

野辺地マコガレイ種苗作出試験 -種苗生産-

中山凌・高橋拓実・鈴木亮

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。本年は省力化を目的として、濾過海水をかけ流して飼育する従来法に加えて、新たに飼育水槽横でワムシ培養を行い、生産されたワムシが常時飼育水槽に給餌されることで給餌作業を省力化した“半ほっとけ飼育”での生産を試みた。

材料と方法

1. 半ほっとけ飼育

(1) 供試魚

2022年12月26日に当研究所でふ化した野辺地産マコガレイ仔魚約29.3万尾。

(2) 飼育条件

飼育水槽には20t円形水槽(海水量16t)を用いて調温海水のかけ流しと粗放連続培養によって生産されたSワムシ(詳細下記)の連続給餌によって種苗生産を行った。0.6t卵管理水槽で管理していたふ化盆について、1枚(2-②群)を仔魚のふ化前に収容した。ふ化盆収容時の卵管理水槽の水温は8.3℃、飼育水槽の水温は7.7℃であり、その後16日間かけて14℃まで昇温させた。以降、取上げまでは14℃前後を維持した。換水率は仔魚ふ化前までは水温上昇のため100%/日を超えない範囲で上げつつ、仔魚のふ化後には86%/日となるようにした。その後、9日齢時に150%/日、ほとんどの個体の着底が完了した39日齢時までは、飼育槽内の水温と流量に応じて120-150%/日とし、徐々に上昇させた後、56日齢時以降は320%/日まで上げた。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た。脱気槽で濾過海水と調温海水を混合し、混合比を調整することで微細な調温を行った。脱気槽は朝と夕方の毎日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。

飼育開始からSワムシ給餌を終了した29日齢まで、水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。添加量は飼育開始～6日齢までは400mL/日、7日齢～25日齢までは300mL/日、26日齢～29日齢までは200mL/日で、添加時刻は8:30とした。汚れの除去のため、着底前である32日齢時に内径25mmアクリル管を用いたサイフォン方式にて1回目の底掃除を行い、以降は底面の汚れに応じて適宜底掃除を行った。飼育尾数調整のため、2日齢時に排水による調整放流を行った。

(3) 餌料

生物餌料として、シオミズツボワムシS型八重山株(Sワムシ)、および北米ソルトレイク産のアルテミア(アフロディテ、㈱北村)を使用した。配合飼料にはアンブローズ100および200(フィード・ワン㈱)を使用した。

①ワムシ

Sワムシ培養槽として500Lアルテミア水槽を飼育水槽横に設置し、粗放連続培養によって培養されたSワムシが常時飼育水槽に滴下されるようにした(図1)。培養環境は100%海水を15mL/10sで注水し、培養

槽の水温が 22-23℃となるようにヒーターを設定した。またゴミ取り用のマットを入れ、汚れに応じて適宜交換した。S ワムシの餌料には HG-V12 を用いて、1200-1500mL/日を目安に淡水を注加して 4L/日の割合まで希釈した後、電磁定量ポンプを用いて 24 時間連続給餌した（表 1）。培養槽内は S ワムシが常時 3-7 億個体の範囲に収まるようにした。培養されたワムシについて、飼育水槽へ滴下する配管に弁を設けることで、飼育水槽内への流入量の調整を行った。滴下される S ワムシ量は、飼育水槽内の S ワムシ数がおおよそ 1 個体/mL となることを目安に、マコガレイ仔魚の成長に応じて 2000-6000 万個体/日が給餌されるように調整した。培養はマコガレイふ化当日から開始し、以降植継ぎは行わずに 28 日齢まで行った。マコガレイへの給餌は 2 日齢から 28 日齢までを半ほっとけ飼育による培養 S ワムシの流入、29 日齢に 10：30 と 13：00 に通常給餌を行い終了とした（表 2）。



図 1. 半ほっとけ飼育用ワムシ培養槽外観。

表 1. 半ほっとけ飼育におけるワムシ培養条件

ワムシ種類	S型八重山株
培養水量	0.5 t
培養水温	22-23℃
餌料	HG-V12
培養期間 (マコ仔魚日齢換)	0-28日

表 2. 半ほっとけ飼育におけるマコガレイへのワムシ給餌条件

給餌量 (個体/日)	2000万-6000万
飼育水槽内Sワムシ (個体/mL/日)	0.33-8.33
給餌量 (個体/日)	500万-3600万
給餌期間 (マコ仔魚日齢換算)	2-29日*
総給餌量	未計測

*29日齢は通常給餌

②アルテミア

アルテミアのふ化および強化には 500L アルテミアふ化槽計 4 基を用いた。給餌の 3 日前に必要な給餌量を計算し、それに基づいた量の乾燥卵を 28℃の 80%海水に収容した。約 45 時間かけてふ化させた後、マグネットセパレーターを通して卵殻を除去して収穫し、必要水量を貯めた強化槽に移した。強化は給餌前日の午後と給餌当日の午前の 2 回行った（表 3）。強化剤にはインディペプラス(サイエンテック株)を使用し、表 4 の基準に従った量を 14℃調温海水 3L に入れ、ハンドミキサーで約 3 分間攪拌した後、強化槽に直接添加した。給餌頻度は午前と午後に各 1 回ずつとし、マコガレイへの給餌期間は、25 日齢から 59 日齢（飼育終了）までとした（表 5）。

表 3. アルテミアのふ化および強化条件。

アルテミア産地	米国ソルトレーク
ふ化水量	表4に準じる
ふ化水温	28℃
強化剤	インディペプラス
強化時刻	16:00
強化量	表4に準じる
再強化時刻	8:30
再強化量	表4に準じる

表 4. アルテミアの栄養強化量

必要量 (万個体)	ふ化・強化水量 (L)	強化量 (g)	再強化量 (g)
<1500	100	10	5
1500-2000	200	20	10
2000-2500	200	30	15
2500-3000	300	40	20
3000-3500	300	50	25
3500-4000	400	60	30
4000-4500	400	70	35
4500-5000	500	80	40
5000-5500	500	90	45
6000<	500	100	50

表 5. 半ほっとけ飼育におけるマコガレイへのアルテミア

給餌条件	アンブローズ100	
	午前	午後
給餌時刻	10:30	14:30
強化時間	19.5 h	23.5 h
給餌量 (1回当たり)	500万-2100万個体	500万-2100万個体
給餌期間	25-59日齢	
総給餌量	9.1億個体	

③ 配合飼料

配合飼料は、30日齢から59日齢まで、最初は成長に応じて1日に1-2回、アルテミア給餌前の8:30および14:30に、6-12 g/回を手撒きで与えた。46日齢からは自動給餌器を用いて、1日に6-18gを4-6回に分けて与えた（表6）。

2. 通常飼育

(1) 供試魚

種苗生産で得られたマコガレイ仔魚 30.4 万尾。

(2) 飼育条件

飼育水槽には10t円形水槽(海水量8t)2面を用いて、調温海水をかけ流して飼育する従来の方法¹⁾で種苗生産を行った。水槽2面にそれぞれふ化盆を1枚ずつ収容し（以降3-③群および3-④群）両群とも仔魚のふ化前にふ化盆の収容を行った。ふ化盆収容時の卵管理水槽の水温は両群共通して8.1℃で、飼育水槽の水温は3-③群で8.7℃、3-④群で9.0℃であった。その後6日間をかけて両群とも14℃まで昇温させ、以降は放流直前までは調温海水によって14℃を維持して飼育し、放流前日に調温海水を停止することで野外水温との温度差の緩和を図った。換水率はふ化盆収容後から仔魚ふ化までは両群とも原則100%/日とし、その後仔魚のふ化後3日齢までに130%/日にした。3-④群は25日齢に150%/日まで上昇させ、以降両群ともに成長に合わせて回転数を上げ、最後まで飼育を実施した3-③群は最終的に430%/日まで上昇させた。半ほっとけ飼育同様に活性炭を入れた脱気槽を設置して海水の調温を行い、朝と夕方の毎日2回塩ビパイプ等で活性炭を突いた。

(3) 餌料

生物餌料として、シオミズツボワムシS型八重山株およびL型奄美株（以下、ワムシ）、および北米ソルトレイク産のアルテミア（アフロディテ、櫛北村）を使用した。配合飼料にはアンブローズ100（フィード・ワン櫛）を使用した。

① ワムシ

表 6. 半ほっとけ飼育におけるマコガレイへの配合飼料給餌条件

飼料種類 給餌期間	アンブローズ100		
	46-49日齢	50-52日齢	53-59日齢
給餌時刻	10:00, 12:00, 14:00, 16:00	9:00, 10:00, 12:00, 13:00, 14:00, 16:00	
給餌量 (回当たり)	1.0-1.5 g	2.0-3.0 g	
総給餌量	335g*		

*手撒き含む

ワムシの培養には 0.6t 角型 FRP 水槽 2 基を用いた。100%海水を 15-20mL/10s で注水し、ヒーターを用いて水温 24-26℃で粗放連続培養を行った。ワムシの餌料には HG-V12 を用いて、900-1600mL/日を目安に淡水を注加して 4-20L/日の割合まで希釈した後、電磁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を収穫し、200L アルテミアふ化槽に収容して栄養強化を行った（表 7）。強化剤には HG-V12 を用いて、給餌前日の午後と給餌当日の午前に 1 回ずつ強化を行った。マコガレイへの給餌期間は 3 日齢から 36 日齢までとした（表 8）。

表 7. 通常飼育におけるワムシ培養および

強化条件	
ワムシ種類	S型八重山株
培養水量	0.6 t
培養水温	24-26℃
強化剤	H G 生クロレラ V12
強化時刻	16:00
強化量	100mL*
再強化時刻	8:30
再強化量	50mL*

*総強化個体数が1億を超えた場合は1.5倍量を添加

②アルテミア

アルテミアのふ化および強化は半ほっとけ飼育と同条件で行った。通常飼育における給餌頻度は午前と午後に各 1 回ずつとし、マコガレイへの給餌期間は 29 日齢から飼育終了となった 47 日齢（3-④群）および 74 日齢（3-③群）までとした（表 9）。

③配合飼料

配合飼料は、3-④群で 25 日齢から 45 日齢まで、3-③群で 32 日齢から 63 日齢まで与えた。最初は成長に応じて 1 日に 1-2 回、ワムシ給餌前の 8:30 および 13:00 に、3-4 g/回を手撒きで与えた。3-③群については 50 日齢から配合飼料を終了した 63 日齢までは自動給餌器を用いて、1 日に 6g を 4 回に分けて与えた（表 10）。

結 果

1. 半ほっとけ飼育

ふ化仔魚 29.3 万尾を用いて種苗生産を行った結果、ワムシの連続給餌を終えた 28 日齢で全長 8.2 mm の仔魚 11.9 万尾が得られた（表 11）。

以降、38 日齢で着底が完了し、57 日齢で推定 7.5 万尾を飼育していた。58 日齢でへい死個体が目立ち始め、これらは胃内容物の充満の有無に関係なくいずれも外見で脳神経系の白濁が認められた。このため急遽魚病検査を実施したところ、アクアレオウイルス（マコガレイ型）が陽性となった。また陽性が判明した 60 日齢では、水槽内で多数の衰弱およびへい死個体が確認され、さらに水面には通常飼育では発生しない粘性のある気泡が生じていた。このため 60 日齢時点で全数処分とした。

表 8. 通常飼育におけるマコガレイへのワムシ給餌条件

	午前	午後
給餌時刻	9:00	13:00
強化時間	17 h	22 h
給餌量 (水槽1面/回当り)	1000万-4500万個体	1000万-4500万個体
給餌期間	3-40日齢	
総給餌量	46.3億個体*	

*S・L合計

表 9. 通常飼育におけるマコガレイへのアルテミア給餌条件

	午前	午後
給餌時刻	10:30	14:30
強化時間	19.5 h	23.5 h
給餌量 (水槽1面/回当り)	50万-2200万個体	50万-2200万個体
給餌期間	29-74日齢*	
総給餌量	11.6億個体	

*3-③群基準

表 10. 通常飼育におけるマコガレイへの配合飼料給餌条件

飼料種類	アンプローズ100
給餌時刻	10:00, 12:00, 14:00, 16:00
給餌量 (回当り)	1-1.5 g
給餌期間	50-63日齢 ^{*1}
総給餌量	341g ^{*2}

^{*1}3-③群のみ

^{*2}2群合計, 手撒き含む

表 11. 半ほっとけ飼育の結果

ふ化仔魚の収容				半ほっとけ飼育終了時の状況				生残率 (%)
稚魚群	ふ化日	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	飼育期間 (日齢)	水温 (℃)	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	
2-②群	2022/12/26	3.9	29.3	28	7.7-14.9	8.2	11.9	93.8*

*1/4に調整放流した19.7万尾分を含めた数値

2. 通常飼育

ふ化仔魚 30.4 万尾を用いて種苗生産を行ったところ、2023 年 3 月 17 日（75 日齢）時点で平均全長 25.7 mm の稚魚 1.1 万尾が得られ、2 月 17 日に実施した調整放流 17.0 万尾分を含む生残率は 55.9%であった（表 12）。これは前年の取上げ結果²⁾（61 日齢で全長 19.1 mm・12.4 万尾：調整放流分を含む生残率 86.0%）と比べ、尾数・生残率ともに低い値となった。なお飼育の都合上、今年度はアルテミアから配合餌料への切り替え前に全数放流したため、本報告では放流日を取上げ日とし、中間育成は実施していない。調整放流は 5 日齢までは排水によって行い、その後状態に応じて適宜分槽を実施しながら、2 月 17 日（47 日齢）に 3-③群の一部および 3-④群の全数の合計 17.0 万尾を放流した。その後残った 3-③群について飼育を継続し、最終的に得られた稚魚 1.1 万尾を 3 月 17 日（75 日齢）に野辺地川河口より放流した（表 13）

表 12. 通常飼育におけるマコガレイ種苗生産結果

ふ化仔魚の収容				取上げた稚魚の状況				生残率 (%)
稚魚群	ふ化日	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	飼育 期間	水温 (℃)	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	
3-③群	2023/1/1	3.9	22.1	75	6.7-15.2	25.7	1.1	55.9*
3-④群		4.3	8.3	47	4.1-14.4	10.8	7.0	

*2/17に調整放流した17.0万尾分を含めた数値

考 察

1. 半ほっとけ飼育

半ほっとけ飼育終了時の 28 日齢における生残率は高い値が得られた。また、ワムシの常時給餌によって、ワムシ給餌期間約 30 日間に及ぶワムシ収穫・強化・給餌作業がワムシの維持管理作業のみに置き換えられた。これより、半ほっとけ飼育は飼育に係る作業の削減に有効であると考えらえる。しかしながら、仔魚の成長は従来よりも悪く

なっていた。この原因として、今回の試験においては培養されたワムシの強化を行っていないため、仔魚の栄養状態が従来よりも良くなかったことが考えられる。今後、ほっとけ飼育で用いられたワムシ強化方法²⁾を参考に、強化を行った場合の半ほっとけ飼育の生残率および成長を明らかにすることが望まれる。

魚病発生に関して、発生時に他水槽の検査も実施したものの、陽性となったのは当該水槽（2-②群）のみであったため、今回のアクアレオウイルスは親魚からの垂直感染の可能性が疑われる。親魚由来のアクアレオウイルスは、例えばヒラメの場合は電解海水による卵消毒でほぼ確実に不活化できることが知られている³⁾。事業としての確実性、コストや労力の観点からも、マコガレイにおける電解海水を用いた魚病防除法の検討が早急に望まれる。

2. 青森県栽培漁業基本計画

表 13. マコガレイ放流結果

放流 月日	日齢	平均全長 (mm)	放流尾数 (万尾)
2023/2/17	47	10.8	17.0*
2023/3/17	75	25.7	1.1

*調整放流のため実績からは除外

第7次青森県栽培漁業基本計画（以下、基本計画）における年間目標生産尾数及びサイズは全海域合計で8.0万尾、全長30mmである。2022年の生産実績は、日本海の1.6千尾、82.1mm⁴⁾と陸奥湾の1.1万尾、25.7mmの合計1.3万尾で、目標には到達しなかった。ただし、放流実績には含まれないものの、10.8mmの仔魚17.0万尾を施設の都合で調整放流しているため、飼育期間を延長することで目標到達に近づくとと思われる。また今年度は魚病発生による飼育魚の処分もあったため、魚病が発生のリスクを低下させる生産体制を構築することで、放流実績への到達に繋がるだろう。

文 献

- 1) 村松里美・鈴木亮・吉田雅範（2019）車力マコガレイ種苗作出試験．平成30年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，412-418.
- 2) 村松里美・鈴木亮・高橋進吾（2021）野辺地マコガレイ種苗作出試験・種苗生産と中間育成．2021年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，361-366.
- 3) 水産研究・教育機構（2020）ヒラメのアクアレオウイルス感染症 防除対策マニュアル Ver1.29pp.
https://nria.fra.affrc.go.jp/sindan/kenkyu/pdf/manual_hirame.pdf
- 4) 中山 凌・高橋拓実・鈴木亮 車力マコガレイ種苗作出試験 -種苗生産・中間育成-．印刷中．