

① 調査課題名

亜熱帯域ハタ類の資源培養のための育成場複 合造成技術の開発

② 実施機関名、部局名及び担当者名

(独) 水産総合研究センター 西海区水産研究所 石垣支所 資源増殖研究室
清水 弘文・林原 毅・玉城 泉也・佐野元彦*・皆川 恵**・福岡弘紀***
*現養殖研、**現西水研企連、***現科博

③ 調査実施年度

平成10～14年度

④ 緒言 (まえがき)

沖縄県など亜熱帯の沿岸域では極めて多種多様な魚介類が水産資源として利用されている。ハタ類はこれらの中でも比較的漁獲量が多く、かつ高価なことから栽培漁業や養殖業の対象となっている。その中でも重要な漁獲対象となっているのがスジアラで、亜熱帯のハタ類として栽培漁業の対象になっている。また、成長が極めてよいため、養殖対象種として期待されているのがヤイトハタである。スジアラは近年種苗の大量生産が可能になってきているが、放流後に群泳したり、摂餌がみられないなど行動や環境馴致等の面から、いわゆる種苗性の改善の必要性が認められている¹⁾。また、最近サンゴ礁池内のガレ場や枝サンゴ域にスジアラ稚魚が着底してくることが明らかにされてきた²⁾。サンゴ礁池はスジアラにとって幼魚ばかりでなく、漁獲対象の成魚の住み場としても重要で、籠漁業などが行われている。しかし、近年住み場であるサンゴ礁の荒廃が目立ち、住み場を維持回復する上からも造礁サンゴ群集の復元技術を開発することは重要である。そこで、本調査ではスジアラをはじめとするハタ類の天然海域での種苗性改善、環境馴致、成育場確保並びに生育場としての造礁サンゴ群集の保全、修復の観点から、育成場の造成技術開発のための育成礁の構造、設置条件、種苗の飼育放流法、造礁サンゴ類の増殖技術を検討することを目的とした。

日本栽培漁業協会八重山事業場にはスジアラの種苗を割譲して頂いた。また、沖縄県水産試験場八重山支場にはヤイトハタの種苗を割譲して頂いた。ここに記して深謝の意を表す。

⑤ 調査方法

1. 実験礁の設置及びハタ類放流試験 (平成10年)

平成10年10月3日、石垣島浦底湾に図1のような棚型実験礁を7基設置した。7基の内4基は満潮時の水深が約4mのサンゴ礁内へ2基をひとまとめにして2カ所に、他の3基は2基を水深約12mの場所に、残りの1基をそれよりやや深いサンゴ礁の外縁部に設置した。2基づつまとめて設置した3カ所をそれぞれA、B、C区とした(図1)。これらの調査区に日本栽培漁業協会八重山事業場で生産された平均全長87mmのスジアラを放流して

試験を行った。A区については10月5日に囲い網で実験礁を囲んだ後、種苗900尾を収容し、7日と9日の2回ヌマエビ類とゴカイを与えた。なお、A区の北約70mのサンゴ礁池内ガレ場に対照区を設けた。10月12日にB、C及び対照区の3区それぞれに色違いのリボンタグを装着した900尾を一斉に放流し、A区では囲い網を撤去した。放流後の種苗の分布及び被食状況を調査した。

また、11月26日に沖縄県水産試験場八重山支場で生産され、約5ヶ月間陸上飼育された平均全長169mmのヤイトハタ223尾をB地点の実験礁に放流し、その後の分布、摂餌状況を調査した。

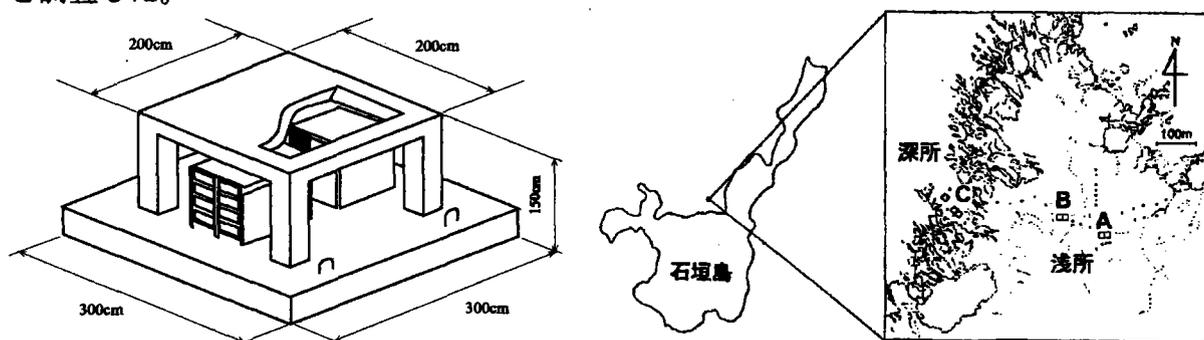


図1. 平成10年に設置した柵型実験礁の概略図と設置場所及び調査地点

2. 餌料培養型実験礁の設置及びスジアラ放流試験（平成11年）

平成11年9月6日に浦底湾のB、C区（図1）に図2のような実験礁を各1基ずつ設置した。実験礁の餌料培養機能を評価するため、実験礁1には内部に直径15cm、長さ60cmの円筒形のトリカルネットにカキ殻及びホタテ殻を詰めたサンプリング用培養器を、実験礁2には天板上に直径15cm、長さ30cmの円筒形のコンクリート塊及びカキ殻をトリカルネットで囲んだサンプリング用培養器を設置した。なお、A区の北約70mのサンゴ礁池内ガレ場の実験礁を設置しない対照区を設けた。各地点の実験礁1及び2間の距離は約1mであった。日本栽培漁業協会八重山事業場で生産された平均体長118mmのスジアラを9月27日にB、C区の各実験礁及び対照区の5カ所に色違いのリボンタグを装着して、それぞれ500尾放流し、放流後の種苗の分布、摂餌、被食状況、餌料生物発生状況等を調査した。また、漁業者に依頼して魚食性魚類を重点的に採捕し、胃内容物を調査した。

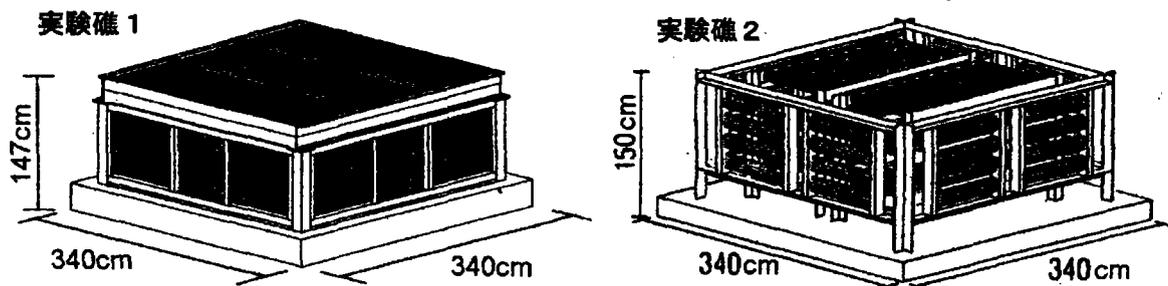


図2. 平成11年に設置した実験礁の概略図

3. スジアラ放流試験（平成12年）

日本栽培漁業協会八重山事業場で生産された平均全長94mmのスジアラに色違いのリボンタグを装着して10月2日にC区の柵型実験礁と実験礁1のそれぞれに約600尾を放流した。それぞれの実験礁は10月12日までの間、囲い網（長さ30m、丈3m、網目5mm）で囲った。放流後の種苗の実験礁への滞留、被食状況を調査した。

また、80×80×80cmのトリカルネット（網目5mm）のカゴ内に平均全長31.6、50.7、96.9mmのスジアラを10～20尾收容し、B、C両区の実験礁1の上面及び周囲のガレ場にそれぞれ2基ずつ設置して、培養器の餌料供給能について検討した。実験礁1に設置したカゴ内には約1年間実験礁2内部に設置したカキ殻の餌料培養器（直径15cm、長さ60cm）を收容した。一方、ガレ場に設置したカゴには対照とするため培養器は設置しなかった。供試魚をカゴに收容後、2～11日後に取り上げ、胃内容物を調査した。

さらに、平均全長31.6±0.35mmの個体を用いて、屋内水槽でPNR₅₀（飢餓による半数致死日数）を調べた。実験区は投餌開始時期が実験開始後0、4、8、11、14日間及び実験期間中無給餌の6区とした。各区とも45Lガラス水槽に15尾を收容し、水温を28.8±0.1℃に保ち18日間飼育した。

4. ヤイトハタ放流試験(平成13年)

放流後の滞留状況等を把握しやすいことからカキ殻を用いた餌料培養器2本と市販のコンクリートブロックを組み合わせた図3のような小型実験礁を考案して放流試験を実施した。第1回目は8月21日に、C区付近の深所の8基に各30尾を、A区付近の浅所では10、30、100、300尾を各2基ずつ放流した。また、第2回目の試験は、放流に適した方法や時間帯を検討するために、まず8月27日の16時に、A区付近の浅所の2基に小型実験礁を完全に被うような囲い網をして各60尾を放流し、囲い網を翌日の13時に取り除いた。さらに、同日13時、16時、19時にそれぞれ2基ずつ、各60尾を放流した。第3回目の試験は、9月19日にA区付近の浅所ガレ場の4基に各20尾を放流した。第4回目は10月3日に、A区付近の浅所ガレ場の4基と、石垣支所前の海草藻場に設置した4基の小型実験礁に各20尾を放流した。各放流時における種苗の平均全長は、1回目50.1mm、2回目59.8mm、3回目84.9mmであった。4回目については、再捕魚の平均が96.9mmであった。一部の実験礁では、種苗の行動や捕食魚の活動を把握するため、ビデオカメラによる無人観察を行った。

天然餌料の摂餌状況を調べるため、野外と室内で実験を行った。野外では、トリカルネット（網目5mm）で作った80×80×80cmのカゴに1年以上海底に設置しておいたカキ殻の餌料培養器2本と種苗を收容し、B区付近の浅所ガレ場の海底に4基設置して試

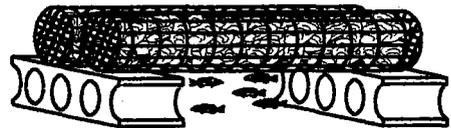


図3. 小型実験礁

験を行った。1回目は8月27日に種苗各30尾を收容して、2日後に2基、4日後と8日後に各1基をカゴごと回収した。2回目は9月19日に各20尾を收容して、2日後と6日後に2基ずつ、3回目は11月27日に各15尾を收容し、2日後に2基、6日後と10日後に各1基を引き上げて、種苗を全数回収し胃内容物を調べた。2日後の收容時における供試魚の平均全長は、57、87、148mmであった。一方、室内実験1では、64Lガラス水槽に1本の餌料培養器内に生息していた甲殻類を主体とした動物と少量のカキ殻を入れて種苗30個体を收容し、1、2、3日後に10尾ずつを取り上げ胃内容物を調べた。実験2では、培養器2本分の動物を1と同様の条件で入れ、供試魚30尾を1日後に全て取り上げた。実験3では、182Lガラス水槽に動物を取り出さずに餌料培養器1本をそのまま設置して30尾を收容し、2日後に全数を取り上げた。各実験の供試魚の平均全長は51.2、53.4、60.7mmであった。

5. スジアラ放流試験(平成14年)

1回目の放流試験は適正放流場所を検討するため、B区付近のガレ場と石垣支所前の海草藻場にそれぞれ4基の小型実験礁（図3）を設置し、6月18日に、1基につき30尾を放

流した。放流したスジアラの平均全長は34.4mmであった。2回目の放流試験は、適正放流場所及び捕食魚に対する馴致の効果を検討する目的で行ったが、2日後の滞留が全くなかったため結果は割愛する。3回目の放流試験は、適正放流場所及びサイズを検討するため、1回目と同じ2カ所にそれぞれ2基の小型実験礁を設置し、9月18日に平均全長77.7mmと全長52.6mmの2つのサイズをそれぞれの場所に1基につき30尾放流した。各放流日から2日後に囲い網によって滞留しているスジアラを回収し、全長、体重、胃内容物を調査した。

水槽内での天然餌料摂餌実験は3回行い、全て182Lガラス水槽を用いた。各回ともスジアラを30尾收容し、1、2、3日後に10尾ずつを取り上げて胃内容物を調べた。実験1では水槽に、1本の餌料培養器内に生息していた甲殻類を主体とした動物と少量のカキ殻を入れ、平均全長34.7mmのスジアラを用いた。実験2では動物を取り出さずに餌料培養器1本をそのまま水槽に入れ、平均全長34.0mmのスジアラを用いた。実験3では、動物を取り出さずにスジアラが摂餌しやすいよう、カキ殻を若干抜いて空間を広げた餌料培養器1本を水槽に入れ、平均全長34.2mmのスジアラを用いた。この実験に用いた餌料培養器は1年間以上ガレ場に設置しておいたものである。

餌料培養器の餌料発生状況を明らかにするため、餌料培養器を伊土名と石垣支所前の海藻藻場にそれぞれ4基設置し、3カ月後および6カ月後に2基ずつ回収して、甲殻類の発生状況を礁内の浅場および深場の実験礁に設置した餌料培養器と比較した。

6. 造礁サンゴ類の産卵誘発技術の開発(平成10年)

水中でサンゴ群体の一部を割り、その断面に見える卵細胞がピンクやオレンジ等に色づいている成熟群体から小片数個を切り出して実験に用いた。採取したサンゴ小片は、18Lまたは10L容の水槽に收容し、実験処理開始まで室内で自然光下において流水で飼育した。実験処理に際しては水量をそれぞれ15及び7.5Lに減らし、1～4時間エアレーションのみの止水にして過酸化水素水または蒸留水(対照区)を飼育水に添加した。処理終了後は毎分1.1Lの割合で注水してオーバーフローにより換水し、以後、一部の群体で産卵の前兆が見られるか、あるいは死亡が確認されるまで流水飼育を行った。

7. ミドリイシ属サンゴ幼生の着生・変態時における光の影響の検討(平成11年)

室内実験には、ウスエダミドリイシ(*Acropora tenuis*)の幼生を用いた。CORNING社のポリスチレン製培養シャーレ(直径36mm)に濾過海水5mlと、ミドリイシ属サンゴの幼生の着生・変態の促進効果が知られている無節石灰藻(*Hydrolithon reinboldii*)の磨削物³⁾を入れ、幼生5個体を收容した。各実験区5個の培養シャーレを、ガラス製腰高シャーレに重ねて收容し、水道水によるウォーターバスにより温度変化を抑えた。明条件ではメタルハライドランプを照射して光量子量 $400\text{--}700\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ を維持し、一方、暗条件では腰高シャーレをアルミホイルで覆って暗黒とした。実験区は、実験期間中明条件(24L)、実験期間中暗条件(24D)、明期から始めて8時間ごとに暗期・明期の繰り返し(8L/8D)、逆に暗期から始めて8時間ごとに明期・暗期の繰り返し(8D/8L)、の4つを設けた。観察は基本的に8時間ごとに行ったが、最大13時間に延長した場合があった。実験開始から24時間後に24D、8L/8D、8D/8Lの実験区には新たに培養シャーレを3個(15個体)ずつ追加し、72時間後(追加した実験区は48時間後)まで反復して観察を行った。

野外実験には、コユビミドリイシ(*Acropora digitifera*)の幼生を用いた。着生基盤として10×10cmの素焼きタイルを35日間サンゴ礁海域の水深2～3mの海底に設置しておい

たものを用い、図4のように重ねて3枚1組とし、これを3組ずつ、B区（浅所）とC区（深所）の棚型実験礁の上面に固定した。それらが完全に入るように10L容の円形スチロール水槽をかぶせ、その中に幼生900個体を放養した。5日間放置の後、タイルを回収し、着生ポリプ数を計数した。その間、実験礁上面で現場水温と光量子を連続的に記録した。

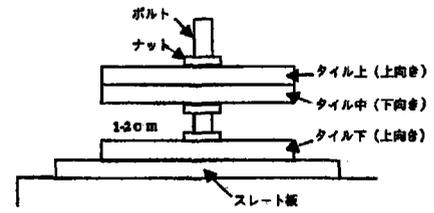


図4. サング着生基盤

8. 実験礁に設置した造礁サンゴ人工着生幼体の生残と成長(平成12年)

4月下旬に石垣島で採集したコユビミドリイシに過酸化水素による産卵誘発処理を施し、受精卵を得た。着生用基盤には10×10cmの素焼きタイルを1カ月以上海中に浸漬したのを用いた。受精後6日目の幼生の水槽にこの基盤を入れ、1週間後には褐虫藻との共生を成立させるため、親群体を同居させてさらに約2週間飼育した後、幼体が着生（平均19個）したタイル48枚を、B区（浅所）とC区（深所）の海底に設置した棚型実験礁に以下の条件で固定した。即ち、実験礁の上面、上部側面、天板下部の暗所（光量子 $<10\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ）の3カ所に、3枚一組にして6枚、直置きで2枚（うち1枚には12×12cmの保護網を約1cmの間隔を開けて上部に設置）の計8枚のタイルをステンレス製のボルトで固定した（図4）。そして、各タイル上のポリプの位置と数を設置時、1カ月後、3カ月後、約6カ月後、約10カ月後及び12カ月後に記録した。

9. ミドリイシ属サンゴの人工基盤への着生実験(平成13年)

実験に使用した基盤は、通常のコングリートと石炭灰コングリートの2種類の材質で、図5に示すように表面の形状が異なるA～Eの5タイプを製作した。実験に先立ち、基盤を礁池内水深2mに48日間浸漬して条件付けを行った。コユビミドリイシの幼生を日令11で実験に使用した。基盤の形状を評価する実験では、通常コングリート製のA～E5タイプの基盤を各3枚計15枚ずつ、基盤の材質を評価する実験では、両材質のC～E3タイプを取り混ぜて15枚ずつ、それぞれ4個のコンテナの底に並べ、各々に幼生2500個体を收容した。6日後に各コンテナを流水にして実験を終了し、基盤上の幼体の数を実体顕微鏡下で計数した。

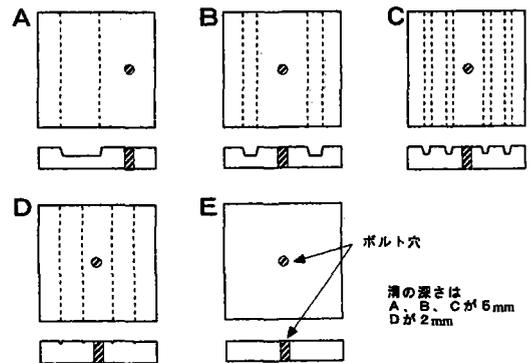


図5. 着生実験に使用した基盤の形状

10. ミドリイシ属サンゴ初期幼体の生残に適した人工基盤の検討(平成14年)

4種類の異なる溝形状を有するコングリート製実験用基盤（図5. B～E）を実験に使用した。基盤は海中に約2ヶ月間浸漬して条件付けを行った後に引き上げて、実験室内で産卵誘発処理によって得たコユビミドリイシのプラヌラ幼生を着生させた。前年度の実験結果同様、溝のある基盤では多くの幼生が溝部に着生した。基盤ごとに着生した幼体（18～197個体/基盤）の位置をスケッチし、着生開始から8日目（1回目：計40枚）と21日目の（2回目：計24枚）に基盤を浦底湾内のB区（浅所）とC区（深所）に設置されている棚型実験礁の上面に設置した。一部の基盤にはグレージングを避ける目的で上部1cmに金

網を取り付けた（CとEのみ）。それぞれの設置日から1、3、6ヶ月後に基盤を回収して写真撮影と実体顕微鏡による観察・スケッチを行い、再び海中に設置するということを繰り返した。

⑥調査結果

1. 実験礁の設置及びハタ類放流試験(平成10年)

スジアラの放流調査では、放流4日後の10月16日に八重山諸島は台風の直撃を受けたため、放流2日後でいったん調査を打ち切った。放流魚は放流地点以外で発見されることは少なく、礁池斜面下に設置したC区で最も滞留がよく、礁池内浅所に設置したA及びB区で滞留が悪かった（表1）。1週間環境馴致をしたA区では馴致しなかったB区に比べ滞留が良かった。台風通過後の10月20日に再調査を行ったが、殆ど放流魚を発見できず、調査を打ち切った。

表1. スジアラ人工種苗の放流後の滞留数

放流区	放流後経過日数				
	-7	0	1	2	8
A	900(100)		177(19.7)	114(12.7)	3(0.3)
B		900(100)	61(6.8)	58(6.4)	1(0.1)
C		900(100)	285(31.7)	254(28.2)	1(0.1)
対照		900(100)	4(0.4)	8(0.9)	1(0.1)
備考	囲い網設置				

() は%を示す。

スジアラ放流魚の被食状況は、C区で被食が多い傾向が認められ、特に、同じハタ科魚類に捕食されている例が目立った。魚食性魚の多い礁池外縁部は被食の点からは放流場所としては不利であると思われた。

ヤイトハタの放流調査では、逸散と思われる滞留数の減少は放流当日に認められたが、それ以降では放流21~28日目の間に大雨による沿岸域の懸濁が顕著で、このためと思われる逸散が認められた以外、日間減少率は1%程度であった（図6）。放流41日後まで延べ40尾の胃内容を調査したが、摂餌は全く認められなかった。

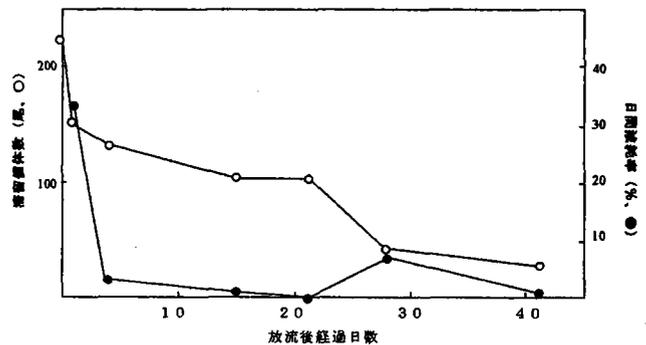


図6. ヤイトハタ放流魚の滞留率と日間減少率変化

2. 実験礁の設置及びハタ類放流試験(平成11年)

滞留率は対照区では放流11日後に、B区では15日後には1%を切ったが、C区では28日後に1%を切った（図7）。また、実験礁のタイプ別では実験礁1のカキ殻の天板を用いた実験礁がもっとも滞留がよく、次に、平成10年に設置した棚型実験礁が良い結果が得られた。実験礁2は上方からの光の差し込みが顕著であったため、放流魚は底板付近に分布し、十分な空間の利用が認められなかった。また、放流魚は放流直後から大型のハタ類や

ウツボ類などに捕食され、魚食性魚類の放流魚捕食数の割合は17~50%と高率であった(図8)。また、魚食性魚類一個体当たりの放流魚平均捕食数は0.2~0.8尾であった。魚食性魚類は放流後から実験礁周辺で多く観察され、実験礁設置と放流により、大型の魚食性魚類がより活発に実験礁周辺へ蜻集したと思われた。

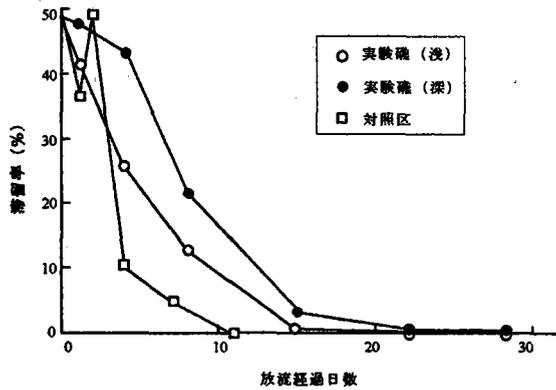


図7. 放流魚の滞留率の径日変化

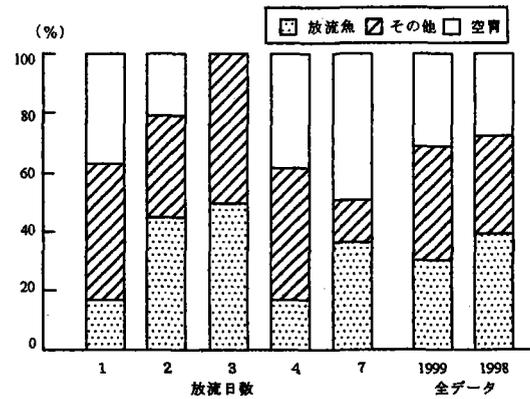


図8. 採集された魚食性魚類による放流魚の被食割合

放流魚の摂餌率はB及びC区の平均で放流7日後が4.5%、放流16日後が21.4%であった。

3. スジアラ放流試験 (平成12年)

滞留率は実験礁1の方が棚型実験礁よりよい傾向が認められたが、実験礁1での滞留率は放流4日後で23.3%、10日後で2.2%であり、囲い網を設置しなかった前年より早く放流魚の逸散がみられた(図9)。放流場所付近で採集した12種24尾の魚類の胃内容物を調べた結果、ハナミノカサゴ、ヘラヤガラ、バラハタの3種から放流魚の捕食が確認された。

培養器の餌料供給能に関する試験では、全長51mmのスジアラは台風によりカゴに収容3日後までの短期間の実験となったが、3日後では摂餌は全くみられなかった。また、全長97mmにおいても、ガレ場に設置したカゴに収容し、3日後にサンプリングした1例に摂餌が認められたのみであった。一方、全長32mmではカゴに収容2日後から摂餌が認められ、7日及び11日後には実験礁1及びガレ場に設置したカゴの両方で摂餌が認められた。これらの個体の摂餌率は5~38%に上った。胃内容物出現個体の50%は甲殻類(エビ類)を摂餌していた。

全長32mmの種苗における PNR_{50} は5.5日であった(図10)。したがって、約5日間の絶食期間ならば、その後の生残は50%以上が期待されることが示された。

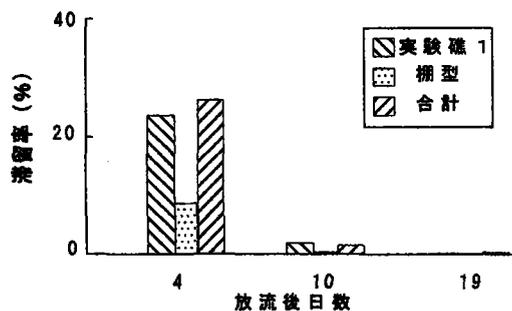


図9. 放流魚の滞留率

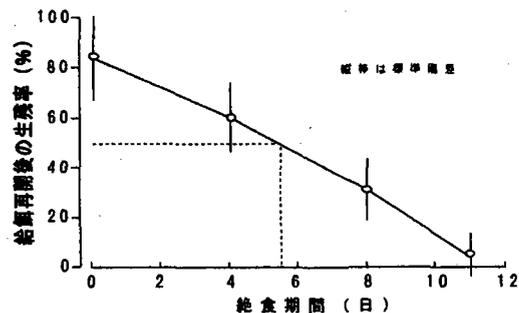


図10. 絶食期間と給餌再開後の生残率

4. ヤイトハタ放流試験(平成13年)

1回目の放流試験では、放流2日後に再捕を行った結果、300尾放流した礁で14尾、100尾放流した礁で3尾が再捕された。それ以降の回収では再捕はなかった。2回目の放流試験では、同じ放流時刻や方法でも、礁ごとに滞留数は大きく異なっていた。3回目の放流試験では2日後に4基とも回収し、うち2基から計13尾を回収した。4回目の放流試験では、浅所のガレ場よりも海草藻場の方が滞留数が多かった(図11)。浅所と深所のガレ場に設置した試験礁における3回のビデオ観察では、放流後10分以内に捕食魚が現れ、放流魚の捕食が確認された。一方、海草藻場では1回のみ観察であったが、捕食魚は全く見られず、放流魚の行動も終始落ち着いていた。再捕魚の摂餌率でも、ガレ場で再捕された6尾は全て空胃だったのに対し、海草藻場の40尾中8尾が摂餌していたことから、ガレ場よりも海草藻場の方が放流に適していると思われた。

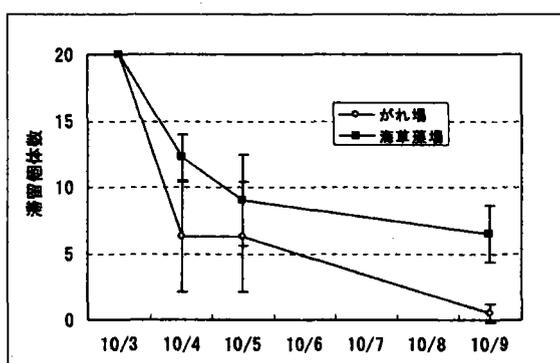


図11. 場所による放流後滞留数の変化

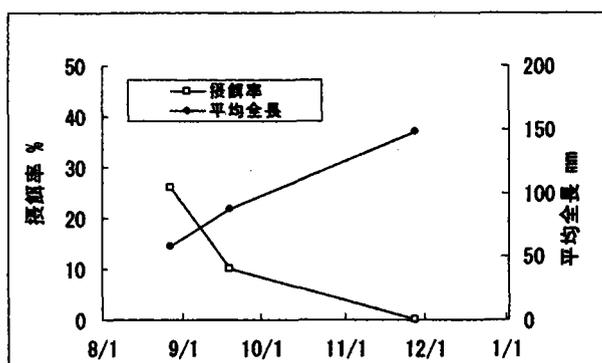


図12. ヤイトハタ種苗の成長に伴う天然餌料摂餌率の変化

天然餌料の摂餌に関する試験では、野外のカゴに收容したヤイトハタの2日後の摂餌率は、種苗が大きくなるほど低かった(図12)。大型個体ほど放流後の摂餌開始が遅いことは、前年度のスジアラの傾向と一致していた。室内実験1では摂餌率は1日後で60%、2及び3日後は10%であった。2日目以降は水槽内にカニ類以外は見られず、餌生物が不足した状態となっていた。自由な摂餌が可能な条件下では、全長50mmの種苗30尾は、培養器1本分の生物を1日で摂餌してしまうことが分かった。餌生物が十分にある条件の実験2では摂餌率が73%と高く、胃内容物にはコエビ類やコシオリエビ類が多く、カニ類は小さくても利用されにくいことが分かった。摂餌されたコエビ類は、口幅を若干超えるサイズのものまであり、口幅程度は利用可能であることが明らかとなった。実験3では、摂餌個体が30尾中1尾と極めて低く、餌生物が培養器の内部に入り込んでいると殆ど利用できないことが明らかとなった。

5. スジアラ放流試験(平成14年)

第1回目の放流試験では、ガレ場の小型実験礁にニセネッタイスズメダイが縄張りを形成しており、スジアラを放流した直後から攻撃され、試験礁の外に追い出されることが観察された。また、放流直後に、ダンダラトラギスやオグロトラギスによる放流魚の捕食が観察された。一方、海草藻場では前述のようなことはなかった。放流2日後の滞留数は表2の通りで、海草藻場のほうが比較的滞留は良く、放流後の天然餌料の摂餌もある程度認められた。

表2. 第1回放流試験の概要(6/18放流)

実験礁No.	ガレ場				海草藻場			
	1	2	3	4	5	6	7	8
放流尾数	30	30	30	30	30	30	30	30
2日後滞留数	0	2	1	0	0	8	2	0
摂餌割合	—	0/2	1/1	—	—	4/8	0/2	—

TL=34.4±3.5mm, W=0.47±0.18g

第3回目の放流試験では、2日後の滞留は第1、2回に比べ良く、また、放流場所及びサイズによる滞留の違いはほとんど見られなかった。しかし、回収魚は全く天然餌料を摂餌していなかった(表3)。

3回の放流試験の結果をまとめると、大きなサイズのほうが滞留はいいものの、天然餌料の摂餌割合は30mm台の小型魚のほうがよく、小型魚ではガレ場よりも海草藻場で滞留は良かった。

水槽内での天然餌料摂餌実験1の餌を自由に摂餌できる状況では、摂餌率は1日目で80%、2、3日目はそれぞれ20及び30%で、食べ残された甲殻類の個体数は22個体、湿重量は3.17gであった。この湿重量のうち、2.03gはスジアラの口幅以上の甲殻類の重量で、3日間で大部分の餌を摂餌したと考えられた。実験2及び3では、1日目の摂餌率は20及び43%で、餌を食べづらい傾向が見られたが、2日目以降の摂餌率は、実験1よりも高く推移しており、餌料培養器の餌を徐々に利用していると考えられた。また、食べ残された甲殻類の体幅はスジアラの口幅以下のものが多く、数日間はスジアラが摂餌可能と考えられた(表4、図13)。放流の際には、餌料培養器1本に30mm台のスジアラ30尾程度が適正放流尾数の一つの目安になると考えられた。前年行った全長50mmのヤイトハタでの同様の実験では、餌料培養器をそのまま入れた状態では餌をほとんど摂餌できなかったが、今回行った全長30mm台のスジアラでは体長が小さいため、カキ殻の隙間に入って摂餌ができたと考えられた。また、全長が30mm台の小さな個体では、カキ殻を若干抜いて摂餌しやすいようにしなくても摂餌可能と考えられた。

表3. 第3回放流試験の概要(9/18放流)

サイズ	ガレ場		海草藻場	
	大	小	大	小
放流尾数	30	30	30	30
2日後滞留数	6	9	7	8
摂餌割合	0/6	0/9	0/7	0/8

大: TL=77.7±14.6mm, W=7.6±4.4g
小: TL=52.6±7.1mm, W=2.8±1.1g

表4. 水槽実験におけるスジアラの摂餌率(%)

	1日目	2日目	3日目	残餌個体数	残餌重量(g)	スジアラ TL mm	スジアラ W g
実験1	80	20	30	25	3.17	34.7±3.3	0.48±0.18
実験2	20	60	44	85	3.34	34.0±3.5	0.46±0.18
実験3	43	25	30	109	4.54	34.2±2.2	0.37±0.11

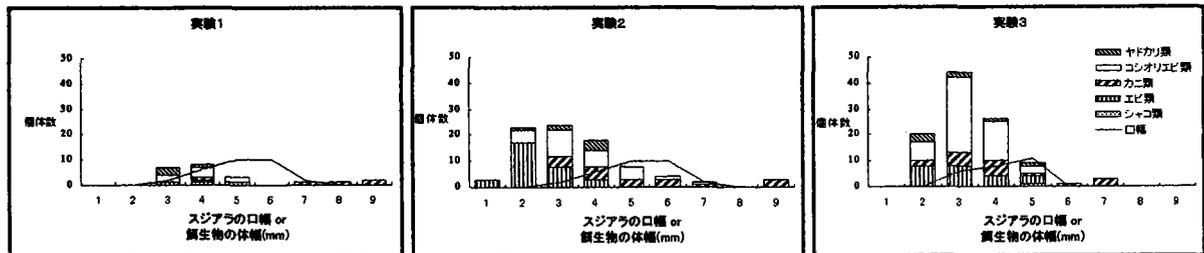


図13. 食べ残された甲殻類の体幅とスジアラの口幅

餌料培養器における甲殻類発生状況は、礁内ではホタテ殻よりカキ殻で、深場より浅場でよく、また、海草藻場のカキ殻で、個体数、種類数及び湿重量全てにおいて最も多かった（図14）。

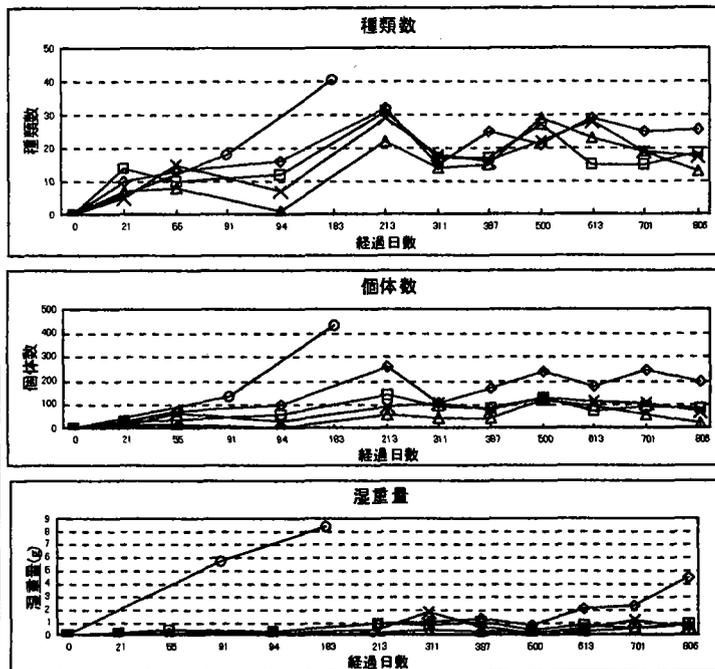
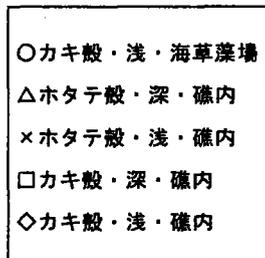


図14. 餌料培養器の甲殻類発生量

6. 造礁サンゴ類の産卵誘発技術の開発(平成10年)

ミドリイシ科のミドリイシ亜属（9種）及びコモンサンゴ属（2種）において過酸化水素による産卵誘発効果が認められた。過酸化水素による処理は、多量の粘液の放出や共生藻の脱落等サンゴに少なからずダメージを与え、場合によっては死亡することもあった。個々の群体の状態が異なるために、適正な処理方法は一概には決められないが、コリンボース状のミドリイシでは5mM、コモンサンゴ類では2mMの濃度で2時間程度処理する方法が標準的と考えられた。試験に用いた種は、自然状態では全て夜間（20：00-23：00）に産卵することが知られているが、様々な時刻に誘発処理を行った場合でも産卵時間帯は同じであった。そして、早朝に誘発処理を行った場合には当日の夜に産卵するが、午後から夜間に処理を開始した場合には、産卵は必ず翌日の夜に起こった。従って、誘発処理を行った後、産卵までに少なくとも9時間以上を要し、産卵開始は誘発処理からの経過時間ではなく、日没の暗くなる刺激によってコントロールされていることが判明した。

卵細胞が色づいていない未成熟群体に誘発処理を行ったところ、配偶子の放出は起きなかった。成熟群体への誘発処理によって生み出された配偶子には受精能力があり、正常な発生過程を経てポリプへの変態が確認された。誘発処理による受精率等への影響の評価は十分とは言えないが、多くの場合に90%以上の受精率が示され、実用上は問題がないと考えられた。

7. ミドリイシ属サンゴ幼生の着生・変態時における光の影響の検討(平成11年)

室内実験では、最終的な着生・変態は暗期でのみ起こっており、明条件で着生・変態したポリプは皆無であった。従って、少なくとも $400 \mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ 以上の光が忌避されていると考えられた。本実験で設定した明期の光量子量は、ミドリイシ類が優占する水深帯（1～5m）の日中の最大値の4分の1程度であり、特に強いわけではないが、変態直後の幼体には有害な光線量であることが推測された。

野外実験における着生ポリプ数を図15に示す。浅所では暗い面を好む傾向が明確に現れ

た。これまでも、サンゴ幼生は、浅所では付着基盤の裏面に選択的に着生することが報告されていたが、強い光が当たる上面が忌避されたためであると思われる。深所でも同様の傾向は見られたが、明確ではなかった。

今回の実験から、幼生着生のバイオアッセイにおいては光条件が重要であることが明らかとなった。また、幼生の着生行動は光の影響を受けるため、荒廃したサンゴ礁へのサンゴ幼生の導入に際しては、その実施時間帯も重要な要素となることが示唆された。

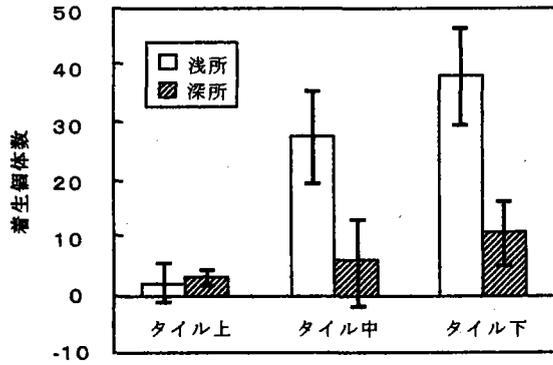


図15. コユビミドリイシ幼生の野外着生実験

8. 実験礁に設置した造礁サンゴ人工着生幼体の生残と成長(平成12年)

実験中、特に最初の1カ月間には多数のミドリイシ属天然幼体の加入が確認された。これらは加入確認以降は人工着生幼体と区別せずに扱った。また、天板下部に設置したタイルでは、深所で1カ月、浅所でも3カ月目までにほぼ全滅した。これは光量不足と堆積物の影響によるものと考えられた。実験礁上面及び上部側面における1カ月後の幼体の生残率は、浅所と深所で差はなく約50%で、その後の減耗率の変化も同様の傾向をたどり、6ヶ月目以降は緩やかになった(図16)。

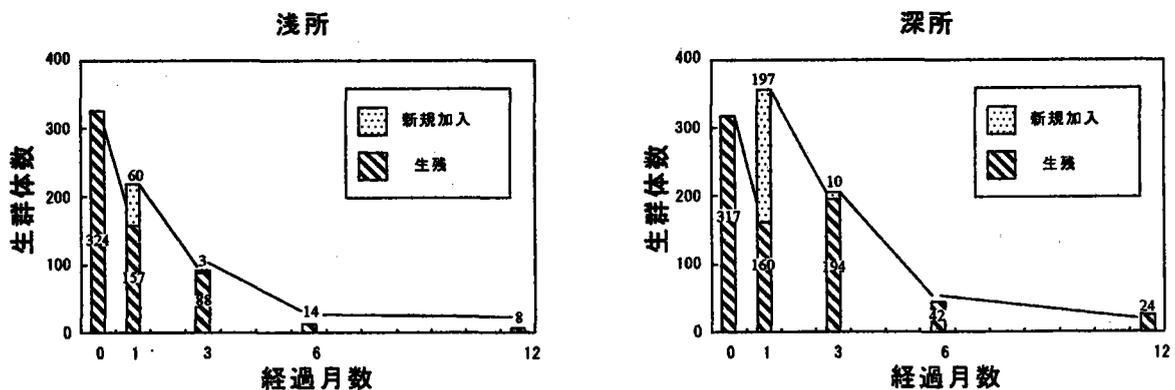


図16. 室内で幼生を着生させて海中に放置した人工基盤上のミドリイシ属群体数の変化

実験礁上面に設置した3枚組のタイルで比較すると、1カ月後の生残率は、浅所・深所いずれにおいてもタイル中で約90%と圧倒的に高く、次いでタイル下、そしてタイル上で最も低かった。最初の1カ月間に加入した天然幼体は、やはりタイル中、下、上の順であった。即ち、着生はランダムではなく、着生後の生残に適した条件の場所を選択していることが示唆された。なお、タイル上における減耗は、藻食性魚類のグレイジングが一因であることがビデオによる無人観察の結果から示唆された。しかし、直射光による影響も考えられる。一方、タイル中、下では、ホヤ類や二枚貝類といった付着生物が主たる減耗要因

となって3ヶ月目以降に激減した。その結果、6ヶ月目以降、実験礁上面における生残率は、保護網を設置したタイルで一番高くなった(図17)。つまり、幼生が着生時に選択した基盤の条件と長期的にみて生残率が高い条件とは相違していた。また、グレイジングを防ぐ手段を講じることで人工基盤上の幼体の生残率を高めることができると考えられた。成長に関しても、浅所上面の保護網区で最も高い成長(ポリブ数の増大)が見られ、1年間で群体内ポリブ数は180に達した。

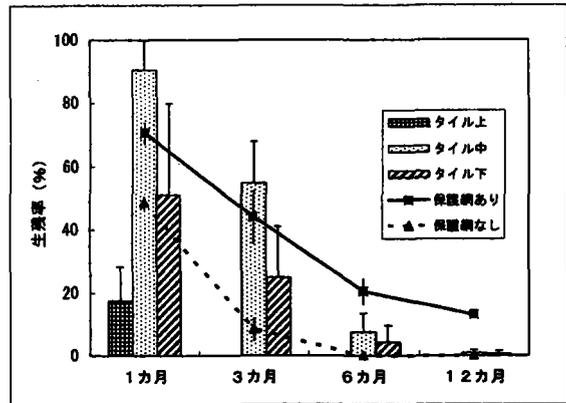


図17. サンゴ幼体の生残率の変化

9. ミドリイシ属サンゴの人工基盤への着生実験(平成13年)

着生した初期幼体の多くは実験中から終了後の計数時にかけて斃死したため、死骨格も含めて着生・変態数とした。幼体は基盤の側面に多かったが、基盤の配置によって条件が異なることから評価の対象とはせず、溝部を含む基盤上面のみを扱うことにした。材質による比較では通常コンクリートの方が明らかに多く着生した。通常コンクリート製5タイプの形状間の比較では、基盤Cが最も多く、統計的にも有意な差があった(図18)。溝部とそれ以外の上面部では、圧倒的に溝部に多く着生していた。

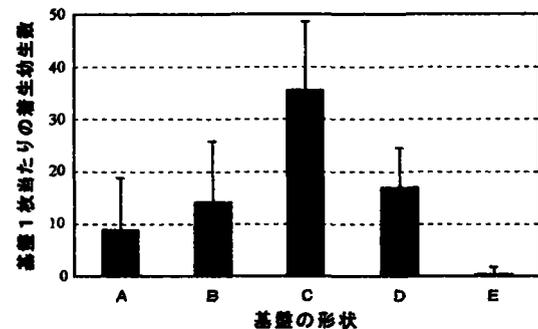


図18. 基盤形状による着生数の違い

10. ミドリイシ属サンゴ初期幼体の生残に適した人工基盤の検討(平成14年)

1回目に設置した基盤には、1ヶ月後の観察時に、自然下で着生したミドリイシ類の幼体が、基盤当たり最高で25個体認められたが、2回目の群には認められなかった。これらの新規加入は、以降は人工着生幼体と区別せずに扱った。設置から6ヶ月経過した時点で、幼体が生残している基盤は全体の約3割にまで減少し、1基盤あたりの生残群体系数は最大で4群体系であった。4つのタイプ別にみると、生残基盤はD、E、C、Bの順で多かった。各条件(基盤タイプ、水深、金網の有無)ごとの平均生残率は、1ヶ月後には最高で74%あったが、3ヶ月後には全て10%未満となり、6ヶ月後時点では最高でも5%にまで低下した(図19)。1回目と2回目の1ヶ月後の生残率には大きな開きがあった。2回目の設置直前の基盤を観察した際には斃死個体が見られたことから、数週間にわたる室内飼育によって、幼体の活力が低下していた可能性がある。1回目に深所に設置した基盤では、DとEは20%台の生残率であったが、B、Cは1%と極端に低かった。金網を設置した基盤の生残率は平均68%と高かったことから、光が弱いことによる影響とは考えにくく、魚類以外によるグレイジングが疑われた。2回目に設置した基盤の1ヶ月後の生残率は、浅所深所ともに10~30%の範囲であったが、基盤タイプによる特定の傾向は見られなかった。2回の設置を通して、基盤タイプの良否については明確にはならなかったが、6ヶ月後の生残率は深所よりも浅所の方が高いことや、金網を設置することで初期の死亡率が低減できることが明らかとなった。

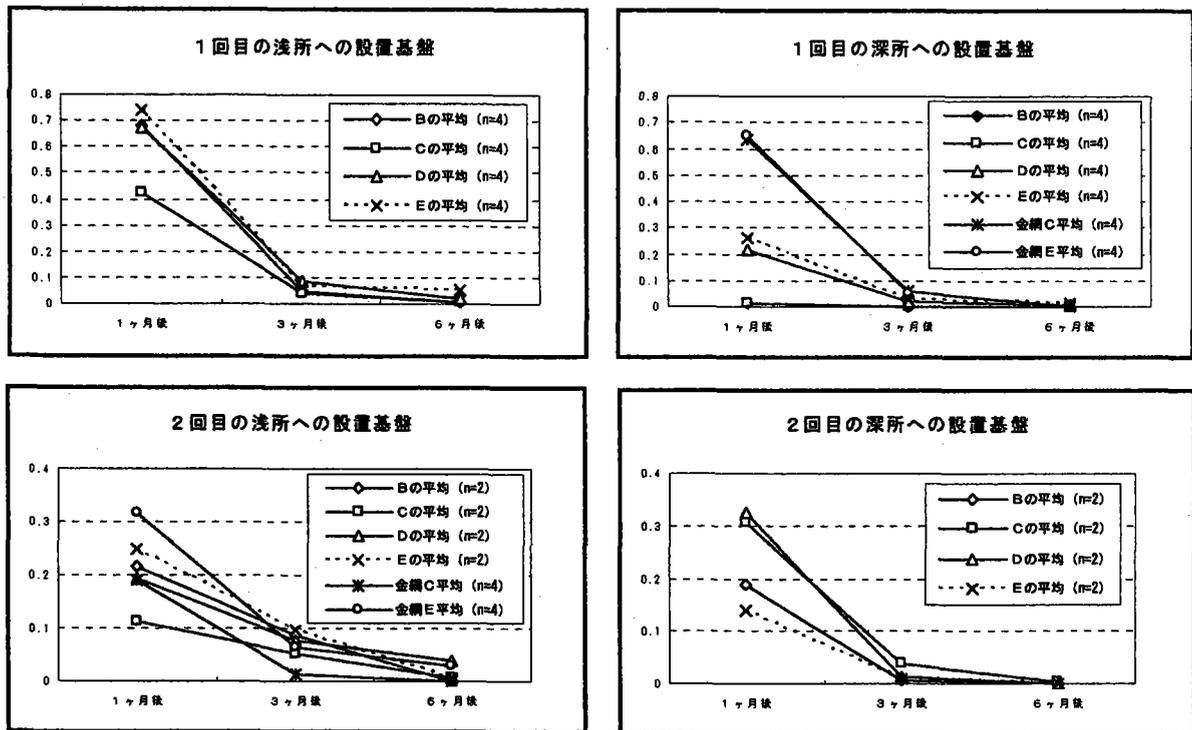


図19. 各種基盤上におけるミドリイシ属幼体の生残率（設置時が100%）

⑦考察

天然のスジアラやヤイトハタの幼稚魚はサンゴ礁域に分布しているが、人工種苗をサンゴ礁域やそれに隣接するガレ場に放流した場合、魚食性魚類に捕食されてしまうことが放流のたびに観察された。2回目の放流時には放流する前から捕食魚が蟻集するという状況であった。また、実験礁にスズメダイ類が縄張りを形成し、放流魚を攻撃するということが観察された。それに比べ、海草藻場では捕食魚はほとんど見あたらず、スズメダイ類が縄張りを形成するということがなく、また、海草自体が外部からの視線を遮り放流魚は放流時から落ち着いた状態であったことが観察された。放流種苗の大きさでは、大きな種苗ほど放流後の滞留率は高かったが、逆に、小さな種苗ほど放流後の天然餌料の摂餌率が高かった。放流後に天然餌料を摂餌するかどうかは、その後の生残にとって極めて重要で、摂餌できない場合には衰弱して、他の魚類等に捕食されることになる。また、飼育コストの面からも全長 30mm 台の種苗が放流に適していると考えられた。また、ハタ類幼稚魚の主要な餌料となる餌料培養器内の甲殻類の発生量は、礁池内よりも海草藻場に設置したほうが明らかに多く、餌料供給量からは餌料培養器 1 本当たり、30mm 台のスジアラやヤイトハタを 30 尾程度放流することが適当であると考えられた。ハタ類幼稚魚の空間利用の観点からは、実験礁の底面付近を主に利用することから、礁に高さは必要なく、また、水深の浅い海草藻場に設置することを考慮すると、餌料培養器 1 本分が平面的に並ぶ程度が現実的といえる。そこで、例えば、図 20 のような育成礁を海草藻場に設置することが考えられる。この育成礁は 36 本の培養器を備えており、30mm 台のスジアラ約 1,000 尾を放流することが適当である。環境修復及び放流魚の将来の餌となるスズメダイ類等の小型魚を蟻集させるため、サンゴ幼体を着生させたタイルを設置する。成長後は育成礁から天然資源に加入し、生残率を 1% として、3 年後の体重を 1.5kg^{4),5)}、キロ単価を 2,000 円とす

ると、放流3年後から年に30,000円の水揚げが期待できる。実験礁1及び2の耐用年数は30年とされており、この育成礁も同程度と考えられる。従って、育成礁1基当たり900,000円程度の水揚げが期待される。

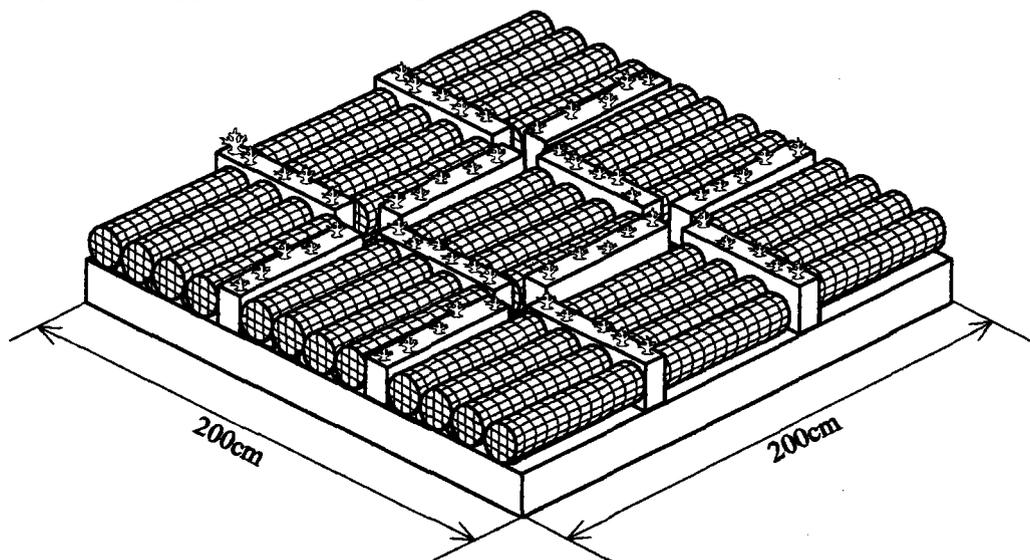


図20. 海草藻場に設置する育成礁（案）

⑧ 摘要

1. 平成10～14年にかけて石垣島浦底湾に各種実験礁を設置し、スジアラとヤイトハタの放流試験を行った。
2. 体長が大きいほど放流後の滞留は良かったが、放流後の天然餌料の摂餌率は体長が小さい個体のほうがよく、飼育コストの面等からも、30mm台の種苗が放流に適していると考えられた。
3. ガレ場は捕食魚が極めて多いのに比べ、海草藻場では捕食魚が少なく、また、餌料培養器内の甲殻類発生量も多いことから、放流場所としては海草藻場の方が適していると考えられた。
4. ミドリイシ属サンゴの産卵誘発技術を開発し、幼生着生及び幼体の生残に適する条件について検討した。
5. 石垣島での検討結果から、海草藻場に餌料培養器を備えた丈の低い礁を設置し、30mm台の種苗を放流することが適当と考えられた。

⑨ 引用文献

- 1) 水産庁西海区水産研究所石垣支所・(社)日本栽培漁業協会八重山事業場, 1997:平成9年度沖縄型海洋牧場構想推進調査(放流効果)報告書. pp.1-157
- 2) P. R. Light・G. P. Jones, 1997: Habitat preference in newly settled coral trout (*Plectropomus leopardus*, Serranidae). *Coral Reefs* 16, p.117-126.
- 3) A.N.C. Morse・K. Iwao・M. Baba・K. Shimoiike・T. Hayashibara・M. Omori, 1996: An ancient chemosensory mechanism brings new life to coral reefs. *Biological Bulletin* 191, p.149-154.

- 4) Ferreira, B. P., 1994: Age validation and estimation of growth rate of the coral trout *Plectropomus leopardus* (Lacepeda 1802) from Lizard Island, Northern Grate Barrier Reef, Australia. Fish. Bull., 92, p.46-57.
- 5) 喜屋武俊彦, 1985:沿岸開発基礎調査(フエフキダイ類、ハタ類の資源生態調査). 昭和59年度沖縄県水産試験場事業報告書. pp.29-41