

省力・省コスト型種苗生産システム開発事業

鈴木 亮^{*1}・菊谷尚久・藤川義一・山田嘉暢^{*2}・高橋宏和・尾鷲政幸

目 的

魚類の種苗生産では、初期生物餌料であるシオミズツボムシ（以下ワムシ）を長期的かつ安定的に培養することが必要不可欠である。しかし、これまで当研究所では突然の培養不調などにより仔稚魚への給餌量が不足し、種苗生産に支障をきたす場合があった。そこで、長期に亘り安定的にワムシを培養することが可能とされる（独）水産総合研究センター能登島栽培漁業センター（以下能登島栽培漁業センター）で開発した粗放連続培養法を導入し、当研究所に適した培養方法を検討し安定的な種苗生産の確立を図る。

材料と方法

1 省力・省コスト型ワムシ安定培養技術開発

L型ワムシ小浜株（能登島栽培漁業センターの高密度輸送試験の一環として譲渡されたワムシ）を用いて、1tパンライト水槽及び5t円形FRP水槽を使用した粗放連続培養での培養試験と、従来の培養法である1tアルテミアふ化槽を使用した植継式培養との比較検討を行った。

(1) 1tパンライト水槽を用いた安定培養試験

図1に1tパンライト水槽を用いた粗放連続培養の模式図、表1に試験設定を示した。

平成21年12月12日～平成22年5月31日までの間、1tパンライト水槽2基を用いて粗放連続培養法による安定培養試験を行った。

1) 培養環境

培養水温は1Kw電熱線ヒーターを使用し、当研究所で種苗生産を行っているマダラ及びマコガレイの飼育水温との差を少なくし、ワムシを飼育水槽に給餌したときのショック死及び活力低下を軽減するため、従来の培養水温より2℃低い18℃で各培養槽を維持させた。

培養水には海水から原生動物の混入を軽減するため、3μm及び1μmのカートリッジフィルターを通した20℃温海水及び水道水を使用した。培養水の塩分濃度は、当研究所では、これまでは増殖率が良いとされる60%希釈海水で培養を行ってきた。しかし、能登島栽培漁業センターでは一時期、60%希釈海水における培養で培養不調が起これ、培養槽内に多量の淡水由来の細菌が確認され、80%希釈海水に変えたところ培養不調もなく、その細菌も殆ど確認されなかったこと、また、柳谷¹⁾の報告で60%希釈海水における培養では培養不調が起きた事例があることから、今回は80%希釈海水で試験を行った。そこで、80%希釈海水になるように海水・水道水・注水タンクを設けて注水を行い、エアレーションにより攪拌を行い、注水タンクに溜まった80%希釈海水は培養槽へ、1基当たり2500ℓ/日になるように注水を行った。

通気には円形にした内径17mmのユニホースを用いて、培養槽内全体が対流するように中央に設置

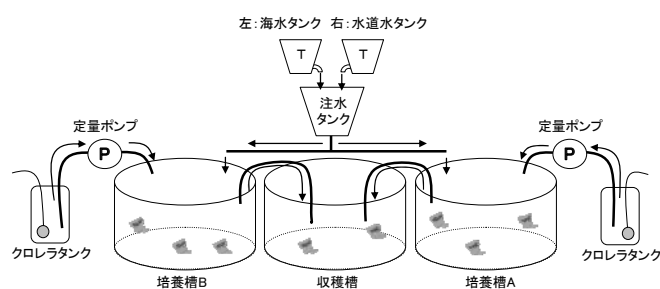


図1 1tパンライト水槽を用いた粗放連続培養の模式図

*1 地方独立行政法人青森県産業技術センター食品総合研究所

*2 下北地域県民局地域農林水産部むつ水産事務所

した。また、時間の経過とともに培養槽内に浮遊するフロック（細菌類及びワムシの糞、残餌などを取り込んでできた懸濁物）を取り除くため、W60×H100cmのマット（サランロックフィルター）3枚を槽内に設置し、1日置きに取替えた。

培養槽内の環境改善のため、培養状況に合わせて培養槽の交換（スイッチ）を行った。スイッチの際、ワムシはネット（9μm目合）で回収し、100ℓパンライトに18℃温海水を掛け流しにした状態でワムシを洗浄し、1tアルテミアふ化槽に一時収容した。培養槽の準備ができた時点で、1tアルテミアふ化槽に一時収容していたワムシを回収し、培養槽へ収容した。収容後、ワムシの状態に応じて、2～3日間バッチ培養を行ってから連続培養に移行した。

目標とするワムシ密度を培養槽1基当たり250個/cc、日間増殖率を25%として培養を行った。

2) 収穫環境

収穫槽には1tパンライト水槽1基を用い、水槽内を1kw電熱線ヒーターを使用して培養槽と同様に18℃で維持させ、円形のユニホースを用いて通気を行った。収穫方法は、培養槽より内径8mmのエアホースを使用して、サイフォン方式で2基の培養槽から注水量分の培養水をワムシごと収穫槽に流れ込むように設置し、溜まったワムシを1日毎に収穫槽から内径30mmのホース2本を使いサイフォン方式で収穫した。

3) 餌料環境

餌料は冷蔵濃縮淡水クロレラ（株）クロレラ工業社製 生クロレラV12）を用い、給餌率20%で給餌した。毎日、必要量のクロレラをクロレラタンク（20ℓトスロンタンク）に入れ、10ℓになるよう水道水で希釈した。希釈したクロレラは定量ポンプを使用し、1日掛けて連続給餌した。また、タンクの中には保冷用として凍結させたペットボトルを入れ、クロレラの沈殿防止のためエアレーションで攪拌を行った。

表1 1tパンライト水槽を用いた粗放連続培養の試験設定

培養槽	培養容量	培養水温	培養水濃度	注水量
A	1t	18.0℃	80%希釈海水	250ℓ/日
B	1t	18.0℃	80%希釈海水	250ℓ/日

培養槽	目標ワムシ密度	目標増殖率	目標収穫量	給餌率
A	250個/cc	25%	7.0千万個体	20%
B	250個/cc	25%	7.0千万個体	20%

(2) 5t円形FRP水槽を用いた安定培養試験

図2に5t円形FRP水槽を用いた粗放連続培養の模式図、図3に通気に伴うユニホース設置図、表2に試験設定を示した。

1回目の試験（試験①）を平成22年5月27日～7月27日、2回目の試験（試験②）を平成22年12月22日～平成23年3月31日までの間、5t円形FRP水槽を用いて粗放連続培養法による安定培養試験を行った。

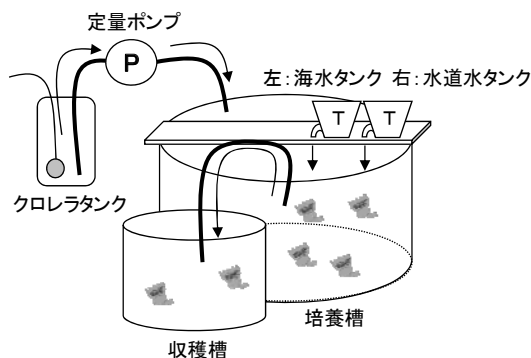


図2 5t円形FRP水槽を用いた粗放連続培養の模式図

1) 培養環境

培養水の容量は、試験①では5t、試験②では5.5tで試験を行った。培養水温は温水チタンヒーターを使用し18℃を維持させ、80%希釈海水になるように海水・水道水タンクを設けて、試験を行った。

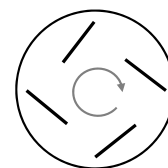


図3 通気に伴うユニホース設置図

通気には傾斜を付けた内径17mm、長さ60cmのユニホース4本を、培養槽内に時計回りの対流ができるように設置した。また、培養槽内の環境改善のため、培養状況に合わせてスイッチを行った。試験①では内径8mmのエアホース2本を使用しサイフォン方式で1日掛けて、もう1基の5t円形FRP水槽に4tの培養水をワムシごと移動させた。試験②では予めもう1基の5t円形FRP水槽に80%希釈海水を5t溜めておき、温水チタンヒーターをワムシ移動前に培養槽から取出し、洗浄して設置した。その後、ワムシをネット(9μm目合)で回収し、100ℓパンライトに18℃温海水を掛け流しにした状態で洗浄し、もう1基の培養槽への収容を何度か繰り返した。

ワムシ密度は、試験①では120個/cc、試験②では種苗生産状況に合わせ、試験開始から20日目までは90個/cc、21日目以降は182個/ccになるように培養を行った。日間増殖率は試験①②共に25%とした。

2) 収穫環境

収穫槽には試験①では1tパンライト水槽、試験②では1t円形FRP水槽を用いた。培養槽内は1kw電熱線ヒーター使用し、18℃を維持させ、円形にしたユニホースを用いて通気を行った。収穫方法は、培養槽中央部(底上約60cm)より内径8mmのエアホース2本を使用し、サイフォン方式で注水量分が収穫槽へ流れ込むように設置した。収穫槽に溜まったワムシを1日毎に収穫槽から収穫し、収穫後には水中ポンプを使用しながら水道水で収穫槽内を洗浄して、80%希釈海水を200ℓ溜め収穫を再スタートした。

3) 餌料環境

餌料は冷蔵濃縮淡水クロレラ((株)クロレラ工業社製 生クロレラV12)を用いて、給餌率20%で給餌した。毎日、必要量のクロレラをクロレラタンク(18ℓ保冷タンク)に入れ、10ℓになるよう水道水で希釈した。希釈したクロレラを定量ポンプで1日掛けて連続給餌し、タンクの中には保冷用として凍結させたペットボトルを入れ、クロレラの沈殿防止のためエアレーションで撹拌を行った。

表2 5t円形FRP水槽を用いた粗放連続培養の試験設定

	培養容量	培養水温	培養水濃度	注水量	目標ワムシ密度	目標増殖率	目標収穫量	給餌率
試験①	5t	18.0℃	80%希釈海水	1t/日	120個/cc	25%	1.5億個体	20%
試験②	5.5t	18.0℃	80%希釈海水	1t/日	90個/cc	25%	1.0億個体	20%
				1t/23h*1	182個/cc*2		1.8億個体*2	

*1 培養30日目から変更

*2 培養21日目から変更

(3) 従来法との比較検討

1tアルテミアふ化槽を用いて、培養水温18.0℃、培養水濃度80%希釈海水、給餌率20%(定量ポンプで連続給餌)、目標増殖率25%で培養を行った植継式培養と、1t及び5t水槽を用いた粗放連続培養とで、60日間の培養における密度・日間増殖率の推移、毎日の作業内容及び作業時間、ワムシ100万個体当たりの生産コスト(餌料代、光熱原料費、人件費)を算出して比較検討を行った。

2 省力・省コスト型種苗生産技術開発

5t 円形 FRP 水槽を用いた粗放連続培養で培養したワムシと植継式培養で培養したワムシを用いて、ヒラメ及びマコガレイの飼育試験を行った。その中で、ワムシを連続給餌する省力・省コスト型の種苗生産技術を開発すると共に、生残率及び生産コストの比較検討を行った。

(1) ヒラメ飼育試験

表 3 に試験区別の設定条件を示した。

ヒラメふ化仔魚（(社)青森県栽培漁業振興協会から発眼卵で譲渡）を 1t パンライト水槽に 2 万尾ずつ収容し、30 日間のワムシ給餌を行い、飼育環境、給餌量 800 万個体/日、ワムシ強化剤（(株)クロレラ工業社製 スーパー生クロレラ V12）は同一条件とした。

その他の試験設定条件は、試験区Ⅰは粗放連続培養で培養したワムシを、試験区Ⅱは植継式培養で培養したワムシを、それぞれ栄養強化して給餌した通常飼育区とした。試験区Ⅲは粗放連続培養で培養したワムシを、栄養強化しないで給餌した無強化飼育区とした。また、試験区Ⅳでは、従来行ってきたワムシの回収、栄養強化、給餌までの作業を簡略化させることを目的に、粗放連続培養で培養したワムシを用いて、ワムシの回収・栄養強化・給餌までを連続的に行う方法で直接飼育水槽へ給餌する連続給餌区とし、試験区別に種苗生産に伴う作業時間及び 1 尾当りの生産コストの比較試験を行った。

表 3 試験区別の設定条件

	試験区Ⅰ	試験区Ⅱ	試験区Ⅲ	試験区Ⅳ
飼育方法	通常飼育	通常飼育	無強化飼育	連続給餌飼育
収容尾数	2万尾	2万尾	2万尾	2万尾
飼育水温	18℃	18℃	18℃	18℃
給餌量	800万個/日	800万個/日	800万個/日	800万個/日
給餌したワムシの培養方法	粗放連続培養	植継式培養	粗放連続培養	粗放連続培養
強化剤	スーパー生クロレラV12	スーパー生クロレラV12	無し	スーパー生クロレラV12

(2) マコガレイ飼育試験

マコガレイふ化仔魚（野辺地産）を 1t パンライト水槽に 28,420 尾（夜間計数による算出）収容し、平成 23 年 1 月 14 日～2 月 14 日まで飼育を行った。給餌方法は、2-(1)の試験区Ⅳと同様にワムシ連続給餌飼育を行い、給餌量は常に飼育槽内のワムシ量が 500 個/cc となるようにした。また、試験期間と同時期に 10t 円形コンクリート水槽 1 面で種苗生産（粗放連続培養ワムシを給餌）していたものを対照区として比較試験を行った。また、平成 21 年度のマコガレイ省力化飼育試験で、取り上げたマコガレイ稚魚を用いて、体色異常及び奇形率を算出するため、継続飼育を行った。

結果と考察

1 省力・省コスト型ワムシ安定培養技術開発

(1) 1t パンライト水槽を用いた安定培養試験

1) 培養環境

表 4 にワムシ密度及び日間増殖率の結果、図 4 にワムシ密度の推移、図 5 に日間増殖率の推移を示した。

1t パンライト水槽 2 基を用いた粗放連続培養では、培養水温は 16.7～19.1℃で推移し変動幅が大き

かった。培養水の塩分濃度は概ね 80% 希釈海水を維持していた。スイッチは 10～17 日の間隔で 12 回
行い、連続 171 日の培養を行うことができた。

培養槽 A のワムシ密度は平均 219.6 個/cc (51～372 個/cc) と、維持すべき密度である 250 個/cc
を若干下回ったが、かなりの変動幅があった。培養槽 B のワムシ密度は、平均密度 217.1 個/cc (52
～363 個/cc) と培養槽 A と同様の結果であった。日間増殖率については、培養槽 A で平均 26.5% (-62.1
～186.5%)、培養槽 B で平均 26.9% (-15.5～225%) と、変動幅はあるものの、目標増殖率である 25.0%
に近い値で推移した。

1t パンライト水槽を用いた粗放連続培養では、171 日と長期間の培養を行うことができたが、密度
及び日間増殖率は終始安定することなく推移した。その原因として、水槽容量が 1t と L 型ワムシを
高密度で培養するには容量が少なかつたと思われ、その結果、培養槽内の環境悪化が早く進み、環境
変化に弱い L 型ワムシの増殖に影響を及ぼしていたと推察される。

表 4 ワムシ密度及び日間増殖率の結果

培養槽	ワムシ密度(個/cc)			日間増殖率(%)		
	目標密度	Ave	Min-Max	目標増殖率	Ave	Min-Max
A	250	219.6	51-372	25.0	26.5	-62.1-186.5
B		217.1	52-363		26.9	-15.5-225.0

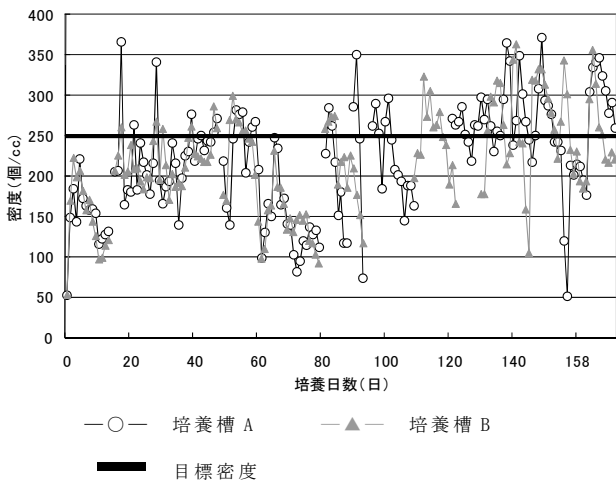


図 4 ワムシ密度の推移

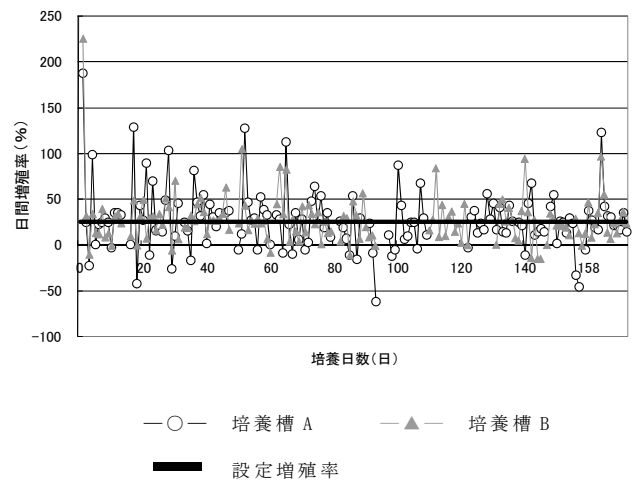


図 5 ワムシ日間増殖率の推移

2) 収穫環境

表 5 に収穫量の結果、図 6 に収穫量の推移を示した。

1t パンライト水槽 2 基から収穫できたワムシの量は、培養槽 A では平均 6.2 千万個体 (1.4 千万～
10.6 千万個体)、培養槽 B では平均 6.2 千万個体 (1.8 千万～10.3 千万個体) であった。各培養槽か
ら収穫できたワムシは平均では目標収穫量に近い収穫量であったが、全体的には目標値より少ない収
穫量の日が多く、この原因としてワムシ密度の変動幅が大きかつたためと推察される。

表 5 収穫量の結果

培養槽	収穫量(千万個体)		
	目標収穫量	Ave	Min-Max
A	6.0	6.2	1.4-10.6
B		6.2	1.8-10.3

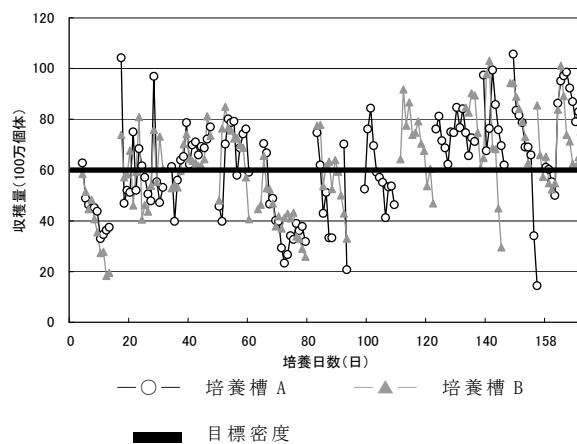


図 6 収穫量の推移

(2) 5 t 円形 FRP 水槽を用いた安定培養試験

1) 培養環境

表 6 にワムシ密度及び日間増殖率の結果、図 7 に試験①のワムシ密度の推移、図 8 に試験①の日間増殖率の推移、図 9 に試験②のワムシ密度の推移、図 10 に試験②の日間増殖率の推移を示した。

試験①では培養水温は 18.1~25.3℃と、5 月下旬から試験を始めたこともあり、試験開始 13 日目以降設定温度より高い水温で推移した。培養水の塩分濃度は概ね 80% 希釈海水を維持していた。スイッチは 30 日目で行い、連続 60 日の培養を行うことができた。スイッチについては能登島栽培漁業センターで実施している方法を行ったが、幾つかの問題が発生した。一つ目の問題はスイッチまでの培養期間を 30 日としたが、能登島栽培漁業センターの培養槽と比べ、当研究所は容量が少ないために環境悪化が早まったと思われる、ワムシの活力低下を招いた。二つ目の問題は培養水ごとワムシの移動を行ったが、培養日数 20 日目以降に発生し始めた、ユープロテス、ツリガネムシ、線虫等の原生動物も同時に新しい培養槽に移動させることとなった。

試験②では、培養水温は 17.8~21.7℃と、20℃以上になった日は 1 日のみで、その他の日は概ね 18℃で推移した。また、培養水の塩分濃度も概ね 80% を維持していた。スイッチは 21、22、26 日目の計 4 回行い、連続 99 日の培養を行うことができた。試験②では、試験①の問題点を踏まえ、スイッチまでの培養期間を 4~9 日短くして、ワムシを一度回収し洗浄を行った結果、新しい培養槽には原生動物も混入せず、活力あるワムシのみを移動させることができた。また、直前に温水チタンヒーターの移動を行ってもワムシに影響はなかった。

試験①のワムシ密度は最小で 83 個/cc、最大で 194 個/cc と変動幅があったが、維持すべき密度である 120 個/cc を下回る日は少なく、安定した密度で推移した結果、平均密度は 129.8 個/cc であった。日間増殖率は、平均 24.1% とほぼ目標どおりの増殖率であったが、最小 22.3%、最大 80.6% と変動幅があった。その原因として、培養日数を 30 日間までとしたことで、培養後半に大幅に増殖率が下がる結果となったと推察される。

試験②のワムシ密度は、試験開始から 20 日目までは最小 75 個/cc、最大 221 個/cc であったが、維持すべき密度 90 個/cc を下回った日は 2 日間であり、安定した密度で推移し、平均密度は 128.1 個/cc であった。21 日目以降の平均密度は 240.8 個/cc で最小 117 個/cc、最大 419 個/cc と変動幅が大きく、日間増殖率についても平均 27.1% で最小 -16.4%、最大 114.2% と変動幅が大きかった。

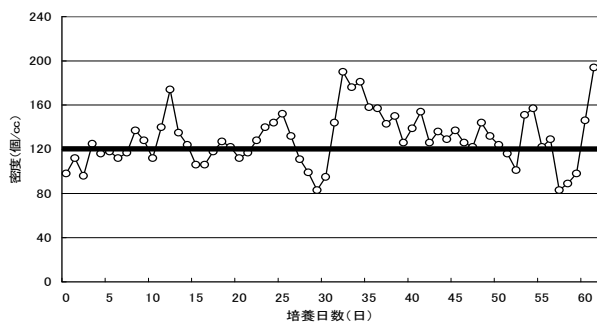
21 日目以降の密度、日間増殖率の変動が大きくなった原因として、30 日目に注水量を変更したことにより培養槽内の環境を変えてしまったことが、密度と日間増殖率を下げる要因と推察される。もう

一つの原因として、試験設定の際に給餌率をワムシの量に対して20%の給餌率で計算していたが、連続培養移行期に移っていたにもかかわらず、増えていくワムシ密度に合わせて給餌量も増やしてしまっただめに47日目以降密度が急激に上昇し、その後高くなった密度を下げる目的で給餌率を下げたことで給餌量が大幅に変動したことが日間増殖率の大きな変動に繋がった。

このことから、来年度以降、粗放連続培養技術を当研究所の種苗生産で用いるためには、給餌量を一定にすることと、5t円形FRP水槽においてもフロック除去用のマットを設置するなどして、安定した培養槽内の環境を維持させることでワムシの密度を安定させることが必要不可欠である。

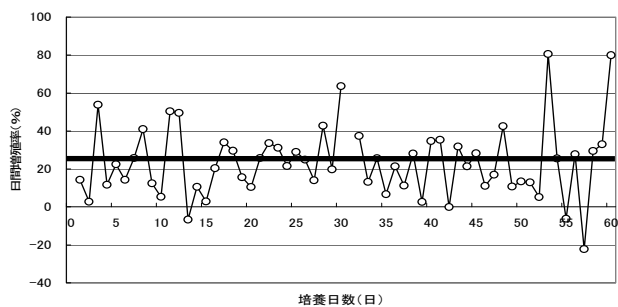
表6 ワムシ密度及び日間増殖率の結果

	ワムシ密度(個/cc)			日間増殖率(%)		
	目標密度	Ave	Min-Max	目標増殖率	Ave	Min-Max
試験①	120	129.8	83-194	25.0	24.1	-22.3-80.6
試験②	90	128.1	75-221	25.0	27.1	-16.4-114.2
	182	240.8	117-419			



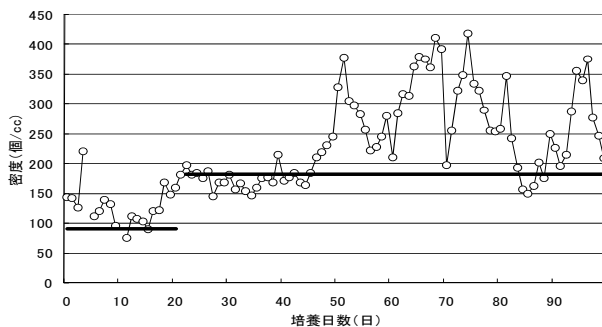
—○— ワムシの密度 ■■■ 維持するべき密度

図7 試験①のワムシ密度の推移



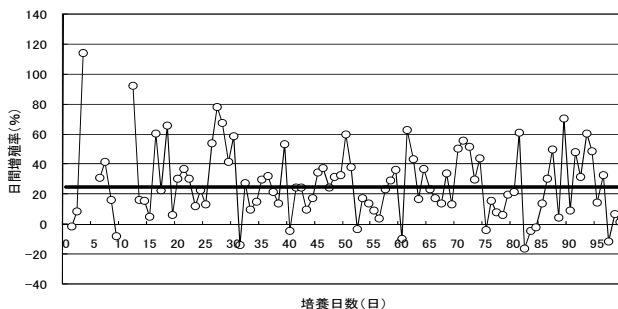
—○— 日間増殖率 ■■■ 目標増殖率

図8 試験①のワムシ日間増殖率の推移



—○— ワムシの密度 ■■■ 維持するべき密度

図9 試験②のワムシ密度の推移



—○— 日間増殖率 ■■■ 目標増殖率

図10 試験②のワムシ日間増殖率の推移

2) 収穫環境

表7に収穫量の結果、図11に試験①の収穫量の推移、図12に試験②の収穫量の推移を示した。

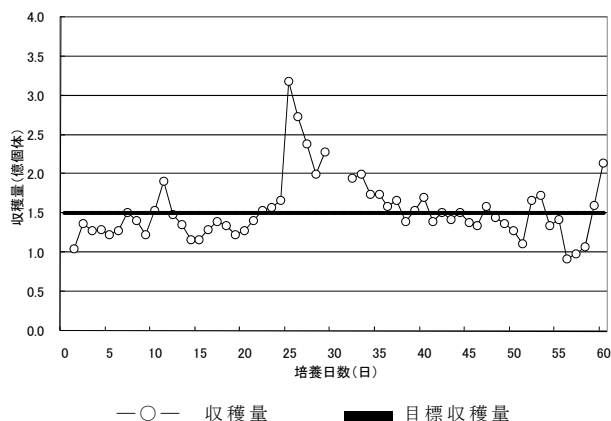
試験①で収穫できたワムシの量は、試験開始から20日目まで目標収穫量1.5億個体を下回ったが、25日目には3.18億個体と急激に上昇し、それ以降は目標値を概ね維持し、平均収穫量は1.54億個体(0.91億~3.18億個体)であった。試験②は密度を種苗生産状況に合わせて変更したことから、試験開始から20日目は平均収穫量1.19億個体(0.77億~1.76億個体)と、概ね目標収穫量である1億個

体を収穫できた。21日目以降は注水量を変えた影響によって30～49日目まで目標収穫量1.8億個体を収穫できなかったが、50日目以降は急激に上昇した密度の影響で、1.8億個体以上の収穫量があり、平均収穫量は2.19億個体（1.08億～4.13億個体）であった。

また、収穫後に槽内底面部に活力の低下したワムシが、かたまって沈下していることが度々確認された。この原因としては、収穫ホースに用いたエアホースの長さが5～6mと長いこと、その中を通っている間、冬季間は特に外気の影響を受け易く収穫槽に入るまでの時間も長いことが、ワムシの活力を低下させる要因になっていると推察される。もう一つの原因としては、収穫過程のどこかで気泡が混入したか、培養槽内の通気を巻き込んだかで、収穫ホースの出口から気泡がでていたため、気泡の混入が活力に大きく影響するワムシにとっては²⁾、活力を低下させる要因であったと推察される。

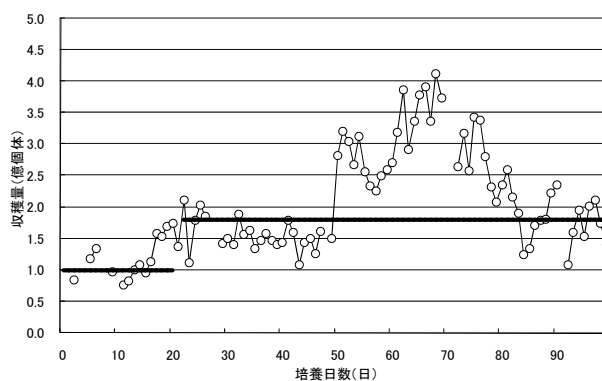
表7 収穫量の結果

	目標収穫量	Ave	Min-Max
試験①	1.5	1.54	0.91-3.18
試験②	1.0	1.19	0.77-1.76
	1.8		



—○— 収穫量 ■■■ 目標収穫量

図11 試験①の収穫量の推移



—○— 収穫量 ■■■ 目標収穫量

図12 試験②の収穫量の推移

(3) 従来法との比較検討

表8に粗放連続培養及び植継式培養の日間増殖率の結果、表9に60日間の培養における作業内容及び作業時間、表10にワムシ100万個体当たりの生産コストを示した。

植継式培養の日間増殖率は平均11.9%（-24.0～59.6%）と、粗放連続培養と比べ低いものであった。この結果からも分かる通り、粗放連続培養は幾つか改良しなければならない点はあるものの、植継式培養に比べ長期間安定した培養が可能な技術であることがわかった。

表8 粗放連続培養及び植継式培養の日間増殖率の結果

培養方法	日間増殖率 (%)		
	Ave	Min-Max	
1t粗放連続培養	培養槽A	26.5	-62.1-186.5
	培養槽B	26.9	-15.5-225.0
5t粗放連続培養	試験①	24.1	-22.3-80.6
	試験②	27.1	-16.4-114.2
植継式培養		11.9	-24.0-59.6

培養を行う上での作業（労力）については、1 t 粗放連続培養及び植継式培養が毎日行わなければならない作業は給餌、収穫、マット洗浄があり、1日に要する作業時間は給餌 20 分/日、収穫 20 分/日、マット洗浄 15 分/日であった。5 t 粗放連続培養では給餌、収穫があり、1日に要する作業時間は給餌 20 分/日、収穫 20 分/日であった。スイッチ作業については、1 t 粗放連続培養は 6 回行い、作業時間は 270 分（45 分/回）であった。5 t 粗放連続培養（試験①）は 1 回行い、作業時間は 60 分（60 分/回）であった。植継式培養では植継ぎ作業を 27 回行い、1,215 分（45 分/回）であった。60 日間培養での合計作業時間は 1 t 粗放連続培養で 59 時間、5 t 粗放連続培養で 31 時間、植継式培養で 75 時間と、作業性においても粗放連続培養は、植継式培養と比べ大幅に労力を軽減できることがわかった。

表 9 60 日間の培養における作業内容及び作業時間

	毎日行う作業			スイッチ・植継ぎ作業		60日間培養での 合計作業時間
	給餌 作業時間	収穫 作業時間	マット洗浄 作業時間	作業時間	作業回数	
1t粗放連続培養	20分	20分	15分	45分	6回	59時間
5t粗放連続培養	10分	20分	—	60分	1回	31時間
植継式培養	20分	20分	15分	45分	27回	75時間

ワムシ 100 万個体当たりの生産コストについては、表 10 の備考に示した計算式に従って算出した。結果は、植継式培養では餌代 100.7 円/日、光熱原料費 187.1 円/日、人件費 22.3 円/日であった。1 t 粗放連続培養では餌代 126.7 円/日、光熱原料費 175.1 円/日、人件費 34.3 円/日で、5 t 粗放連続培養では餌代 73.4 円/日、光熱原料費 26.5 円/日、人件費 4.0 円/日であった。ワムシ 100 万個体を生産するための合計コストは、植継式培養で 310.1 円/日、1 t 粗放連続培養では 336.1 円/日と、植継式培養と比べ若干コストが掛かる結果であった。5 t 粗放連続培養は 103.9 円/日と植継式培養より 3 分の 1 のコストでワムシ 100 万個体を生産できることがわかった。今回、植継式培養のコストについては、培養槽 1 基当たりで算出したが、実際に種苗生産に用いる場合は少なくとも 3 基の培養槽を必要とするため、3 倍のコストが掛かる計算となる。よって、粗放連続培養は従来法である植継式培養より、低コストでワムシを培養することができる培養技術であることがわかり、特に 5 t 円形 FRP 水槽を用いた粗放連続培養では大幅にコストダウンが可能であることがわかった。

表 10 ワムシ 100 万個体当たりの生産コスト 単位：円

	餌代	光熱原料費	人件費	合計
1t粗放連続培養	126.7	175.1	34.3	336.1
5t粗放連続培養	73.4	26.5	4.0	103.9
植継式培養	100.7	187.1	22.3	310.1

（備考）生産コスト計算式

○1t円形FRP水槽を用いた粗放連続培養の場合

$$\text{餌代} = \frac{(\text{翌日のワムシ増殖個体数}/1,000,000)}{\text{クロレラ給餌量}} \times \text{クロレラ単価}(0.6\text{円}/\text{ml})$$

光熱原料費(1Kw電熱線ヒーター使用時の電気料)

$$\text{使用電気料} = \frac{(\text{水槽の容量} \times \text{設定温度とろ過海水温との差})}{860\text{kcal}/\text{kwh}} \times \text{1日当たりの電気料}(305.04\text{円}/\text{kwh})$$

※ 培養に使用した海水は18℃温海水であるが、他の試験と比較するため、ろ過海水からの加温設定とした。
また、ろ過海水の水温は平成22年1月1日から3月3日までのデータを使用した。

$$\text{人件費} = \text{1時間当たりの人件費(非常勤労務員)} \times \text{1日当たりの作業時間}$$

○5t円形FRP水槽を用いた粗放連続培養の場合

$$\text{餌代} = \frac{(\text{翌日のワムシ増殖個体数}/1,000,000)}{\text{クロレラ給餌量}} \times \text{クロレラ単価}(0.6\text{円}/\text{ml})$$

光熱原料費(温水タンヒーター使用時の電気料)

$$\text{使用電気料} = \frac{\text{ボイラーの消費電力}(10,000\text{kwh})}{860\text{kcal}/\text{kwh}} \times \text{1日当たりの電気料}(305.04\text{円}/\text{kwh})$$

光熱原料費(温水タンヒーター使用時の重油代)

$$\text{使用熱量}(\text{kcal}) = \text{水槽容量}(5,000\text{L}) \times \text{設定温度とろ過海水温との差}^{\ast}$$

※ 培養に使用した海水は18℃温海水であるが、他の試験と比較するため、ろ過海水からの加温設定とした。
また、ろ過海水の水温は平成22年1月1日から3月3日までのデータを使用した。

$$\text{使用重油量}(\text{L}) = \text{使用熱量} \times 10,500\text{kcal}/\text{L}$$

加温開始1日目

$$\text{使用重油代}(\text{円}) = \text{使用重油量} \times 2(\text{発散熱(ロス分)}) \times \text{重油単価}(53.34\text{円}/\text{L})$$

加温2日目以降

$$\text{使用重油代}(\text{円}) = \text{使用重油量} \times \text{重油単価}(53.34\text{円}/\text{L})$$

$$\text{人件費} = \text{1時間当たりの人件費(非常勤労務員)} \times \text{1日当たりの作業時間}$$

2 省力・省コスト型種苗生産技術開発

(1) ヒラメ飼育試験

図 13 にヒラメ仔魚の成長の推移、表 11 にヒラメ種苗生産に伴う試験区別の作業時間及び生産コストを示した。

ワムシ給餌期間の 30 日間飼育を行い、取り上げをした結果、試験区 I は生残率 32.8%、平均全長 11.6mm、試験区 II は生残率 27.2%、平均全長 10.8mm、試験区 III は生残率 0%、試験区 IV は生残率 29.4%、平均全長 11.3mm であった。この結果は、福田³⁾が報告したヒラメの日令 27 日での飼育結果である全長 13.6~14.4mm、生残率 41.7% から見ると、成長、生残率ともに劣る結果となった。成長、生残が劣った

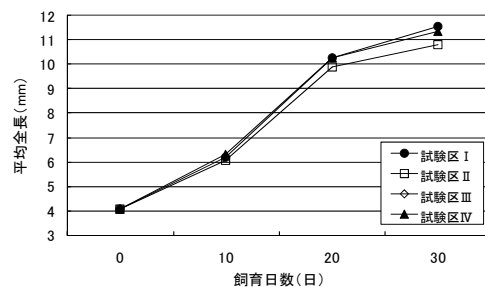


図 13 ヒラメ仔魚の成長の推移

原因としては、粗放連続培養ワムシと植継式培養ワムシ、従来の飼育方法とワムシの連続給餌方法との比較をするため、ワムシを一定量給餌とし、アルテミアの給餌は無しとして飼育試験を行ったためである。また、栄養強化を省いた試験区 III は、飼育開始 12 日目で全滅してしまったため、改めてワムシの栄養強化は必要不可欠であることがわかった。

粗放連続培養ワムシを通常給餌した試験区 I と連続給餌した試験区 IV は、従来の飼育方法である試験区 II と比べ遜色のない生残率、成長であった。ただし、植継式培養ワムシを給餌した試験区 II は、飼育開始 28 日目に腸管白濁症と思われる個体が確認されたため、取り上げないで飼育を継続した場合、大幅に減耗していくものと推測される。そして、粗放連続培養ワムシを給餌した試験区 I 及び IV では腸管白濁症の個体は確認されなかったため、粗放連続培養は培養細菌性の疾病対策にも繋がるのではないかと示唆された。

試験期間中における種苗生産に伴う作業時間については、試験区 I、II は給餌するワムシの違いだけで飼育方法は通常飼育で行ったため、作業時間はともに 70 分/日であった。試験区 IV は栄養強化を収穫槽内で行い、そこから自動的に連続して給餌を行ったため、収穫作業、給餌作業が省かれ、強化作業も短縮できたことから、合計の作業時間は 23 分/日であった。ワムシ給餌期間のヒラメ 1 尾当たりの生産コストは、試験区 I で餌料 6.2 円/尾、強化剤 3.5 円/尾、人件費 4.1 円/尾で合計 13.8 円/尾、試験区 II で餌料 46.5 円/尾、強化剤 4.2 円/尾、人件費 4.9 円/尾で合計 55.6 円/尾、試験区 IV で餌料 6.2 円/尾、強化剤 3.0 円/尾、人件費 1.5 円で合計 10.7 円/尾であった。

1-(3)での結果と同様に、粗放連続培養で培養したワムシを給餌した試験区 I 及び IV は、植継式培養で培養したワムシを給餌した試験区 II と比べ、大幅に餌料のコストを軽減することができた。また、更なるコストの軽減を目的とした試験区 IV のワムシを連続給餌する方法は、栄養強化のための二次培養を省くことにより、更に労力及びコストを軽減できる可能性が示された。

表 11 ヒラメ種苗生産に伴う試験区別の作業時間及び生産コスト

	試験期間中の作業内容及び作業時間 (分)					ヒラメ1尾当たりの生産コスト (円)			
	収穫作業	強化作業	給餌	底掃除	合計	餌料(ワムシ)	強化剤	人件費	合計
試験区 I	20	10	20	20	70	6.2	3.5	4.1	13.8
試験区 II	20	10	20	20	70	46.5	4.2	4.9	55.6
試験区 IV	—	3	—	20	23	6.2	3.0	1.5	10.7

(2)マコガレイ飼育試験

図 14 に飼育槽及び収穫槽のワムシ量の推移、図 15 にマコガレイ仔魚の成長の推移を示した。

31 日間の飼育試験を行った結果、飼育水温は平均 14.8℃ (13.1~16.7℃)、換水率は試験開始当初 122%/日から始め、7 日目から 244%/日、19 日目から取り上げまで 391%/日であった。飼育槽内のワムシ量は平均 756.6 万個体 (196 万~1,800 万個体) でバラつきはあったものの概ね 500 万個体以上を維持していた。収穫槽 (兼強化槽) 内は平均 1271.9 万個体 (819 万~2,418 万個体) と概ね 1,000 万個体以上を維持していた。

取り上げの結果は平均全長 10.91mm、生残率 72%と、対照区の平均全長 11.06mm、生残率 50%と比べ成長では遜色ないものであり、生残率は約 1.5 倍となった。このことからワムシの連続給餌方法は、従来の飼育方法と比べ生残率を向上できる可能性があることが示された。しかし、継続飼育していた平成 21 年度産マコガレイ稚魚の体色異常及び奇形率を算出したところ、奇形個体は見られなかったが、約 80%の個体に体色異常が見られた。このため、今年度の試験で取り上げたマコガレイ稚魚においても、体色異常及び奇形個体を確認するため、継続飼育を行っている。

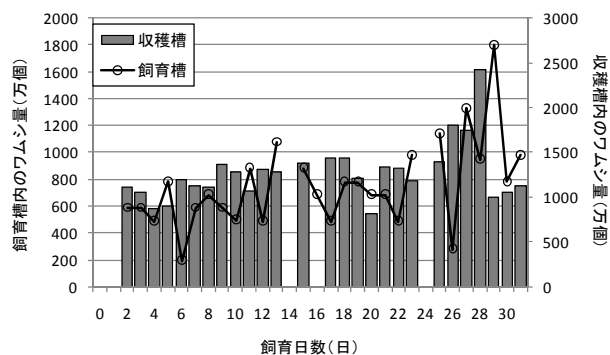


図 14 飼育槽及び収穫槽のワムシ量の推移

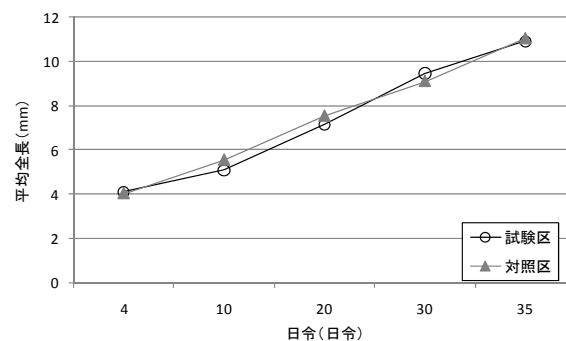


図 15 マコガレイ仔魚の成長の推移

謝 辞

本試験を行うにあたってご懇篤なご指導並びに助言をいただいた独立行政法人水産総合研究センター能登島栽培漁業センター小磯雅彦氏に、この場を借りて心より感謝申し上げます。

文 献

- 1) 柳谷 智・菊谷尚久・鈴木 亮・尾鷲正幸(2011)省力・省コスト型種苗生産システム開発事業,平成 21 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告書,352-362.
- 2) 日野明徳・桑田 博・小磯雅彦・山下貴示・藤浪祐一郎(2000)海産ワムシ類の培養ガイドブック,栽培漁業技術シリーズ N0.6.水産庁・社団法人日本栽培漁業協会.
- 3) 福田慎作(1998)平成 10 年度栽培漁業技術研修事業基礎理論コース仔稚魚期の発育シリーズ N0.13 (ヒラメ仔稚魚の生理生態と種苗生産技術) 青森県におけるヒラメの種苗生産技術.水産庁・社団法人日本栽培漁業協会, 7.