

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14尾、雄14尾の合計28尾を用いて平成30年12月12日に、2回目(生産回次2)は、雌7尾、雄5尾の合計12尾を用いて12月19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6.2 \sim 11.6 $^{\circ}$ 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26.5万尾を、平成28年から導入した「ほっとけ飼育」¹⁾により飼育した。

飼育開始から25日齢まで止水で飼育を行い、27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10.5 $^{\circ}$ 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56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41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、6日齢から25日齢まで、1日間隔で貝化石(株)グリーンカルチャア製:ロイヤルスーパーグリーン)500gを散布した。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 \sim 27日齢に2日間をかけて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。

② 生産回次 2

10t 円型水槽(海水量 8t)でふ化した仔魚 27.0 万尾を使用して、昨年度から導入している「ワムシ収穫槽利用飼育」²⁾(以下、半粗放的飼育)を行った。この飼育方法は「ほっとけ飼育」と「ワムシの粗放連続培養」³⁾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 10t 円型の仔魚飼育水槽に隣接させた。0 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、0-50 日齢までは換水率 100%/日、51-73 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 10℃から 14℃になるよう調整した。飼育開始から 48 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のため、HG 生クロを添加した。

変態期に入る前の 27 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。

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)と L 型奄美株を、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 1-1 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、3 日齢に、バッチ培養で得られた L 型ワムシ 11 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 生クロは毎日の計数から総数を算出し、その 6%の給餌量を淡水で 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 ではマコガレイがふ化を開始する前に S 型ワムシ 1.7 億個体をワムシ培養槽に收容し、培養を開始した。ふ化ピークとなる 0 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 30ml 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。ワムシの粗放連続培養を始めてから 4 日目には細菌の発生によりワムシの減耗が見られたため、1 度ワムシを廃棄し、培養槽の消毒と交換を行い、再度 2.4 億個体を收容し、前回と同様の条件により粗放連続培養を試みたが、4 日目に再度ワムシの減耗が見られたため、次は L 型ワムシ 1.3 億を收容し、培養を開始した。なお、L 型ワムシを培養するにあたり、培養水温は 18℃を維持した。

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25日齢、生産回次2で23日齢から取上げまでとした。

③ 配合飼料

生産回次1では52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、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 1-1. 生物餌料の栄養強化方法

生産回次：1回次			生産回次：1・2回次		
L型ワムシ			アルテミア		
強化剤：インデイプラス	午前給餌	午後給餌	強化剤：インデイプラス	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			
	連続給餌	通常飼育	粗放連続培養		通常飼育	
ワムシ種類	L型奄美株	L型奄美株	S型八重山株・L型奄美株 [※]	L型奄美株	L型奄美株	
給餌時刻		8:30 13:30		8:30	13:30	
最大給餌量(万個体/日)	ほっとけ飼育による連続給餌	5,000	5,000	半粗放的飼育による連続給餌	1,500	1,500
最小給餌量(万個体/日)		500	500		500	500
給餌期間(日齢)	3-24	25-41	0-23		24-48	
総給餌量(億個体)	-	39	-		6.2	

※S型培養不調により、13日齢からL型ワムシを給餌

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)	2,500	2,500	900	900
最小給餌量 (万個体/日)	900	900	200	200
給餌期間 (日齢)	25-54		23-67	
総給餌量 (億個体)	10.10		4.31	

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	20	60	40
最小給餌量 (g/日)	20	20	30	20
給餌期間 (日齢)	52-54		47-67	
総給餌量 (g)	70		293	

(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 11 万尾を、55 日齢 (2 月 15 日) から、30t 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 12.2 万尾を、68 日齢 (3 月 7 日) から、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 100、200、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)	1,500	1,500	500	500
最小給餌量 (万個体/日)	1,000	1,000	350	350
給餌期間 (日齢)	55-74		68-75	
総給餌量 (億個体)	5.30		0.68	

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		手まき給餌	自動給餌
給餌時刻	08:30 14:30		08:30 14:30	8:00 13:00 16:00
最大給餌量 (g/日)	50		100	54
最小給餌量 (g/日)	40		50	18
給餌期間 (日齢)	55-78		63-65	76-95
総給餌量 (g)	920		250	840

2. 放流技術開発

平成 31 年 2 月 15 日、3 月 5 日に野辺地漁港内へ調整放流を行った。3 月 11 日に野辺地漁港内に無標識放流を行った。

3. 各飼育方法における作業時間及び生産コスト

ほっとけ飼育及び半粗放的飼育試験期間中のうち、ふ化後 3 日目から 22 日目までの作業時間及び餌代、重油代及び電気代のコストを算出し、従来の方法で飼育を行った場合との比較を行った。作業時間はワムシの収穫にかかる時間を 1 回につき 20 分とし、ワムシの栄養強化に 10 分、培養槽の管理作業に 40 分要するとして、実際の作業回数に応じて合計時間を計算した。また、飼育水槽の管理に要する時間は、給餌に 20 分、底掃除に 90 分、貝化石散布に 10 分要するとして、実際の作業回数に応じて計算した。

餌料となるワムシは 0.5 円/個、HG 生クロは 0.6 円/ml、従来の飼育方法に使用するワムシの栄養強化剤であるスーパー生クロレラ V12 (クロレラ工業(株)製、以下、SV 生クロ) は 0.9 円/ml、重油代は 65.3 円、貝化石代は 440 円/kg とし、電気代には、いずれの試験でも共通して必要なボイラー関連の電気代のほか、ほっとけ飼育以外で必要となる海水の取水ポンプ関係の電気代、半粗放的飼育で使用されるワムシ培養槽のヒーター代も考慮した。なお、水槽の規模を 30t 水槽 1 基に 30 万尾を収容した場合に換算して計算した。

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 4 尾から合計 442g を採卵、雄 4 尾から 28.5g を採精し、人工授精により 70 万粒 (受精率 70.8%) の受精卵を得た。総受精卵数 49.6 万粒から仔魚 26.5 万尾 (ふ化率 53.4%) がふ化し、全尾数を種苗生産に用いた。受精率は昨年の生産回次 1 の 95.5% と比べ低く、ふ化率は昨年の 49.8% と比べ高い結果となった。

生産回次 2 では雌 3 尾から合計 264g を採卵、雄 4 尾から 5.5g を採精し、人工授精により 42.2 万粒 (受精率 74.2%) の受精卵を得た。総受精卵数 31.3 万粒から仔魚 27 万尾 (ふ化率 86.2%) がふ化し、全尾数を種苗生産に用いた。受精率は昨年の生産回次 2 の 31.5% と、ふ化率は、昨年の 19.2% と比べ、いずれも高い結果となった。

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	H30.12.12	318-389	333-866.5	275-337	246-486.5	14:14	4:4	442	28.5
2	H30.12.19	302-390	381-927	294-342	309-497	7:5	3:4	264	5.5

表 8. 人工授精結果

生産年	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)
H30	1	ふ化盆*1	70.0	70.8	49.6	26.5	53.4	26.5
	2	ふ化盆	42.2	74.2	31.3	27	86.2	27.0
	合計 (平均)			112.2	(72.5)	80.9	53.5	(69.8)
H29	1			95.5			49.8	
	2			31.5			19.2	

*1 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

ふ化仔魚 26.5 万尾を用いてほっとけ飼育により種苗生産を行い、平成 31 年 2 月 15 日に取上げた結果、55 日間の飼育で平均全長 10.3mm、13.0 万尾の稚魚が得られ、生残率は 49.1%であった。同じ飼育方法を行った平成 29 年度¹⁾と比べると平均全長は小かった。

2) 生産回次 2

ふ化仔魚 27.0 万尾を用いて半粗放的飼育により種苗生産を行い、平成 31 年 3 月 7 日に取上げた結果、68 日間の飼育で平均全長 10.6mm、12.2 万尾の稚魚が得られ、生残率は 45.2%であった。

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)
H30	1	ほっとけ飼育	30	14.6	55	H30.12.22	26.5	4.2	H31.2.15	13.0	10.3	49.1
	2	半粗放的飼育	10	12.6	68	H30.12.29	27.0	4.4	H31.3.7	12.2	10.6	45.2
計 (平均)							53.5	(4.3)		25.2	(10.4)	(47.2)
H29		ほっとけ飼育	30				30.0	4.2		10	13.3	33.3
		従来飼育	10				46.5	4.2		23.9	13.5	51.4
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

平成 31 年 2 月 15 日から、種苗生産で得られた稚魚 13.0 万尾を陸上水槽に収容し、中間飼育を開始した。18 日間及び 24 日間、中間育成を行い、それぞれの生残尾数は 4.3 万尾（平均全長 14.5mm）、0.7 万尾（平

均全長 14.8mm) で、計 5.0 万尾、平均生残率は 38.5%であった。

2) 生産回次 2

平成 31 年 2 月 6 日から、種苗生産で得られた稚魚 12.2 万尾を、陸上水槽に収容し、中間育成を開始した。27 日間中間育成を行い、生残尾数は 11.0 万尾(平均全長 26.8mm)で、平均生残率は 90.2%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)	年月日	飼育期間 (日)	平均全長 (mm)		生残尾数 (万尾)	
1	H31.2.15	10.3	13.0	30t・1面	H31.3.5	18	14.5	4.3	
					H31.3.11	24	14.8	0.7	
2	H31.3.7	10.7	12.2	10t・12面 →20t・1面	H31.4.3	27	26.8	11	90.2
合計			26.0				16.0	61.5	

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 31 年 2 月 15 日に、底掃除により、吸い上げられた稚魚 6.0 万尾(平均全長 10.3mm)を当研究所前棧橋から調整放流した。3 月 5 日に平均全長 14.5mm の稚魚 4.3 万尾、3 月 11 日に平均全長 14.8mm の稚魚 0.7 万尾を野辺地漁港、4 月 19 日に腹鰭抜去した 1 歳魚 0.03 万尾を野辺地川河口の干潟域に放流した。また、令和 2 年 2 月 10 日に、平均全長 110.5 mm の 1 歳魚 0.1 万尾を、腹鰭を抜去して野辺地川河口の干潟域に放流した。

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	1	H31.2.15	55	10.3	6 [※]	調整放流	水総研前棧橋	なし
		H31.3.5	73	14.5	4.3	調整放流	野辺地漁港	なし
		H31.3.11	79	14.8	0.7	0	野辺地漁港	なし
	2	H31.4.19 ^{※2}	487	14.8	0.03	0	野辺地川河口干潟域	腹鰭抜去
		R2.2.10 ^{※2}	405	110.5	0.12	0.12	野辺地川河口干潟域	腹鰭抜去
合計					5.15	282		

※ 当研究所前棧橋に放流したため、合計放流尾数にカウントしない。

※² 1歳魚

3. 各飼育方法における作業時間及び生産コスト

表 12 に作業時間、表 13 にコスト算出結果を示した。

ワムシ関連作業及び飼育管理作業にかかった時間は、ほっとけ飼育で 15 分、半粗放的飼育で 110 分、従来の飼育方法で 180 分であった。

コストについては、ほっとけ飼育で 45,861 円、半粗放的飼育で 64,366 円、従来の飼育方法で 160,251 円であった。

表 12. 作業時間結果

飼育方法	ワムシ関連作業			飼育管理作業			合計(分)
	収穫	栄養強化	培養槽管理	給餌	底掃除	貝化石散布	
ほっとけ飼育	0	5	0	0	0	10	15
半粗放的飼育	0	5	15	0	90	0	110
従来飼育	20	10	40	20	90	0	180

表 13. コスト結果

飼育方法	ワムシ	生クロ	重油代	電気代	貝化石	合計(円)
ほっとけ飼育	14,400	10,560	6,835	12,086	1,980	45,861
半粗放的飼育	19,440	5,568	18,231	21,127	0	64,366
従来飼育	64,800	10,143	43,668	41,640	0	160,251

考 察

表 14 に本年度と過去 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 8.0 万尾、全長 30mm であり、平成 30 年度の生産尾数は 11.0 万尾、平均全長は 18.7mm であった。基本計画では、全海域で 8 万尾の放流を目標としているので、日本海での生産尾数と合計すると 16 万尾となり、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、基本計画では、全海域で 5 万尾を目標としているので、日本海の放流尾数と合計すると 6 万尾となり、目標以上であったが、サイズは目標より大幅に下回る結果となった。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。

ほっとけ飼育の生産尾数及び生残率は、昨年度⁶⁾と比較するといずれも低い結果となった。また、半粗放的飼育の生残率は飼育期間が昨年度より短期間だったこともあり 90.2%と高くなった。

それぞれの飼育方法において、作業時間及び生産コストの算出を行ったところ、ほっとけ飼育においてワムシ関連作業や飼育管理作業の大幅な短縮化が図られ、生産コストは一番低い結果が得られた。しかし、ほっとけ飼育は約 20 日の間止水で飼育するため、飼育水の PH 値やアンモニア濃度、ワムシの培養密度など注視しなければならない点が多く、一定以上の技術を必要とする。一方、半粗放的飼育においては、従来の方法より作業時間を短縮できたことにより、生産コストを軽減することができた。ほっとけ飼育と比べると、作業時間が多かったため、生産コストは高い結果となったが、その差は約 2 万円程度で、管理において注視すべき点はワムシの培養密度のみで、マコガレイ仔魚の飼育については従来と変わらないため、ほっとけ飼育に比べ難しい技術を要さない。このことにより、マコガレイ種苗生産の事業化を見据え、今後もこれらの飼育方法における有効性の検証及び改良を行う必要がある。

表 14. 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 (%)
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
H30	11	18.7	64.3	-
5か年平均	11.6	18.8	42.5	6.9

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) 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.
- 3) 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.
- 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.
- 6) 村松里美・鈴木亮・吉田雅範（2018）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 29 年度，420-427.