

シャコガイ増養殖技術開発事業（種苗生産）

岩井憲司・呉屋秀夫・斉藤伸哉*1・藤森 誠*2

1. 目的

ケージによる集約的、省力的な手法のシャコガイ類の養殖技術が開発されたことにより、漁業者のシャコガイ類養殖に対する関心が高まってきている。種苗の要望数も増加傾向にあり、過去3年間では各年度に50万個体を越えるシャコガイの種苗配布を行っている。しかしながら、現在でも種苗生産において幼生飼育中に全滅をすることがある等、安定的な量産体制が確立しているとは言い難い（各種の種苗生産については「ヒレナシジャコ・ヒレジャコ種苗生産事業」及び「ヒメジャコ種苗生産事業」で報告している）。

この事業では、今後増加が見込まれるシャコガイ種苗の要望数に応えることが出来るよう、種苗の安定的な量産化技術に関する幾つかの試験を行った。

尚、本事業は沿整シャコガイ増養殖技術開発調査費を含んで実施した。

(1) 共生成立率の向上試験

シャコガイ幼生は定着後、日令10~20の間に餌料として摂取した共生藻を体内に取り込み、共生藻と共生関係を成立させる。共生成立の判断は、幼生の消化管に見られた共生藻が、消化管を抜け出して増殖を行い、その共生藻の列が腹縁に達した時点共生成立時と見なしている（写真1）。

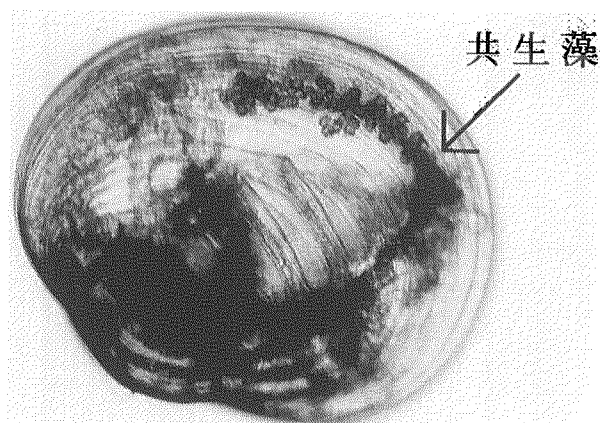


写真1 共生成立稚貝

この共生成立時まで多くの幼生が減耗するが、一端共生関係を成立させるとその後の減耗は大幅に減少する。過去の種苗生産における共生成立時までの生残率と、共生成立後から殻長1mmサイズの稚貝になるまでの生残率を表1に示す。シャコガイ幼生と共生藻の共生率を向上させることが、シャコガイ種苗生産における重要な課題といえる。

表1 過去の共生成立率とその後の生存率

	收容数からの共生成立率(%)		
	ヒメジャコ	ヒレジャコ	ヒレナシジャコ
H5	1.3	6.2	
H6	0.9	1.1	
H7	2.5	5.9	
H8	2.4	11.2	
H9	1.2	8.5	
H10	1.3	2.9	7.7
H11	0.6	14.2	1.6
H12	0.6	9.4	4.3
H13	1.0	6.8	0.7
平均	1.3	7.3	3.6
	成立から1mmまでの生残率(%)		
	ヒメジャコ	ヒレジャコ	ヒレナシジャコ
H5	67.5	4.7	
H6	66.9	30.0	
H7	29.5	15.4	
H8	44.6	34.1	
H9	47.7	27.7	
H10	38.4	52.0	87.0
H11	63.0	36.8	53.9
H12	95.0	47.3	72.2
H13	67.8	20.0	53.6
平均	57.8	29.8	66.7

光を間接的なエネルギー源としているシャコガイにとって、飼育水環境における光はその生活に影響を与える大きな要因の1つであると考えられる。遮光膜を用いて、光強度と透過波長を変えることで共生成立率に違いが出るか比較試験を行った。

*1：非常勤職員

*2：嘱託職員

(2) カルキによる藻類の除去試験

飼育水槽内に繁茂した藻類を効率的に除去するため、カルキ（次亜塩素酸ナトリウム：有効塩素量12%）を用いた藻類の除去試験と稚貝のカルキ浸漬試験を試みた。

(3) 加温飼育試験

冬季間の飼育水槽の水温は20℃を切ることが多く、最も低い時期には17℃まで下がる。冬季に死亡するシャコガイが多いのは、この低水温が主な原因であると考えられている。冬季の飼育水を加温することでヒレジャコ稚貝の生残と成長を高めることが出来る*1。加温飼育の可能性を広げるため、今回は小型のヒレジャコ稚貝で試験を行い、水温を23℃に設定し比較飼育試験を行った。

(4) 栄養塩添加試験

稚貝の飼育水にアンモニウム塩 (NH_4^+) 等の栄養塩を添加することで、ヒレナシジャコ稚貝の成長が促進される報告がある^{2,3)}。初夏から夏季に採卵した稚貝は配布サイズに達するまで半年以上の期間を要するため、養殖に不利な秋季後半から冬季に配布を行うことになる。上記の報告は出荷時期を早めることに繋がるので大変興味深い。そこで、中間育成期間の成長率を向上させる目的で NH_4^+ の添加試験を行った。

(5) ヒレナシジャコの養成

ヒレナシジャコの成長データは、1990年4月27日採卵群を継続して記録しているが、殻幅のデータについては最初の4ヶ年間のデータが欠けている。それを補うため1998年5月19日採卵群のヒレナシジャコの殻長、殻幅を継続して記録した。

2. 方法

(1) 共生成立率の向上試験

今年度の10月2日に採卵を行ったヒメジャコの幼生を今回の試験に用いた。採卵日の翌日、産卵水槽から飼育水槽に幼生を移す段階でビーカーで一部をすくい取った。幼生を洗浄した後、実体顕微鏡下でパスツールピペットを用いて500mlガラスビーカー

に50個体ずつ幼生を計数、収容した。飼育水は250ccの濾過海水(0.01 μm フィルター)を用い、0.2個体/mlの密度になるようにした。各試験区にガラスビーカーを8個準備し、計400個体の幼生を1試験区に用いた。

光強度の差をつけるために用いた遮光膜は、ポリエチレン製の青色の1mm目合ネットで、これを通常遮光区とした。透過波長の選別に用いた遮光膜はセロハン紙で、青色セロハンを高波長遮光区、赤色セロハンを低波長遮光区とした。各遮光膜の波長別光透過率を図1に示す(S社製作「UV-3100PC」)。300~700nmの波長を1nm毎に測定した。この3区に遮光を施さない遮光なし区を加え、4区で試験を行った。

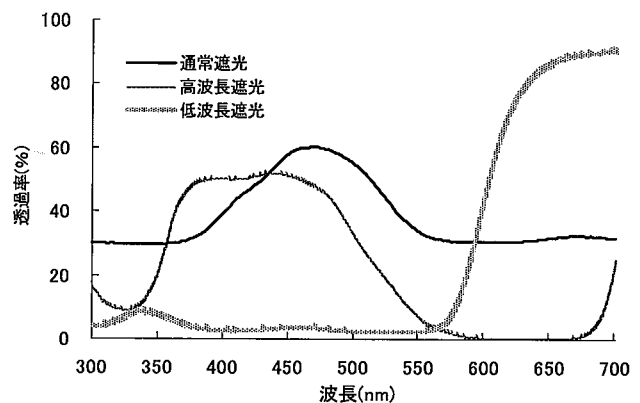


図1 各遮光膜の波長別光透過率

試験は種苗生産水槽のある屋内で行い、ウォーターバス方式で水温の変動を抑えた。各試験区の水温と光強度を朝と昼に測定した(L社「LI-190SA」:測定波長領域400-700nm)。日令2より共生藻の投与を開始し、1~2日毎に20~120cells/mlの濃度になるように与えた。投与した共生藻はヒメジャコの外套膜から切り出した共生藻を用いた。共生藻の投与は日令23で終了した。試験開始後1日毎に半換水を行い、日令7より全換水を2~3日毎に行い、その都度、幼生の生残数と共生成立の有無を確認した。全換水後にはストレプトマイシンを10ppmの濃度で添加した。

(2) カルキによる藻類の除去試験

試験は平均殻長5.7mmのヒレジャコ稚貝を使用し、

200ℓのFRP水槽で行った。試験区は4つ設け、藻類を除去するために草食性の巻貝を投入する従来の方法を通常区とした。あとの3区は、藻類除去を行うためのカルキ濃度が、各水槽内で10mℓ、5mℓ、2mℓ（塩素濃度は1,200ppm, 600ppm, 240ppm）になるように設定した。除去の作業は、注水を止め、カルキを投与し水槽全体に均一に行き渡るよう10分間の通気を行い、ハイポ（チオ硫酸ナトリウム）で中和したのち排水して行った。試験期間は2001年の1月11日～5月10日である。カルキの使用は藻類の繁茂が目立つようになった時点で随時行った。3月27日と5月10日に全稚貝を回収して計数し、各区から約50個体の稚貝を無作為に抽出し殻長を測定した。

稚貝のカルキに対する耐性を調べるため、ヒレジャコ稚貝で2回、ヒメジャコ稚貝で1回試験を行った。今年度種苗生産した稚貝を試験に用いた。

試験区は、カルキ海水に5分間浸漬した5分区、10分間浸漬した10分区を設けた。筒状の片面にネットを張ったケースに稚貝を入れ、カルキ濃度を5mℓ（塩素濃度600ppm）、2mℓ（塩素濃度240ppm）に調整した海水に一定時間浸漬した。その後、濾過海水で洗浄して濾過海水が約50ml入ったガラスシャーレに移した。シャーレは光の入る屋内に置き、ウォーターバス方式で2週間飼育した後稚貝の生残を確認した。シャーレには蓋をし、1日毎にピペットを使って換水を行った。各試験区に2つシャーレを用いた。

(3) 加温飼育試験

試験はヒーターと温度センサーによって23℃に設定された加温区と常温区を屋外の200ℓのFRP水槽に設定した。今年度種苗生産した平均殻長2.3mm(1.8～3.2mm)のヒレジャコ稚貝を試験に用いた。稚貝を100個体ずつ海水を貯めた2000mlガラスビーカーに收容して、ウォーターバス方式で飼育した。換水は1日毎に行い、約10日毎に生残数を確認した。各試験区に3つのビーカーを設置した。水温はO社の水温計測ロガー“Tidbit”を使用し、各試験区共に1時間毎の水温を計測した。野外の光強度は光量子センサー「LI-190SA」をデータロガー「LI-1000」に接続して測定した。測定間隔は15分、測定値は5秒毎の光強度の平均から算出した。測定時間は8時～

18時、試験期間は2002年の1月17日～2月21日である。

(4) 栄養塩添加試験

試験は平均殻長8.6mm(5.0～11.0mm)のヒレジャコの稚貝を各試験区に1,500個体使用し、1tコンクリート水槽で行った。添加するNH₄⁺は硫酸アンモニウム(硫安)を用いた。試験区は3つ設け、NH₄⁺を添加しない区を対象区とし、藻類の除去を行うため巻貝を投入した。他の2区は、水槽内のNH₄⁺濃度が50μmolになるように硫安を添加した。硫安の添加は隔日に週に3回の頻度でその日の朝9時頃に行った。通常区と同様に巻貝を投入する「添加巻貝区」と、10分間水槽内のカルキ濃度を1～2mℓ（塩素濃度120～240ppm）にすることで藻類の除去を行う「添加カルキ区」を設けた。カルキの使用は藻類の繁茂が目立つようになった時点で随時行った。注水量は約10回転/日である。試験期間は2001年の4月27日～8月28日である。7月19日と8月28日に全稚貝を回収して計数し、各区から約50個体の稚貝を無作為に抽出し殻長を測定した。

(5) ヒレナシジャコの養成

従来から陸上水槽で養成している1998年5月19日採卵群のヒレナシジャコの殻長・殻高・殻幅・重量について約3ヶ月毎に記録した。

3. 結果

(1) 共生成立率向上試験

試験期間中の水温は23.2～29.3℃の範囲で推移し、測定時の各試験区の水温の差が1.6℃を超えることはなかった。試験現場における光強度は2～1022μmol/m²/sの範囲で推移し、他区の光強度はその約3割程度(27～35%)であった。

日令26までの共生成立率の推移を図2に示す。試験終了時の共生成立率は、通常遮光区で7.8%、高波長遮光区で3.3%、低波長遮光区で4.3%、遮光なし区で3.1%となり、通常遮光区で良好な結果を得た。(ANOVA: P<0.01)

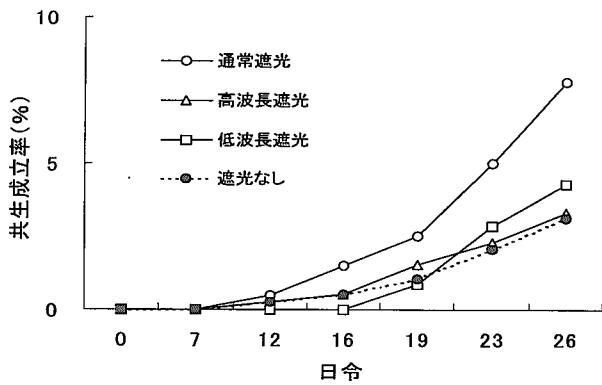


図2 共生成立率の推移

(2) カルキによる藻類の除去試験

試験期間中における各試験区の生残率の推移を図3に示す。水温は18.3~26.0℃の範囲で推移した。カルキを使用した回数は7回で、月日は1月22日、2月1,14日、3月12,26日、4月10,26日と約2週間毎である。カルキ10mℓ区は2月27日の時点で生残率が19.6%と大幅に減少したので試験を打ち切った。試験終了時の生残率は通常区、5mℓ区、2mℓ区で各区32.0%、28.5%、44.5%、殻長は各区9.8mm、14.6mm、12.9mmとなった。

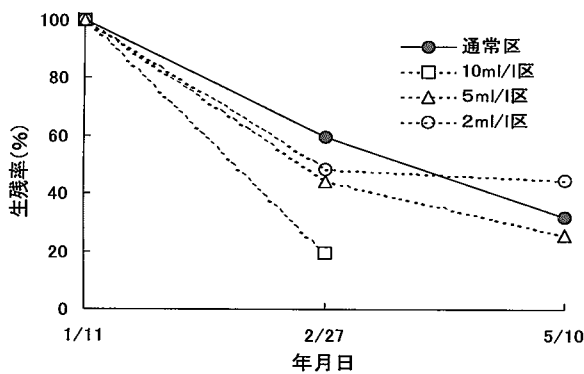


図3 各試験区の生残率の推移

稚貝のカルキに対する耐性の試験結果を表2に示す。平均殻長2.3mmのヒレ稚貝のカルキ5mℓ、10分区で2個体の死亡があった他は死亡個体はみられなかった。

表2 稚貝のカルキ浸漬試験

稚貝	日令	平均殻長(min~max)	塩素濃度	浸漬分	稚貝数	終了数	水温
ヒレ	124	3.7mm(2.5~4.8)	240ppm	5	20	20	29.5℃
				10	20	20	
ヒレ	101	2.3mm(1.6~3.1)	600ppm	5	40	40	26.5℃
				10	40	38	
ヒメ	95	1.3mm(1.0~1.7)	600ppm	5	50	50	23.4℃
				10	50	50	

(3) 加温飼育試験

試験期間中における各試験区の水温の推移を図4に示す。各試験区とも1日の間に5℃近く水温が変動することが数日あった。水温の変動は加温区より常温区の方が激しかった。試験期間中の光強度の推移を図5に示す。晴れた日は光強度の最高値が1000 μmol/m²/sを超えた。試験期間中の生残率の推移を図6に示す。試験終了時の生存率は、加温区1、加温区2、加温区3でそれぞれ36%、62%、75%、常温区1、常温区2、常温区3でそれぞれ34%、48%、85%となった。

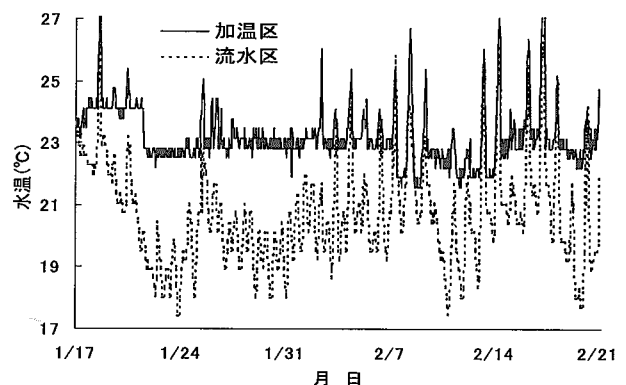


図4 試験期間中の水温変化

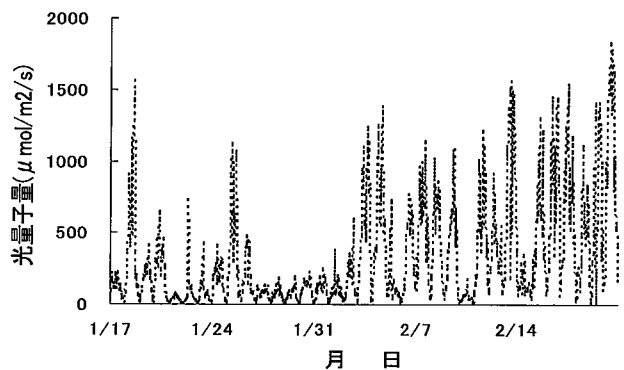


図5 試験期間中の光強度変化

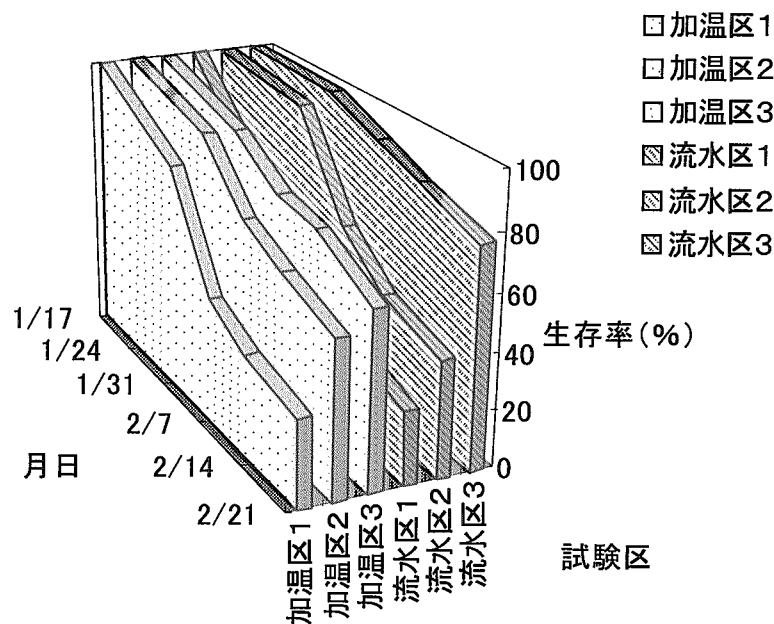


図6 各試験区の生残率の推移

(4) 栄養塩添加試験

硫酸を添加した水槽内のNH₄⁺濃度を定法に従って測定した結果、添加後 30 μmol, 4時間後 5 μmol, 18時間後には添加前の0.01 μmol以下に戻った。

試験期間中の水温は24.0~31.4℃の範囲で推移した。試験を開始して数週間するとNH₄⁺添加区は藻類の繁茂が目立つようになり、巻貝だけでは藻類の駆除が追いつかなくなった。そこで、添加巻貝区で試験開始1ヶ月後から添加カルキ区と同様の処理を行い藻類の除去を行った。カルキの使用は約2週間毎に行なった。試験終了時の生残率は通常区、添加巻貝区、添加カルキ区でそれぞれ77.3%, 83.9%, 77.3%, 殻長はそれぞれ30.0mm, 34.8mm, 31.0mmとなった。

(5) ヒレナシジャコの養成

1999年5月から2001年12月までの平均殻長・殻幅の推移を図7に示す。試験終了時の平均殻長は187.0mm, 平均殻幅は124.0mm, 個体数は26個体であった。

4. 考察

(1) 共生成立率の向上試験

シャコガイに共生する共生藻は、血リンパと独立して中腸線から始まり外套膜で終結する「共生藻管

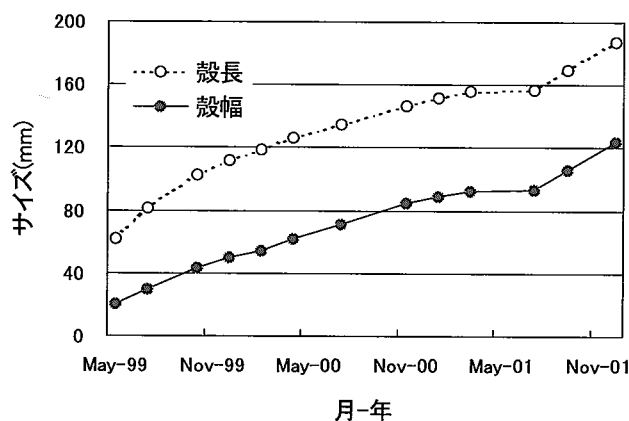


図7 ヒレナシジャコの平均殻長・殻幅の推移

(Zooxanthellal Tubular System)」内に存在する⁴⁾。幼生の消化管内にみられた共生藻が、如何に変態後の時期に消化管を通り抜け増殖を行ない共生関係を成立させるか、その詳しいメカニズムは未だ不明な点が多い。

飼育環境における光に注目した試験の結果、種苗生産の現場で用いているネットで遮光した通常遮光区が最も良い共生成立率を示した。このことから、共生成立率を向上させるためには遮光を行うこと、その遮光膜は透過波長に偏りの少ないものを選ぶことが重要であると考えられた。

試験現場における光強度の最高値は1000 μmol/m²/s程度であったことから、通常遮光区は300 μmol/

m²/s 以内であったと推測される。この光強度は水面上における数値であるが、試験期間中の飼育水は透明で止水状態であるため、光の反射や散乱を考慮する必要はないと思われた⁵⁾。水槽内で幼生が実質受けている光強度を推測することは、飼育水の状態、水深、通気等に影響されるので難しいことである。しかし、300 μmol/m²/s 程度の光強度の環境で良好な共生成立率を示したことは、共生成立時までの遮光調節の目安にして良いと思われた。

(2) カルキによる藻類の除去試験

シャコガイの中間育成において、水槽に繁茂する藻を効率よく取り除くことが重要なポイントとなる。今回、飼育水槽内に直接カルキを投入して藻類の除去を試みた。その結果、平均殻長5.7mmのヒレジャコ稚貝の場合、草食性巻貝を使用する従来の方法と比較して、試験後の生残及び成長に顕著な差がみられなかった。カルキ浸漬に対する稚貝の耐性結果も考慮すると、カルキによる飼育水槽内の藻類除去は可能だと考えられた。しかしながら、カルキの浸漬が抗体生産に影響を与える可能性があること等の報告⁶⁾を考慮すると、種苗生産の現場において安易に使用することは避けるべきだろうと思われた。

藻類除去の目的とは別の使用例の1つとして、シャコガイに寄生するシャコガイヤドリイトカケギリガイ (*Turbonilla cummingsi*) の駆除に有効であったので報告する。イトカケギリガイはしばしば、陸上水槽で養成しているシャコガイに大量に寄生し、斃死の原因になる。イトカケギリガイをシャコガイから除去するため、従来では1つ1つブラシで洗い流す方法をとっていた。今回、イトカケギリガイの付いた殻長約10cmのヒレジャコを大量に籠に積み、5 m%濃度 (塩素濃度600ppm) のカルキ海水に数10秒間漬けながら籠を揺らすとイトカケギリガイが剥離した。水槽に戻したシャコガイは、その後に斃死する個体もほとんどなく順調であった。

(3) 加温飼育試験

加温区と常温区の稚貝の生残率を比較した結果、加温区の3区の平均が57.7%、常温区の3区の平均が55.7%と、目立った差がみられなかった。前報の

加温試験 (25℃)¹⁾ の結果と比べると、加温した効果がみられなかったといえる。効果がみられなかった原因として考えられることとして、①23℃の設定水温が低すぎた、②供試稚貝のサイズが平均2.3mmと小型であった、③試験期間の前半日射量が殆どない日が続いた、④1日の水温が5℃近く変化した日が数日あった、等が考えられる。

1日の水温の変化が5℃近いと稚貝に対してかなりのストレスを与えそうである。しかしながら、通常に飼育している水槽の水温を測定してみると、4℃程度の変化は日常的に起こっているため、④の要因は却下して良いものと考えられる。今の段階では①②③の要因が作用した結果であろうと思われた。

各試験区のピーカーごとの生残率の推移を見てみると、各試験区とも生残率の良い区と悪い区が明確であった。水温、光などの要因で死亡個体が発生したグループは、斃死が連鎖して起こり易いのではないかと考えられた。

(4) 栄養塩添加試験

飼育水槽に硫酸を添加し稚貝の成長を比較した試験は過去に行われているが、添加水槽は藻類の繁茂が著しく生残率も低い傾向だった⁷⁾。今回の試験では、添加する頻度を少なくして1日毎の添加に抑え、カルキによる藻類の除去も併用して試験を試みた。しかし、それでも藻類の繁茂は著しく、試験終了時における添加区と非添加区の生残と成長の結果に目立った差はみられなかった。これらのことから、種苗の量産を行う現場で、飼育水に栄養塩の添加を行うことは作業的に非効率だと考えられた。

(5) ヒレナシジャコの養成

養成個体数は、2001年1月の時点で84個体、その後シャコガイヤドリイトカケギリガイの蔓延で3月に35個体まで大幅に減少した。過去の成長と比較して、7月から12月までの5ヶ月間に急激に殻長、殻幅とも成長した。この期間は養成している個体数が26個体であり、過去と比べて飼育密度が低かった為と考えられる。最終時の平均殻幅124.0mmは、1990年4月27日採卵群の4年目の殻幅サイズと近似しており、欠けた殻幅のデータを補うことが出来た。

文献

- 1) 玉城信・下地良男・呉屋秀夫・古川凡(2001): ヒレシヤコ及びヒレナシシヤコ人工種苗の加温飼育試験. 平成11年度沖縄県水産試験場事業報告書, 184-186.
- 2) L. C. Hastie, T. C. Watson, T. Isamu and G. A. Heslinga (1992): Effect of nutrient enrichment on *Tridacna derasa* seed: dissolved inorganic nitrogen increase growth rate: *Aquaculture*, 106, 41-49
- 3) W. K. Fitt, G. A. Hesling and T. C. Watson (1993): Utilization of dissolved inorganic nutrients in growth and mariculture of the tridacnid clam *Tridacna derasa*: *Aquaculture*, 109, 27-38
- 4) John H. Norton, Malcolm A. Shepherd, Helen M. Long and William K. Fitt (1992): The zooxanthellal tubular system in the giant clam. *Biol. Bull.* (183), 503-506
- 2) 高橋正征・古谷研・石丸隆(1996): 生物海洋学 2 (粒状物質の一次生成E): 東海大学出版会, 11-19
- 6) 平成13年度魚病学会報告
- 7) 大城信弘・宇佐美智恵子(1992): 貝類増養殖試験. 平成2年度沖縄県水産試験場事業報告書, 170-206.