

野辺地マコガレイ種苗作出試験

村松里美・鈴木亮・吉田雅範

目 的

野辺地産マコガレイ種苗の作出試験を行い、種苗放流により陸奥湾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

野辺地町漁業協同組合に水揚げされたマコガレイを、約1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。

当研究所に親魚を搬入後、直ちに卵および精子を搾出し、乾導法⁵⁾による人工授精を2回行った。1回目(生産回次1)は、雌5尾、雄2尾の合計7尾を用いて平成29年12月5日に、2回目(生産回次2)は、雌11尾、雄14尾の合計25尾を用いて12月12日及び13日に実施した。

人工授精で得られた受精卵は目合560 μ mポリエチレンネット、外径16mm塩ビパイプで作製した55 \times 55cm枠のふ化盆(図1)に付着させ、1tパンライト水槽2面の水槽内に垂下して、積算水温80 $^{\circ}$ Cになるまで7.0 \sim 8.5 $^{\circ}$ Cの濾過海水を、換水率200%/日でかけ流して管理した。積算温度40 $^{\circ}$ C以降に無作為に卵をサンプリングし、受精率を求めた。また、積算水温80 $^{\circ}$ Cの時点でふ化盆を飼育水槽へ移動し、ふ化した仔魚数を夜間計数した。

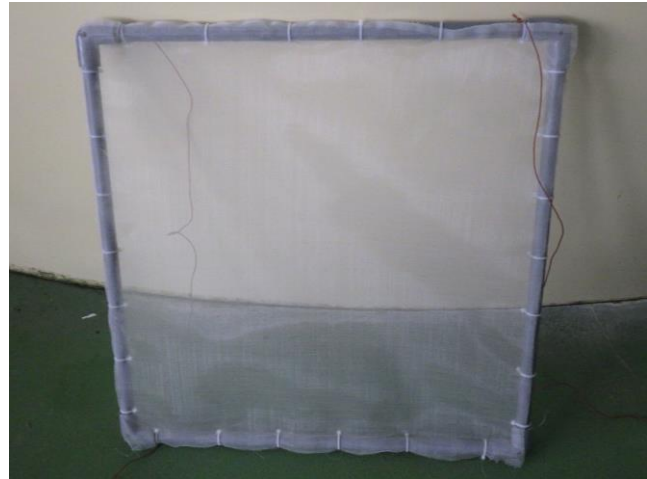


図1. ふ化盆(枠55 \times 55cm 目合560 μ m)

(2) 種苗生産

1) 飼育環境

① 生産回次1

30t円型水槽(海水量27t)でふ化した仔魚36.7万尾を使用して、昨年度から導入した「ほっとけ飼育」¹⁾を行った。

飼育開始から25日齢まで止水で飼育を行い、26日齢から調温海水を掛け流して飼育した。飼育開始時は換水率を10%/日とし、最終的に150%/日まで上げた。飼育水温は収容時に11.5 $^{\circ}$ Cであったが、7日かけて14 $^{\circ}$ C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52日齢まで、温水循環式ヒーターと調温海水により14 $^{\circ}$ Cを維持した。飼育開始から28日齢まで、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、飼育水槽に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(株)製:ハイグレード生クロレラV12(以下、HG生クロ))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、12日齢から28日齢まで、1日間隔で貝化石(株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、26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 35 日齢に 1 回目の底掃除を、稚魚が着底してから取上げまで、底面の汚れに応じて適宜底掃除を行った。

重量法を用いて取上げ時の生残尾数を推定した。また、体色異常（有眼側白化）の出現率を求めた。

② 生産回次 2

20t 円型水槽(海水量 15t)でふ化した仔魚 19.2 万尾を使用して、「ワムシ収穫槽利用飼育」³⁾ (以下、半粗放的飼育)を行った(図 2)。半粗放的飼育とは、ヒラメ及びクロソイの省コスト・安定生産を目的に開発された「ほっとけ飼育」と「ワムシの粗放連続培養」²⁾を組み合わせたもので、ワムシ収穫槽で魚類を飼育する方法である。

ワムシの粗放連続培養には 500L アルテミアふ化槽(以下、ワムシ培養槽)を使用し、ワムシ収穫槽に見立てた 20t 円型の仔魚飼育水槽に隣接させた。3 日齢からワムシ培養槽と仔魚飼育水槽との間を内径 8mm のホースで連結し、ワムシをサイフォン方式で培養水とともに連続的に飼育水槽へ供給した。仔魚の飼育開始から、従来飼育⁴⁾と同様に 12-16℃調温海水を、0-32 日齢までは換水率 100%/日、33-44 日齢までは 150%/日を掛け流し、飼育水槽内の水温が 7 日かけて 11.5℃から 14℃になるよう調整した。飼育開始から 28 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、HG 生クロを添加した。

変態期に入る前の 39 日齢に、内径 25mm アクリル管を用いサイフォン方式で 1 回目の底掃除を行い、着底から取上げまでは、底面の汚れに応じて適宜底掃除を行った。

重量法を用いて、稚魚取上げ時の生残尾数を推定した。

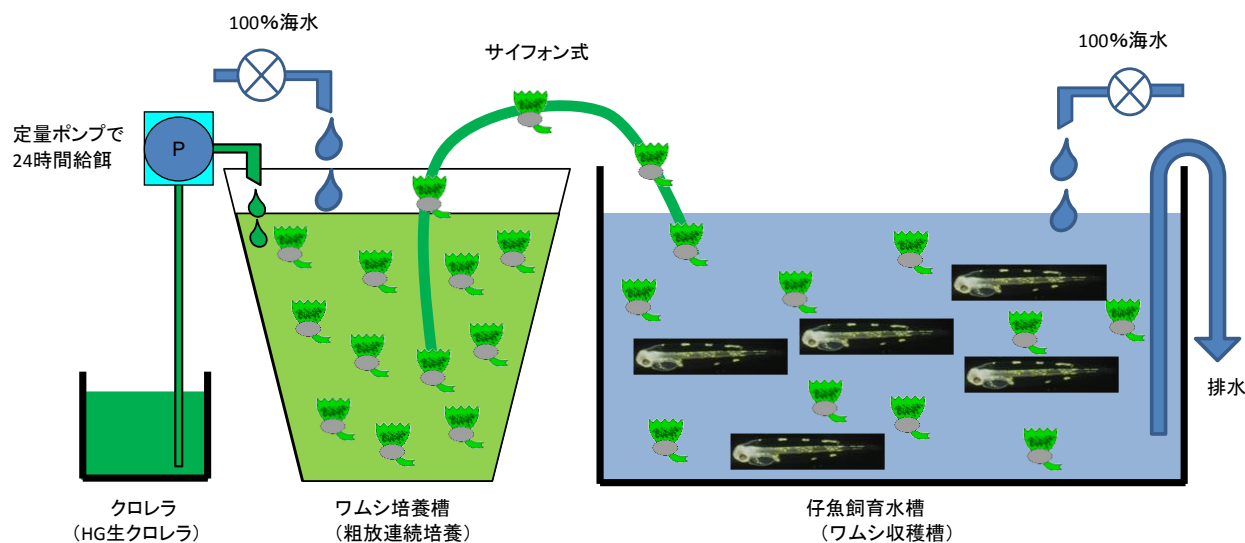


図 2. ワムシ収穫槽利用飼育（半粗放的飼育）の模式図

2) 餌料環境

生物餌料として、ワムシは生産回次 1 で L 型奄美株（秋田県水産振興センター由来）を、生産回次 2 で S 型八重山株（青森県栽培漁業振興協会由来）を、アルテミアは北米ソルトレイク産を使用した。配合飼料はアンブローズ 100・200(フィード・ワン(株)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 では、従来飼育と同様に、3-12 日齢まで粗放連続培養で培養した L 型ワムシを給餌前日に必

要量収穫し、200Lアルテミアふ化槽に收容して、表1および表1-2に示した方法で栄養強化を行った。必要量の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(株)製：スーパー生クロレラ V12）を淡水で1Lに希釈し、点滴式で添加した。給餌頻度は午前と午後1回ずつとした。13-28日齢までは、バッチ培養で得られたL型ワムシ4億個体を飼育水槽内に收容し、ほっとけ飼育を行った。ほっとけ飼育におけるワムシ培養用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2では2日齢からS型ワムシ2.5億個体を收容し、培養を開始した。3日齢からは100%海水を51.8L/日注水し、粗放連続培養に移行して連続給餌を行った。培養水温は、1kW電熱線ヒーターを用いて20℃を維持した。半粗放的飼育におけるワムシ培養用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。

② アルテミア

アルテミアは、乾燥卵を28℃の80%海水に收容し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（サイエンティック株式会社）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、午前と午後それぞれ1回ずつとし、昨年度の給餌量を参考¹⁾にして、給餌時期は生産回次1で26日齢、生産回次2で18日齢から取上げまでとした。

③ 配合飼料

生産回次1では45日齢から、生産回次2では39日齢から取上げまで成長に応じて、生物餌料を給餌する前と午後の1日2回手撒きで給餌した。

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：インディペプラス	午前給餌	午後給餌	強化剤：インディペプラス	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

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(g)	必要量(万個体)	培養水量(L)	強化量(g)
0.1-0.5	200	10	>1500	100	20
0.5-1.0	300	20	1500-2000	200	30
1.0-2.5	500	45	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		生産回次 2	
	午前給餌	午後給餌	連続給餌	連続給餌
ワムシ種類	L型奄美株	L型奄美株	L型奄美株	S型八重山株
給餌時刻	9:00	13:30		
最大給餌量(万個体/日)	2,000	2,000	ほっとけ飼育による 連続給餌	半粗放的飼育による 連続給餌
最小給餌量(万個体/日)	1,000	1,000		
給餌期間(日齢)	3-12		13-28	3-33
総給餌量(億個体)	3.4		-	-

表 3. 種苗生産期のアルテミア給餌量

区分	生産回次 1		生産回次 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)	1,200	1,150	1,230	1,230
最小給餌量(万個体/日)	50	50	200	300
給餌期間(日齢)	26-112		18-81	
総給餌量(億個体)	9.89		8.41	

表 4. 種苗生産期の配合飼料給餌量

区分	生産回次 1		生産回次 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)	30	15	20	10
最小給餌量(g/日)	20	10	20	10
給餌期間(日齢)	45-52		39-43	
総給餌量(g)	265		130	

(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 15.1 万尾を、53 日齢(2 月 6 日)から、30t 円型水槽 1 面、15t 円型水槽 1 面、10t 円型水槽 5 面、5t 円型水槽 1 面に収容し中間育成を行った。生産回次 2 で得られた稚魚 10.7 万尾を、44 日齢(2 月 6 日)から、20t 円型水槽 1 面、10t 円型水槽 2 面に収容し中間育成を行った。

ろ過海水が 14℃ 以上に昇温するまでは、調温海水を注水して飼育水温を 12-14℃ に維持した。飼育水の換水率は飼育開始時を 1.5 回転/日とし、成長とともに徐々に 4 回転/日まであげた。

餌料は、生物餌料としてアルテミアを使用した。配合飼料はアンブローズ 400、600、800(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 4~6 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。調整放流を行う 1 週間前から、ろ過海水を用いて 1℃ ずつ降温し、放流場所の水温と同程度になるように調温してから放流した。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		生産回次 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)	1,200	1,150	1,230	1,230
最小給餌量 (万個体/日)	50	50	300	300
給餌期間 (日齢)	53-112		44-81	
総給餌量 (億個体)	6.13		5.51	

表 6. 中間育成期の配合飼料給餌量

区分	生産回次 1		生産回次 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 12 : 00 9 : 00 16 : 00	08 : 30 14 : 30	6 : 00 12 : 00 9 : 00 16 : 00
最大給餌量 (g/日)	90	350	55	200
最小給餌量 (g/日)	15	100	30	130
給餌期間 (日齢)	45-91	69-235	39-80	66-80
総給餌量 (g)	4,920	26,040	1,387	2,024

2. 放流技術開発

平成 30 年 2 月 14 日、3 月 8 日に野辺地漁港内へ調整放流を行った。3 月 15 日、5 月 14 日、7 月 10 日に野辺地川周辺の干潟域、7 月 12 日に当研究所地先、8 月 2 日に青森市堤川河口へ無標識放流を行った。また、10 月 21 日に青森市堤川河口へ標識放流（右腹鰭抜去）を行った。

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 に人工授精結果について示した。

生産回次 1 では雌 5 尾から合計 481.9g を採卵、雄 2 尾から 7.2g を採精し、人工授精により 77.1 万粒（受精率 95.5%）の受精卵を得た。総受精卵数 73.6 万粒からふ化仔魚 36.7 万尾（ふ化率 49.8%）を生産し、種苗生産に用いた。受精率は例年（平成 22-28 年度の平均値）の値 77.2% と比べ高く、ふ化率は例年の値 70.4% と比べ低い結果となった。

生産回次 2 では雌 11 尾から合計 704.2g を採卵、雄 14 尾から 149.7g を採精し、人工授精により 104.6 万粒（受精率 31.5%）の受精卵を得た。総受精卵数 32.9 万粒からふ化仔魚 19.2 万尾（ふ化率 19.2%）を生産し、種苗生産に用いた。受精率及びふ化率は例年と比べ低い結果となった。

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	H29.12.5	307-395	417-855	283-368	260-555	10 : 6	5 : 2	481.9	7.2
2-1	H29.12.12	308-395	396-908	265-346	220-451	8 : 7	4 : 4	286.3	68.6
2-2	H29.12.13	246-363	184-641	235-322	151-400	8 : 12	7 : 10	417.9	81.1

表 8. 人工授精結果

生産回次	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	77.1	95.5	73.6	36.7	49.8	36.7
2	104.6	31.5	32.9	19.2	58.3	19.2
合計	181.7		106.5	55.9		55.9
H22-28年度 の平均値		77.2			70.4	

(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

ふ化仔魚 37.0 万尾を用いてほっとけ飼育により種苗生産を行い、平成 30 年 2 月 6 日に取上げた結果、51 日間の飼育で平均全長 15.1mm、15.1 万尾の稚魚が得られ、生残率は 40.8%であった。有眼側白化個体の出現率は 0.5%であった。同じ飼育方法を行った平成 28 年度¹⁾と比べると平均全長は同等であった。生産尾数は収容尾数が多かったにもかかわらず 3.1 万尾少なく生残率は 25.4%と低い結果であった。しかし、有眼側白化個体の出現率は平成 28 年度と比べかなり低い結果であった。

2) 生産回次 2

ふ化仔魚 19.3 万尾を用いて半粗放的飼育により種苗生産を行い、平成 30 年 2 月 6 日に取上げた結果、43 日間の飼育で平均全長 10.7mm、10.9 万尾の稚魚が得られ、生残率は 56.5%であった。

表 9. マコガレイ種苗生産結果

生産年	生産回次	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 (%)	有眼側白化 個体 出現率 (%)	
					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	30	14.1	51	H29.12.15	37.0	4.6	H30.2.6	15.1	15.1	40.8	0.5
	2	20	12.9	43	H29.12.24	19.3	4.2	H30.2.6	10.9	10.7	56.5	-
	計(平均)					56.3	(4.4)		26.0	(12.9)	(48.6)	(0.5)
H28*	1	30	13.8	70	H28.12.20	27.5	4.2	H29.3.1	18.2	15.5	66.2	10.2

※ ほっとけ飼育を行った生産回次1のみを記載。

(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

平成 30 年 2 月 6 日から、種苗生産で得られた稚魚 15.1 万尾を陸上水槽に収容し、中間飼育を開始した。生産回次 1-1 は 8 日間、生産回次 1-2 は 29 日間、生産回次 1-3 は 153、176 日間、生産回次 1-4 は 96 日間中間育成を行い、それぞれの生残尾数は 3.02 万尾(平均全長 14.8mm)、2.84 万尾(平均全長 16.5-19.9mm)、0.3 万尾、0.4 万尾(平均全長 48.5、53.4mm)、0.43 万尾、0.4 万尾(平均全長 28.3、20.1mm)で、計 7.39 万尾、平均生残率は 48.9%であった。

2) 生産回次 2

平成 30 年 2 月 6 日から、種苗生産で得られた稚魚 10.7 万尾を、陸上水槽に収容し、中間育成を開始した。生産回次 2-1 は 8、29、36 日間、生産回次 2-2 は 8 日間中間育成を行い、それぞれの生残尾数は 2.95

万尾、2.29万尾、1.73万尾（平均全長11.2、18.0mm）、2.69万尾（平均全長12.0mm）、計9.66万尾で、平均生残率は88.6%であった。

表 10. マコガレイ中間育成結果

生産 回次	開 始			終 了				生残率 (%)	
	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				30t・1面 10t・1面	H30.2.14	8	14.8	3.02	48.9
1-2				10t・1面 5t・1面	H30.3.8	29	19.9	1.79	
	H30.2.6	15.1	15.1				16.5	1.05	
1-3				10t・2面	H30.7.10	153	48.5	0.30	
					H30.8.2	176	53.4	0.40	
1-4				10t・1面 15t・1面	H30.5.14	96	28.3	0.43	
							20.1	0.40	
					H30.2.14	8	11.2	2.95	
2-1	H30.2.6	10.7	10.9	20t・1面 10t・2面	H30.3.8	29	18.0	2.29	88.6
					H30.3.15	36	-	1.73	
2-2				10t・1面	H30.2.14	8	12.0	2.69	
合計			26.0					17.05	68.8

2. 放流技術開発

表 11 にマコガレイ放流結果を示した。

平成30年2月14日及び3月8日に、平均全長11.2-19.9mmの稚魚13.7万尾を野辺地漁港内へ調整放流した。3月15日に推定平均全長18.0mmの稚魚1.7万尾、5月14日に平均全長20.1-28.3mmの稚魚0.8万尾、7月10日に平均全長48.5mmの稚魚0.3万尾を野辺地川河口の干潟域に無標識で放流した。7月12日に平均全長48.5mmの稚魚0.2万尾を当研究所地先に調整放流した。8月2日に平均全長53.4mmの稚魚1,500尾を青森市堤川河口に無標識で放流した。10月21日に、標識として右腹鰭抜去を行った平均全長63.7mmの稚魚500尾を青森市堤川河口へ放流した。平成29年度の合計放流尾数は無標識魚17万尾、標識魚500尾であった。また、平成31年3月頃に、1歳魚350尾を、左腹鰭を抜去して野辺地川河口の干潟域に放流する予定である。

表 11. マコガレイ放流結果

生産年度	生産 回次	放流 年月日	日齢 (日齢)	平均全長 (mm)	放流尾数 (万尾)	標識尾数 (尾)	放流場所	標識種類
		H30.2.14	61	14.8	3.02	調整放流	野辺地漁港	なし
		H30.3.8	83	16.5-19.9	2.84	調整放流	野辺地漁港	なし
		H30.5.14	150	20.1-28.3	0.83	0	野辺地川河口干潟域	なし
	1	H30.7.10	207	48.5	0.30	0	野辺地川河口干潟域	なし
		H30.7.12	209	48.5	0.20	調整放流	水総研前棧橋	なし
H29		H30.8.2	230	53.4	0.15	0	堤川河口	なし
		H30.10.21	310	63.7	0.05	500	堤川河口	右腹ヒレ抜去
		H31.3.予定		-	0.03	350	野辺地川河口干潟域	左腹ヒレ抜去
		H30.2.14	52	11.2-12.0	5.64	調整放流	野辺地漁港	なし
	2	H30.3.8	74	18.0	2.29	調整放流	野辺地漁港	なし
		H30.3.15	81	18.0(推定)*	1.73	0	野辺地川河口干潟域	なし
合計					17.05	850		

* 魚体測定を実施しなかったため、直近の別水槽で実施した魚体測定結果から推定した値。

考 察

表 12 に過去 5 か年のマコガレイ種苗生産結果について示した。

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 18 万尾、平均全長は 12.9mm である。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 17 万尾と目標尾数を超えた。しかし、目標サイズで放流したのは全長 48.5-63.7mm の 0.7 万尾のみで、残りの殆どが 30mm 以下となった。この結果を踏まえ、次年度以降はふ化仔魚の収容密度を低くし、生産尾数が多かった場合は早期に調整放流を行い、基本計画に則ったマコガレイ種苗を生産する予定である。

平成 28 年度から導入したほっとけ飼育の生産尾数及び生残率は、従来の飼育方法と同程度で、マコガレイの種苗生産技術として有効な技術であると考えられる。また、今年度から導入した半粗放的飼育の生残率は 56.5%と過去 5 か年平均 29.1%と比べても高く、この飼育方法もまた有効な技術と考えられる。

今後、マコガレイ種苗生産の事業化を見据えて、これらの飼育方法におけるコスト計算や更なる有効性の検証、飼育方法の改良を行う必要があり、次年度以降も引き続き試験を実施する。

表 12. 過去 5 か年のマコガレイ種苗生産結果

生産年	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)	有眼側白化個体 出現率 (%)
H24	5.0	22.6	17.0	11.1
H25	2.6	22.8	28.9	14.3
H26	2.8	26.3	23.3	13.0
H27	6.0	20.7	20.0	7.5
H28	20.2	15.5	56.2	6.4
H29	18.2	12.9	48.6	0.5
5か年平均	7.3	21.6	29.1	10.5

文 献

- 1) 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.
- 2) 桑田博（2000）栽培漁業技術シリーズ No.6 海産ワムシ類の培養ガイドブック．日本栽培漁業協会，東京，137.
- 3) 野田勉・長倉義智・熊谷厚志（2009）ワムシ粗放連続培養の収穫槽と連結したクロソイの種苗生産初期飼育の有効性．水産技術，2(1)，49-55.
- 4) 高橋進吾・鈴木亮（2016）放流効果調査事業（マコガレイ）．青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，平成 27 年度，481-484.
- 5) 小林哲夫（2009）日本サケ・マス増殖史．北大出版会，札幌，305.