和脂肪酸強化濃縮淡水クロレラ（クロレラ工業㈱製：ハイグレード生クロレラ V12（以下、HG 生クロと称す））を添加した。

止水での飼育期間、飼育水中のアンモニアの吸着、底質改善及び水質改善を目的とし、14日齢から42日齢まで、1日間隔で貝化石（㈱グリーンカルチャ製：ロイヤルスーパーグリーン）500gを散布した。また、20日齢に飼育水の3分の1を2時間かけて排水した後に、2時間かけ調温海水を注水し元の海水量にする水交換を行った。内径25mmアクリル管を用いサイフォン方式で、変態期に入る前の26日齢及び27日齢に1回目の底掃除を行い、着底以降は取上げまで、底面の汚れに応じて適宜底掃除を行った。また、重量法で取り上げ時の生残尾数を推定した。

② 生産回次 1-2

10t円形水槽（海水量8t）でふ化した仔魚46.5万尾を使用して、従来の飼育方法¹⁾で飼育を行った。

飼育開始から取上げまで調温海水を掛け流して飼育した。収容時に11.1℃であった飼育水温を6日かけて14.5℃まで昇温させた。換水率は100%/日で開始し、最終的に180%/日まで上げた。仔魚のガス病防止策として、調温海水内の溶存ガスを取り除くため、微小な気泡の除去が可能な活性炭及びトラベロンフィルターを入れた曝気槽を通して注水した。また、活性炭等に付着した気泡は朝と夕方の2回塩ビパイプ等で突いて除去した。飼育開始から仔魚が着底した47日齢まで、仔魚の壁面への衝突によるへい死を軽減する目的で、飼育水にHG生クロレラを添加した。内径25mmアクリル管を用いサイフォン方式で、着底が完了した43日齢に1回目の底掃除を行い、それ以降取上げまで底面の汚れに応じて適宜底掃除を行った。

収容尾数が多かったため、42日齢に着底完了前の個体を枠サイズが165×230mmの金魚網で回収し、分槽を行った。取り上げ時の生残率は重量法を用いて算出した尾数から推定した。

2) 餌料環境

生物餌料として使用したワムシがL型奄美株（秋田県水産振興センター由来）、アルテミアは北米ソルトレイク産）であった。配合飼料についてはアンブローズ100・200（フィード・ワン㈱製）を使用した。

表1に生物餌料の栄養強化方法、表1-2に生物餌料の栄養強化量、表2にL型ワムシ給餌量、表3に種苗生産期のアルテミア給餌量、表4に種苗生産期の配合飼料給餌量を示した。

① ワムシ

生産回次1-1ではマコガレイ仔魚が4日齢時に、バッチ培養で得られたL型ワムシ2.4億個体を飼育水槽内に収容し、ほっとけ飼育を行った。また、8日齢時にも1.8億個体を飼育水槽内へ収容した。ほっとけ飼育におけるワムシ培養の餌料および栄養強化剤として、HG生クロを使用した。1日分の餌料であるHG生クロ900mlを淡水で4Lまで希釈し、定量ポンプ（㈱イワキ製：電磁定量ポンプEHN型コントローラーRベーシックタイプ）を用いて24時間連続給餌した。

生産回次1-2では1tアルテミアふ化槽2基を用いて、100%海水を2.8ml/Sで注水し、培養水温19℃で粗放連続培養を行った。1日分の餌料であるHG生クロ400mlを淡水で4Lまで希釈し、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収穫し、500Lアルテミアふ化槽に収容して、表1および表1-2に示した方法で栄養強化を行った。強化剤として冷蔵高度不飽和脂肪酸強化濃縮淡水クロレラ（クロレラ工業㈱製：スーパー生クロレラV12）を淡水で1Lまで希釈し、点滴式で2時間かけ添加した。給餌頻度は、午前と午後に各1回ずつとし、昨年度の給餌量を参考²⁾にして、4日齢から取上げまでとした。

② アルテミア

アルテミアは乾燥卵を28℃の80%海水に収容し45時間かけてふ化させ、給餌前日に必要量を収穫し、表1および表1-2に示した方法で栄養強化した。強化剤としてインディペプラス（サイエンティック㈱）を14℃調温海水に入れ、ハンドミキサーで約3分間攪拌し添加した。給餌頻度は、午前と午後に各1回ずつ

つとし、昨年度の給餌量を参考²⁾にして、生産回次 1-1 で 31 日齢、生産回次 1-2 で 32 日齢から取上げまでとした。

③ 配合飼料

生産回次 1 では 53 日齢から、生産回次 2 では 42 日齢から取上げまで、成長に応じて、配合飼料 5-40g を 1 日 1 回、生物餌料を給餌する前に手撒きで給餌した。

表 1. 生物餌料の栄養強化方法

生産回次：1回次	L型ワムシ		生産回次：1・2回次	アルテミア	
強化剤：SV12	午前給餌	午後給餌	強化剤：インテイクプラス	午前給餌	午後給餌
水温（℃）	14	14	水温（℃）	20	20
強化時刻	16:00	16:00	強化時刻	10:30	10:30
強化量	表1-2参照		強化量	表1-2参照	
再強化時刻	-	翌9:00	再強化時刻	翌8:30	翌8:30
強化時間（h）	17	22.5	強化時間（h）	24	30
給餌時刻	翌9:00	翌13:00	給餌時刻	翌10:30	翌14:30

* SV12=スーパー生クロレラV12の略称

表 1-2. 生物餌料の栄養強化量

L型ワムシ			アルテミア		
必要量(億個体)	培養水量(L)	強化量(ml)	必要量(万個体)	培養水量(L)	強化量(g)
0.1-0.5	200	50	>1500	100	20
0.5-1.0	300	150	1500-2000	200	30
			2000-2500	200	40
			2500-3000	300	50
			3000-3500	300	60
			3500-4000	400	70
			4000-4500	500	80
			4500-5000	500	90

表 2. L型ワムシ給餌量

区分	生産回次 1-1	生産回次 1-2	
	連続給餌	午前給餌	午後給餌
ワムシ種類	L型奄美株	L型奄美株	L型奄美株
給餌時刻		9:00	13:30
最大給餌量(万個体/日)	ほっとけ飼育 による連続給餌	4,600	4,600
最小給餌量(万個体/日)		700	700
給餌期間(日齢)	4-31	4-56	
総給餌量(億個体)	-	29.8	

表 3. 種苗生産期のアルテミア給餌量

区分	生産回次 1-1		生産回次 1-2	
	午前給餌	午後給餌	午前給餌	午後給餌
給餌時刻	10 : 30	14 : 30	10 : 30	14 : 30
最大給餌量 (万個体/日)	800	800	1,000	1,000
最小給餌量 (万個体/日)	100	100	250	350
給餌期間 (日齢)	32-62		31-56	
総給餌量 (億個体)	3.08		4.52	

表 4. 種苗生産期の配合飼料給餌量

区分	生産回次 1-1		生産回次 1-2	
	手まき給餌		手まき給餌	
給餌時刻	8:30	14:30	8:30	14:30
最大給餌量 (g/日)	15	10	60	40
最小給餌量 (g/日)	10	10	30	20
給餌期間 (日齢)	45-62		34-62	
総給餌量 (g)	425		1,670	

(3) 中間育成

表 5 に中間育成期のアルテミア給餌量、表 6 に中間育成期の配合飼料給餌量を示した。

生産回次 1 で得られた稚魚 33.9 万尾を、62 日齢 (6 月 8 日) から、30t 円型水槽 3 面、20t 円型水槽 1 面、10t 円型水槽 2 面で中間育成を行った。

調温海水をかけ流して飼育水温 14℃を維持し、濾過海水が 14℃台になった時点で切換え、濾過海水のみを掛け流して稚魚を飼育した。換水率は 180%/日で開始し、稚魚の成長とともに徐々に 400%/日まで上げた。

生物餌料としてアルテミアを給餌した。配合飼料としてアンブローズ 400・600・800、ヒラメ EP-d 1、鱒 EP せせらぎ d 2 (フィード・ワン(株)製)を、飼育稚魚体重の 5%を目安に、自動給餌器を使用して 4~5 回/日の頻度で給餌した。

稚魚の成長に応じて、適宜分槽や選別、調整放流を行い、収容密度が過密にならないように注意した。飼育水槽は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。

表 5. 中間育成期のアルテミア給餌量

区分	生産回次 1-1		生産回次 1-2	
	午前給餌	午後給餌	午前給餌	午後給餌
給餌時刻	10 : 30	14 : 30	10 : 30	14 : 30
最大給餌量 (万個体/日)	700	700	2,400	2,400
最小給餌量 (万個体/日)	150	150	100	150
給餌期間 (日齢)	63-89		63-124	
総給餌量 (億個体)	2.65		9.26	

表 6. 中間育成期の配合飼料給餌量

区分	生産回次 1-1				生産回次 1-2			
	手まき給餌		自動給餌		手まき給餌		自動給餌	
給餌時刻	08 : 30 14 : 30	6 : 00 9 : 00	12 : 00 16 : 00		08 : 30 14 : 30	6 : 00 9 : 00	12 : 00 15 : 00	18 : 00
最大給餌量 (g/日)	20		100		100		250	
最小給餌量 (g/日)	10		50		50		100	
給餌期間 (日齢)	63-65		66-89		63-65		66-146	
総給餌量 (g)	90		1,790		250		25,420	

2. 放流技術開発

稚魚は、平成 29 年 6 月 9 日に車力漁港内へ調整放流、7 月 29 日、8 月 23 日、10 月 15 日、11 月 8 日に車力漁港内へ放流された。

結 果

1. 種苗生産技術開発

(1) 人工授精

表 7 に供試魚と採卵（精）結果、表 8 に人工授精結果を示した。

雌 6 尾から合計 1,430g を採卵、雄 6 尾から 45.3g を採精し、乾導法によって 215.4 万粒の卵を得た。生産回次 1-1 で受精卵 136.8 万粒（受精率 94.3%）から、ふ化仔魚 135.9 万尾（ふ化率 99.3%）を得て、30 万尾を種苗生産に用いた。また、生産回次 1-2 では受精卵 53.1 万粒（受精率 75.4%）から、ふ化仔魚 46.5（ふ化率 87.6%）を得て、全数を種苗生産に用いた。

表 7. 供試魚と採卵（精）結果

生産回次	採卵年月日	親魚（雌）		親魚（雄）		使用尾数 ♀ : ♂ (尾)	採卵（精）尾数 ♀ : ♂ (尾)	採卵重量 (g)	採精重量 (g)
		全長 (mm)	体重 (g)	全長 (mm)	体重 (g)				
1	H29.3.28	364-425	664-1,222	280-372	240-399	8 : 7	6 : 6	1,430	45.3

表 8. 人工授精結果

生産回次	卵管理方法	採卵数 (万粒)	受精率 (%)	受精卵数 (万粒)	ふ化仔魚数 (万尾)	ふ化率 (%)	種苗生産に 用いた仔魚数 (万尾)
1-1	従来法* ¹	145.0	94.3	136.8	135.9	99.3	30.0
1-2	ふ化盆* ²	70.4	75.4	53.1	46.5	87.6	46.5
合計 (平均)		215.4	(88.2)	189.9	182.4	(96.1)	76.5

*¹ 従来法 : 1tパンライト水槽の底面に、粘着卵であるマコガレイ卵を均等に付着させ、管理する方法。

*² ふ化盆 : 55×55cm枠（560μm目合いのネット）にマコガレイ卵を均等に付着させ、管理する方法。

(2) 種苗生産

表 9 にマコガレイ種苗生産結果について示した。

1) 生産回次 1-1

ふ化仔魚 30 万尾を用いて、ほっとけ飼育により種苗生産を行い平成 29 年 6 月 8 日に取上げた結果、59 日間の飼育で平均全長 13.3mm、10 万尾の稚魚が得られ、生残率は 33.3%であった。同じ飼育方法を行った平成 28 年度野辺地マコガレイ種苗作出試験³⁾の結果と比較し、平均全長は同程度のものであったが、生残率は低い結果であった。平成 28 年度、平成 29 年度に実施した従来飼育と比較しても生残率は低かった。また、過去 5 か年平均の生残率 22.1%、平均全長 25.8mm と比較すると、生残率は同程度であったが、平均全長は 12.5mm と小さかった。

2) 生産回次 1-2

ふ化仔魚 46.5 万尾を用いて、従来飼育により種苗生産を行い平成 29 年 6 月 8 日に取上げた結果、62 日間の飼育で平均全長 13.5mm、23.9 万尾の稚魚が得られ、生残率は 51.4%であった。平成 28 年度の結果と比較し、平均全長及び生残率とも同程度であった。また、過去 5 か年平均の生残率 22.1%、平均全長 25.8mm と比較すると、生残率は約 2 倍となったが、平均全長は 12.3mm と小さかった。

表 9. マコガレイ種苗生産結果

生産年	生産回次	飼育方法	水槽規模 (トン)	平均飼育水温 (°C)	飼育期間 (日間)	収 容		取 上		生残率 (%)		
						ふ化日	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	取上日		尾数 (万尾)	平均全長 (mm)
H29	1-1	ほっとけ飼育	30	13.9	59	H29.4.7	30.0	4.2	H29.6.8	10.0	13.3	33.3
	1-2	従来飼育	10	14.4	62	H29.4.7	46.5	4.2	H29.6.8	23.9	13.5	51.4
計 (平均)							76.5	(4.2)		33.9	(13.4)	(44.3)
H28		ほっとけ飼育 (野辺地)	30				27.5	4.2		18.2	15.5	66.2
		従来飼育	10				16.8	3.8		11.0	11.5	65.5
過去5か年平均			10							25.8		22.1

(3) 中間育成

表 10 にマコガレイ中間育成結果を示した。

① 生産回次 1-1

種苗生産で得られた稚魚 10 万尾を用いて、平成 29 年 6 月 8 日から 30t 円型水槽 1 面で中間飼育を開始した。34 日間中間育成を行い、平均全長 27.2mm の放流種苗 0.2 万尾を作出し、平均生残率は 2.0%であった。

② 生産回次 2

種苗生産で得られた稚魚 23.9 万尾を用いて、平成 29 年 6 月 8 日から 30t 円型水槽 3 面、20t 円型水槽 1 面、10t 円型水槽 2 面で中間飼育を開始した。取上げの翌日に 10 万尾を調整放流した。34-152 日間の中間育成で、それぞれ 1.8 万尾 (平均全長 27.2mm)、2 万尾 (平均全長 29.7mm)、1 万尾 (平均全長 65.0mm)、0.3 万尾 (平均全長 85.3mm) の、計 5.1 万尾 (平均生残率 21.4%) の種苗を作出した。また、10t 水槽 2 面で中間育成していた 4.2 万尾については、31 日目に滑走細菌が原因の大量へい死が起こったため、中間育成を中止した。

表 10. マコガレイ中間育成結果

生産 回次	開 始			終 了				生残率 (%)	備考	
	年月日	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	使用水槽	年月日	飼育期間 (日)	平均全長 (mm)			生残尾数 (万尾)
1-1	H29.6.8	13.3	10.0	30t・1面	H29.7.13	34	27.2	0.2	2.0	
					H29.6.9	1	13.5	10.0		調整放流
					H29.7.10	31	-	0.0		滑走細菌に よるへい死
1-2	H29.6.8	13.5	23.9	30t・3面 20t・1面 10t・2面	H29.7.10	31	-	0.0	21.4	
					H29.7.13	34	27.2	1.8		
					H29.8.23	75	29.7	2.0		
					H29.10.15	128	65.0	1.0		
					H29.11.8	152	85.3	0.3		
合計			33.9				5.3*	15.7		

* H29.6.9は1日間のみ飼育し調整放流したため、合計生残尾数から除外。

(4) 放流技術開発

表 11 にマコガレイ放流結果を示した。

生産回次 1-1 の種苗を、平成 29 年 7 月 13 日に平均全長 27.2mm で 0.2 万尾車力漁港内へ放流した。

生産回次 1-2 の種苗を、平成 29 年 7 月 13 日に平均全長 27.2mm で 1.8 万尾、8 月 23 日に平均全長 29.7mm で 2 万尾、10 月 15 日に平均全長 65.0mm で 1 万尾、11 月 8 日に平均全長 85.3mm で 0.3 万尾を車力漁港内へ放流した。平成 29 年度の合計放流尾数は平成 29 年 6 月 9 日に調整放流した 10 万尾を合わせると 15.1 万尾であった。

表 11. マコガレイ放流結果

生産回次	放流 年月日	日齢 (日齢)	平均全長 (mm)	放流尾数 (万尾)	放流場所	放流尾数 合計 (万尾)
1-1	H29.7.13	93	27.2	0.2	車力漁港内	15.1
	H29.6.9	63	13.5	10.0		
1-2	H29.7.13	96	27.2	1.8	車力漁港内	
	H29.8.23	137	29.7	2.0		
	H29.10.15	190	65.0	1.0		
	H29.11.8	214	85.3	0.3		

考 察

青森県栽培漁業基本計画（以下、基本計画）の目標生産尾数及びサイズは 8 万尾、全長 30mm であり、平成 29 年度の生産尾数は 33.9 万尾、平均全長は 13.3mm であった。生産尾数は目標以上であったが、サイズは目標を大幅に下回った。基本計画の目標放流尾数及びサイズは 5 万尾、全長 30-80mm であり、平成 29 年度の放流尾数は全体で 5.3 万尾、平均全長は 27.2-85.3mm と、概ね基本計画に準ずる結果となった。今後も引き続き、マコガレイ資源増大のため基本計画に則ったマコガレイ種苗を生産試験を行っていく必要がある。

今回、日本海系群（車力産）において初の試みとなった「ほっとけ飼育」を行ったところ、平成 28 年度に同じくほっとけ飼育を行った陸奥湾系群（野辺地産）と比較し、取上げ尾数及び生残率ともに下回った。

また、従来飼育と比較しても同様の結果となった。この原因として 18-20 日齢で見られた大量減耗が考えられた。これは 8 日齢時にワムシの増殖量が、マコガレイ仔魚に必要な給餌量を下回り、一時的に餌不足となったため、栄養不足が原因で大量減耗を起こしたものと考えられた。しかしながら、ワムシの培養および栄養強化のための収穫作業、給餌作業および栄養強化槽の洗浄、底掃除の回数などの作業量が減り省力化になった。今後、適正なワムシの量とマコガレイ仔魚密度の把握、省力化の有効性を検証するため、次年度以降も引き続き試験を実施する必要がある。

文 献

- 1) 小林哲夫 (2009) 日本サケ・マス増殖史. 北大出版会, 札幌, 305.
- 2) 村松里美・鈴木亮・吉田雅範 (2017) 車力マコガレイ種苗作出試験. 青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 平成 28 年度, 471-472.
- 3) 村松里美・鈴木亮・吉田雅範 (2017) 野辺地マコガレイ種苗作出試験. 青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 平成 28 年度, 464-470.