

低コストで放流後の生残率が高いアワビ種苗生産技術開発 農林水産オープンイノベーション推進事業

中西達也・和田隆史・富高翔平

クロアワビ種苗放流事業が経済効果を発揮するためには、餌料効果の高い餌の確保、高水温期の適切な水質管理を通じた歩留まり向上、放流後の生残率を高める健苗性の付与が必要である。

今年度は、高水温期のクロアワビ餌料として利用可能な新規海藻の大量培養試験、餌料効果試験、クロアワビ稚貝の負の走光性試験、反転（起き上がり）試験をおこなった。

材料と方法

1 クロアワビ飼育試験

クロアワビ稚貝の中間育成中、高水温期の溶存酸素濃度の低下や、残餌、排せつ物に起因する水質汚濁による稚貝の生残率低下が問題となっている。

ファインバブル発生装置は、陸上養殖における酸素供給に有効とされ、また、紅藻のミリン科海藻 *Agardhiella subulata*（以下、紅藻ミリンと記す）は生鮮のまま給餌すれば、残餌となっても水質汚濁の原因とならず、高水温期のクロアワビ餌料として利用が期待できる。

そこで、クロアワビ稚貝の高水温期の生残率向上を確かめるため、8トン型巡流水槽（1槽）に、生後2年以上経過した平均殻長36.91mm、平均体重8.44gのクロアワビ稚貝（平成30年3月16日測定）を推定18,977個飼育した。

飼育水は砂ろ過海水を8トン/時間の割合で給水した。ファインバブル発生装置（坂本技研社製：型式25A）は、海水用水中ポンプ（荏原製作所社製：型式40DWT6.25SB）1台に2個取り付け、常時使用した。水槽は清掃や給餌作業時以外はシートで遮光した。飼育水の水温や溶存酸素濃度の測定、へい死貝の取り上げ、水槽の底に溜まった排泄物や残餌の除去は週3回おこなった。紅藻ミリンを隣接する水槽で培養し、週1回、増加した分を取り上げて給餌した。また、配合餌料を週2～3回、後日の清掃時に残餌が残らない量を見計らって給餌した。飼育したクロアワビ稚貝は、後述する各試験に供試するとともに、平成30年11月、12月および翌年3月に、美波町阿部および日和佐地先に設けられた禁漁区へ放流した。

2 紅藻ミリンの大量培養試験

餌料を安価に培養できれば種苗生産コストは下げられる。紅藻ミリンの効率的な大量培養システムを検討するため、専用水槽（容量1.2トン、写真1）2基を導入し、日間生長率を調べた。

専用水槽は、常に藻体を流動させるため、水槽の底中央部からエアレーションする構造である。換水率は1日3回転程度とし、施肥材は市販されている粒状（N:P:K=1:1:1）の物を使用した。培養開始時の母藻重量を4kgとし、6月12日から8月29日まで培養試験をおこない、基本的に7日ごとに増重量を計量して日間生長率を求めた。光条件は水槽の位置や天候により異なるため、培養試験を11回繰り返した。専用水槽の照度と水温は、Onset社製水中用温度計測データロガー（型式：UA-002-64）で、1時間間隔で記録した。

3 紅藻ミリンの餌料効果

餌料効果が高い餌料を使うことで種苗生産コストは下げられる。紅藻ミリンの餌料としての有効性を検討するため、紅藻ミリンを給餌する区、比較対照として塩蔵ワカメを給餌する区を設定し、それぞれを飽食させてクロアワビ稚貝の生長（生残率、殻長、体重）の推移を比較した。

8月8日、各区、クロアワビ稚貝58個体を無作為に選んで試験に供した。各区ともに内法寸法120cm×75cm×高さ60cmの容量0.5トンのダイライト水槽（1槽）を使用し、46cm×32cm×高さ16cmのプラスチック製野菜カゴ（2個）を入れ、各カゴに樹脂製雨樋を加工したシェルター



写真1. 紅藻ミリン培養のための専用水槽（容量1.2トン）

(40cm×11cm) 2枚とクロアワビ稚貝29個体を入れ、水深は13cm程度とし、水槽上部を寒冷紗で覆った。定期的に水槽内を清掃し、給餌は残餌の状況を見ながら各餌料を週2～3回追加し、飽食させた。給餌前の餌料の計量は、紅藻ミリンでは網袋に入れた後、遠心分離の原理で十分に脱水した後に、塩蔵ワカメでは水道水で塩分を除き、手で水分を十分に絞った後におこなった。死貝を発見した場合は取り上げた。全数の殻長および体重は、9月20日、11月27日、翌年3月29日に測定した。

4 クロアワビ稚貝の負の走光性の維持

放流後、外敵からの逃避能力を有し生残を高めることは、放流事業の成立に必要である。放流するクロアワビ稚貝の健苗性の要素のひとつとして負の走光性を有することが求められる。水槽を遮光して飼育することで、クロアワビ稚貝の負の走光性が維持されるかを確認した。

8月9日、遮光下で飼育したクロアワビ稚貝（平均殻長41.13mm、平均体重10.21g）70個体を使い、長方形の薄いプラスチック板（大きさ60cm×27cm）の中央にクロアワビ稚貝1個体を静置し、速やかにその上から内側を黒く塗った立方体の木箱（内法寸法62cm×27cm×高さ30cm）をかぶせて遮光し、箱の側面とプラスチック板が接する1カ所にあるスリット（幅25cm×高さ2cm）から小型ライトで箱内部へ光を当て、クロアワビ稚貝が光源から離れる方向へ10秒間で移動した距離を測定した（n=40）。比較対照として、木箱をかぶせた後スリットを覆い、内部に光が入り込まない暗黒下での移動距離を同様に測定した（n=30）。なお、移動距離は、クロアワビ稚貝個々の殻長の差を補正するため、移動距離をそのクロアワビ稚貝の殻長で除した殻長比で表した。

5 クロアワビ稚貝の反転（起き上がり）試験

放流するクロアワビ稚貝の健苗性の要素のひとつとして、高い活力を有することが求められる。そこで、活力の指標として、軟体部を上にして置いた状態から、そのクロアワビ稚貝が反転して匍匐状態になるまでの時間を調べた。8月9日、遮光下で飼育したクロアワビ稚貝（平均殻長41.43±4.33mm、平均体重11.00±3.46g）56個体を使い、薄いプラスチック板上に軟体部を上にして置いた状態から、稚貝が反転して匍匐状態になるまでの時間を計測した。

結果と考察

1 クロアワビ飼育試験

飼育期間中の水温、溶存酸素濃度及び1日あたりのへい死個体数の推移を図1に示す。

5月末から大量へい死が発生し、その対策として配合餌料の給餌を中止し、へい死個体の除去に努めた。このへい死は6月下旬に終息した。溶存酸素濃度は5.1～8.0mg/Lの範囲で推移し、高水温期においてもへい死のリスクが低い5.1mg/Lの高い濃度を維持できた。

平成30年4月1日の飼育開始から翌年3月までの月ごとの紅藻ミリンと配合餌料の給餌実績を図2に示す。総給餌量は紅藻ミリン327.7kg（湿重量）、配合餌料167.7kgだった。紅藻ミリンは8月に最大の63.7kg（湿重量）給餌できた。紅藻ミリンは、高水温期を中心に多く給餌でき、配合餌料の節減、水質悪化防止に寄与したと考えられた。

12月17日及び翌年3月19日に稚貝をサンプリングし、計測した殻長及び体重のヒストグラムを図3、4に示す。12月17日の平均殻長は41.97mm±4.20mm（標準偏差）、平均体重は11.57g±3.45g、3月19日の平均殻長は47.64mm±5.40mm、平均体重は17.54g±5.81gだった。

放流のために稚貝を取り上げる直前の11月12日時点（推定16,514個）での歩留まりは、4月1日の飼育開始時に対し

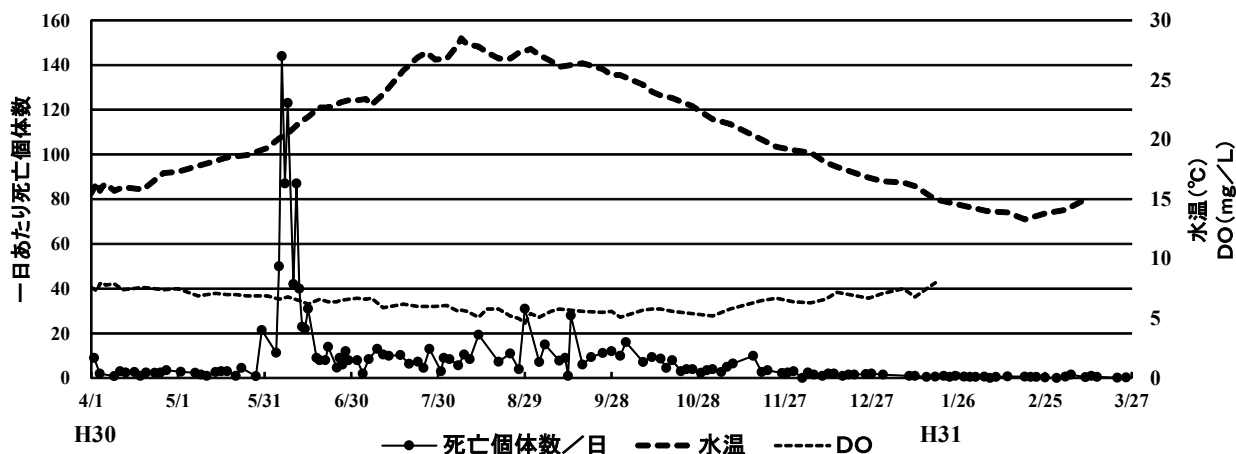


図1. 飼育期間中の水温、溶存酸素濃度および一日あたりのへい死個体数の推移

て87.0%，6月下旬の大量へい死終息後の個数（推定17,963個）に対しては91.9%だった。5月下旬からの大量へい死の原因は不明であるが，4月に発生した赤潮の影響，または，当時，他所からへい死アワビの持ち込みがあり，それ

に起因する可能性が考えられる。しかし，大量へい死終息後の高水温期の歩留まりは良好と考えられた。

また，中間育成後の放流実績を表1に示す。

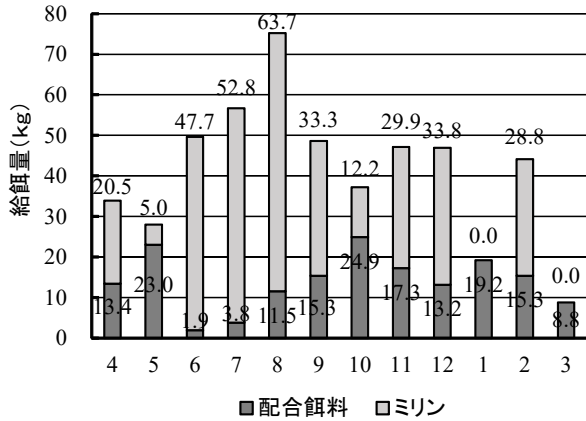


図2. 飼育期間中の月ごとのミリンと配合飼料の給餌実績

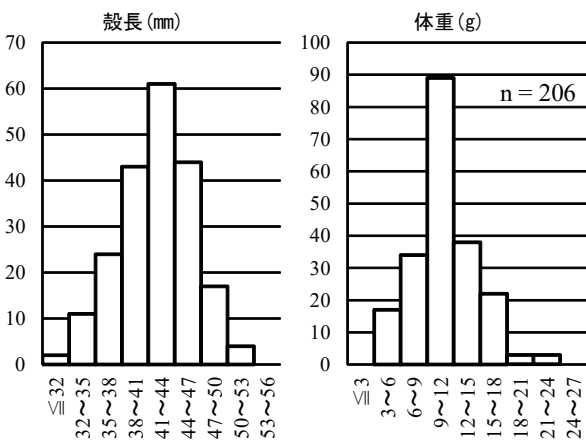


図4. 12月17日における稚貝の殻長および体重のヒストグラム

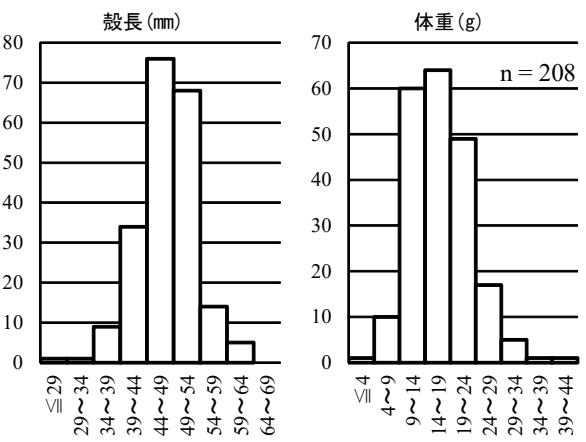


図1. 3月19日における稚貝の殻長および体重のヒストグラム

2 紅藻ミリンの大量培養試験

6月12日から8月29日までにおける専用水槽の照度及び水温の推移と，7日間（一部，6日間，8日間，9日間を含む）ごとの日間生長率の推移を図5に示す。日間生長率は水温が上昇すると高くなる傾向があり，また，照度および水温が高かった2号水槽の方で高く推移した。

6月12日から8月29日までの79日間で，専用水槽2基で合計126.2kgの紅藻ミリンを培養できた。専用水槽の導入により，紅藻ミリンの日間生長率は，期間を通じておおむね8~20%の値を維持し，日当たりが悪く，容量1トンの円形ポリカーボネイト水槽を使用した昨年度の値（平均約7%）よりも向上した。

3 紅藻ミリンの餌料効果

紅藻ミリン区および塩蔵ワカメ区の水温は，8月8日から翌年3月29日まで間，開始時の8月8日が27.9℃で最高値であり，その後低下，2月中旬に最低値13.3℃を経たのち，試験終了の3月29日では14.7℃であった。8月8日から翌年3月29日まで間，各区の生残率の推移を図6に，殻長および体重の推移を図7，8に示す。生残率，殻長，体重いずれも塩蔵ワカメ区の方が優れていた。

期間中の総給餌量は紅藻ミリンが29,942g，塩蔵ワカメ

表1. 放流実績

放流年月日	場所	放流個数	方法
平成30年11月13日	美波町阿部禁漁区	3,300	ダイバーによる放流
平成30年12月18日	美波町日和佐禁漁区	4,000	
平成31年3月20日	美波町日和佐禁漁区	4,000	
平成31年3月28日	美波町阿部禁漁区	4,000	

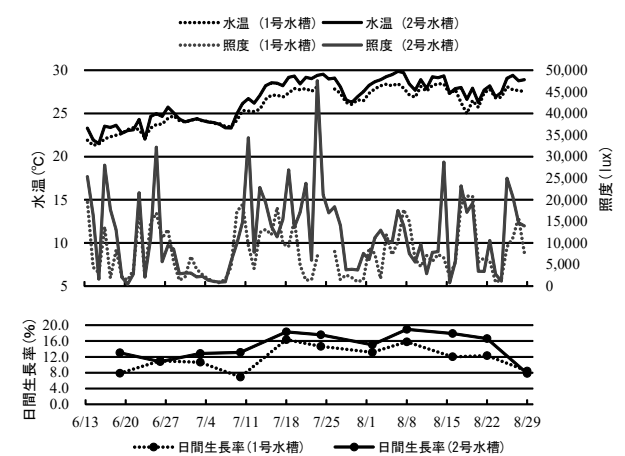


図5. 6月12日から8月29日までにおける専用水槽の照度及び水温の推移（上），7日間の日間生長率の推移（下）

が54,222gであり、餌料効果は紅藻ミリンが約1.8%、塩蔵ワカメが約2.2%だった。紅藻ミリンと塩蔵ワカメは水分含有量が大きく異なると考えられ、精度の高い試験のためには乾燥重量を基準にするなどの工夫が必要と考えられた。

4 クロアワビ稚貝の負の走光性の維持

異なる光環境下でのクロアワビ稚貝の移動距離の殻長比

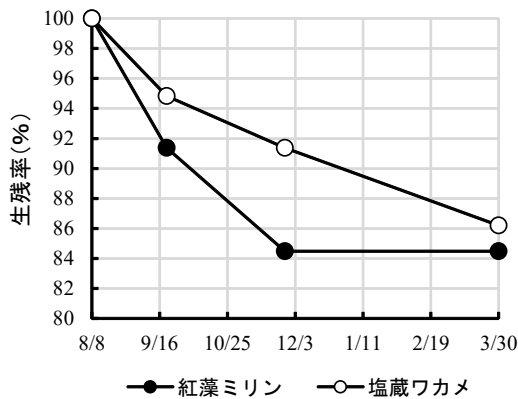


図6. 紅藻ミリン区と塩蔵ワカメ区の生残率の推移

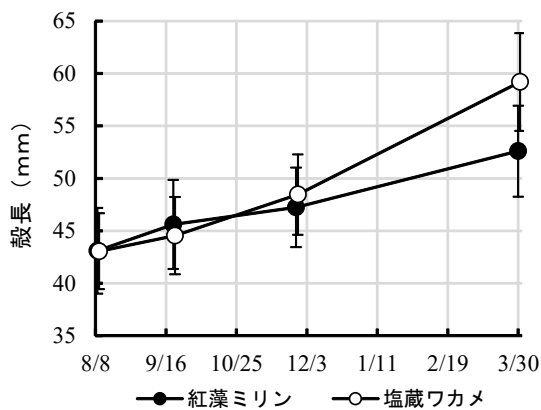


図7. 紅藻ミリン区と塩蔵ワカメ区の平均殻長の推移 (バーは標準偏差)

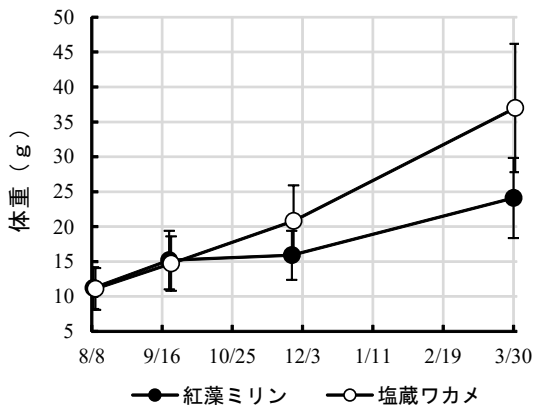


図8. 紅藻ミリン区と塩蔵ワカメ区の平均体重の推移 (バーは標準偏差)

の結果を図9に示す。暗黒下で光を当てた場合は、光から遠ざかる方向に平均で殻長比 1.6 ± 1.0 移動し、暗黒下のままでは 0.1 ± 1.5 移動した。分散が等しくないと仮定した2標本によるt検定の結果、危険率1%で有意差があった。この結果から、稚貝は負の走光性を有すると考えられた。

今後の課題は、長期間遮光せずに飼育した稚貝と遮光下で飼育した稚貝を比較し、遮光下で飼育することの有効性を明らかにすることである。

5 クロアワビ稚貝の反転(起き上がり)試験

稚貝が反転に要した時間ごとのヒストグラムを図10に示す。8割の稚貝が反転に要した時間は29秒以内であった。また96.4%の稚貝が120秒以内に反転した。反転に要する時間は、その時々水温や気温、ハンドリングの程度が影響すると考えられる。

今後の課題は、餌料など、異なる飼育環境下での稚貝や、季節による差異を明らかにすることである。

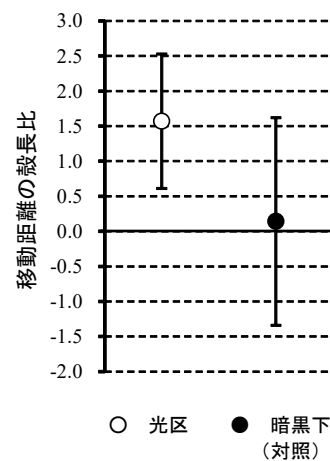


図9. 暗黒下で稚貝に光を当てた時と暗黒下のままの時の10秒間の平均移動距離(殻長比) (バーは標準偏差)

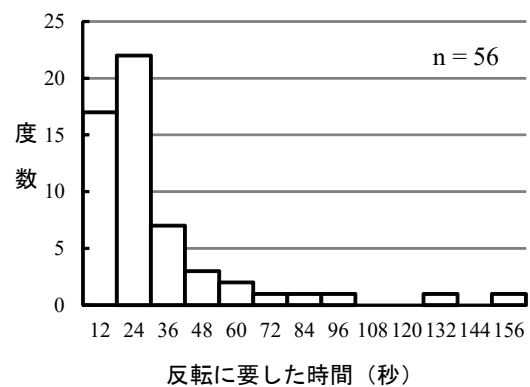


図10. クロアワビ稚貝の反転に要した時間ごとのヒストグラム