

飼育海水の違いがシャコガイ稚貝の生残や成長に与える影響 (シャコガイ稚貝飼育技術開発)

井上 顕*

The effects of breeding seawater treatments for survival rates and growths in the larvae of giant clams

Ken INOUE

褐虫藻との共生成立後の安定飼育を目的に、人工照明下でさまざまな飼育海水を用いてシャコガイ稚貝を止水飼育し、約1カ月後の生残と成長を調べた。飼育海水は、2種類の海水（0.5、10 μm フィルター透過海水）と4つの処理区（無処理、紫外線処理、次亜塩素酸ナトリウム2.5mL/L処理、次亜塩素酸ナトリウム0.1mL/L処理）をそれぞれ組み合わせ、6種類の飼育海水を用いた。ヒレジャコでは、次亜塩素酸2.5mL/L処理区で有意に成長が遅かったが、生残率に影響はなかった。ヒレナシジャコで、次亜塩素酸処理区で成長が遅く、10 μm フィルター透過海水を未処理で飼育した区で生残個体数が少ない試行があった。海水に次亜塩素酸処理を行うことは、シャコガイ稚貝の成長に悪影響を及ぼす可能性が示唆された。

沖縄県は、第3次農林水産振興計画のなかでシャコガイ類を戦略品目としてあげ、現在水産海洋研究センター石垣支所では、ヒレジャコ *Tridacna squamosa*、ヒレナシジャコ *T. derasa* の2種の養殖用種苗を県内各地に配布している。ヒレジャコは1994年より、ヒレナシジャコは1998年より種苗配布が始まったが、近年配布数が安定していない（図1）。

シャコガイ類の生産方法は大きく3つの段階に分けられる。1つは、ふ化から褐虫藻と共生成立するまでの20日齢前後の期間（以下、種苗生産前期）、1つは共生成立後から殻長1mmに達するまでの60～100日齢の期間（以下、種苗生産後期）、1つは殻長1mmから出荷までの中間育成期である。種苗生産前期は初期の大量減耗要因が解明されておらず、生残率の向上が難しいが、シャコガイ類の産卵数が多いため、1回の生産で少なくとも百万個体の共生成立個体を得ることができる。しかし、種苗生産後期の平均生残率は0.0～87%とばらつきが大きく、種苗配布の安定供給の妨げになっている（表1）。種苗生産後期の低生残率となる原因は、経験的に光条件の不足、珪藻の繁茂、疾病が考えられた（井上・岸本, 2009, 2010; 岩井ほか, 2006）。光不足の対策として、太陽光に近いとされているメタルハライドランプを灯光することで種苗生産後期に必要な光量子量300～800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ を確保することができる（玉城ほか, 2001）。珪藻の繁茂の対策として、ナンノクロロブ

シス *Nannochlorosis oculata* の培養に用いる次亜塩素酸ナトリウム（通称カルキ）処理を海水に施すことを行うことができる可能性があり（木村ほか, 2005）、その処理濃度によって珪藻繁茂の抑制効果が違うことが考えられる。疾病対策は、次亜塩素酸ナトリウム処理や紫外線照射（以下UV）海水を使用することで可能である。また、シャコガイの種苗生産や試験に用いられるろ過強度は、10 μm 、1 μm 、0.45 μm 、0.01 μm とさまざまであり（Braley, 1992; 岩井ほか, 2007; Paul, 1988; Suzanneほか, 2007; 玉城ほか, 2001）、ろ過強度を変えることでも成長や生残に影響を及ぼす可能性が考えられる。

ここでは、種苗生産中に得られた共生成立個体を用い、人工照明下で低生残率の原因を除去するようなさまざまな飼育海水を用い、稚貝の生残や成長にどのような影響を及ぼすか明らかにすることを目的とした。

材料及び方法

試験には、2010年に産卵された卵を種苗生産して、褐虫藻とシャコガイが共生成立している個体を用いた。共生成立の定義は、Braley (1992) に従い、共生藻管がシャコガイの外套膜まで達し、そこに褐虫藻が存在するときとした。各試験回次の種類、開始時の平均殻長、試験期間は表2に示した。試験区は、2種類の海水（0.5、10 μm フィルター透過海水）と4つの処理区（無処理、紫外線照射処理、次亜塩素酸ナトリウム2.5mL/L処理、次亜塩素酸ナトリウム0.1mL/L

* Email:inoueken@pref.okinawa.lg.jp

処理)を組み合わせた飼育海水を用いて6種類設定し、繰り返しを8回とした(図2)。ろ過強度の設定はイトンフィルター社製BF750型PPバックフィルターを用い、フィルターの目合いを交換することで行った。UV殺菌装置はフナテック社製FL-3を用いた。次亜塩素酸ナトリウム処理海水は次の工程で作成した。汲み取った10 μ mフィルター透過海水にマイクロピペットで取った次亜塩素酸ナトリウム(昭和化学工業社製、商品名シュウワクリーン)を試験設定量添加し、2~3時間後遊離残留塩素の有無を確認後、塩素が0mL/Lとなるようにチオ硫酸ナトリウム(神洲化学社製、商品名結晶チオ硫酸ソーダ)を精密計りで測定添加した。チオ硫酸ナトリウム添加から1時間後、再度遊離残留塩素が0mg/Lであることを確認し、飼育海水として使用した。遊離残留塩素濃度の確認は、日産アクアチェックLC低濃度遊離残留塩素用(日産化学工業株式会社製)を用いた。

飼育容器は、300mLサンプル瓶(松浦製作所社製、商品名広口T型瓶T-300)を用い、飼育海水100mLに共生成立した20個体の稚貝を2 μ Lマイクロピペットで数回にわけて飼育海水ごとに入れ、換水することなく24~36日後に殻長と生残個体数を調べた。サンプル瓶上面はラップフィルム(AsahiKASEI製、商品名サララップ)でおおい、輪ゴムで固定した。光環境は、メタルハライドランプ(岩崎社製、商品コードM360FCELSPW/BUP)を用い、光量子量が種苗生産後期に必要な280~380 μ mol/m²/sとなるように設定し(玉城ほか, 2001)、12時間の明暗とした。水温の上昇を防ぐために、サンプル瓶をウォーターバスにし、設置位置による光や水温の誤差をなくするために、毎日サンプル瓶をローテーションした。試験期中の水温は、稚貝を収容していない飼育水100mL入ったサンプル瓶にOnset製ペンダント式データロガーを1つ設置し、試験サンプル瓶と同様に毎日ローテーションさせながら10分ごとに測定した。

サンプル瓶上面に設置したラップフィルムが光条件に与える影響を検討するため、ラップフィルムの波長毎の透過率を測定した。測定器は、KONICA-MINOLTA社製spectrophotometer CM-2600dを用い、光合成波長領域の400~700nmまでを10nmピッチで測定した。透過率は同社の白色校正盤を100%として求めた。測定回数は2回とし、その平均値を用いた。その結果、透過率は94~96%と一定かつ高い透過率であり、ラップフィルムにより光条件の影響は微小と考えられ、今後ラップフィルムによる試験への影響はないものとした(図3)。

統計解析について、UV処理とろ過強度の影響を調べるため、nonUV・10 μ m区、UV・10 μ m区、nonUV・0.5 μ m区、UV0.5 μ m区の4区において二元配置分散分析を行った。交互作用が確認された場合下位検定に

Tukeyによる多重比較法を用い、交互作用が確認されなかった場合下位検定にUV処理とろ過強度の影響をF検定で検証した。次亜塩素酸ナトリウム処理の影響を調べるため、nonUV・10 μ m区、次亜塩素酸2.5mL区、次亜塩素酸0.1mL区の3区において一元配置分散分析後Tukeyによる多重比較法を用いて検証した。有意水準は、nonUV・10 μ m区における危険率のコントロールを考慮しBonferroniの不等式より2.5%とした。

結果

各試験区の水溫推移を図4に示した。全試験区で投光中水溫が上昇し、夜間との水溫差は3~4 $^{\circ}$ C、最高水溫がヒレナシジャコ2回次の約33 $^{\circ}$ Cであった。UV処理とろ過強度の影響について、試験終了時の各シャコガイ類の生残個体数と成長を図5に、解析結果を表3に示した。ヒレジャコにおいて、生残個体数に有意差がなく、UV処理の有無に関わらずろ過強度10 μ mの方が0.5 μ mより有意に成長が早かった(p<0.01)。ヒレナシジャコ1回次では、生残個体数に有意差がなく、成長に交互作用が検出されたが(p=0.02)、下位検定で有意差はなかった。ヒレナシジャコ2回次では、生残個体数において交互作用があり、個体数が少ない順にnonUV・10 μ m区<nonUV・0.5 μ m<UV・10 μ m区=UV・0.5 μ m区であった(p<0.01)。成長の解析はnonUV・10 μ m区の生残個体数が1個体であったためできなかった。

次亜塩素酸ナトリウム処理の影響について、試験終了時の各シャコガイ類の生残個体数と成長を図6に、解析結果を表4に示した。ヒレジャコでは、生残個体数に有意差がなく、成長は遅い順に次亜塩素酸2.5mL区<次亜塩素酸0.1mL区=nonUV・10 μ m区であった(p<0.01)。ヒレナシジャコ1回次では、生残個体数に有意差がなく、成長は遅い順に次亜塩素酸2.5mL区=次亜塩素酸0.1mL区<nonUV・10 μ m区であった(p<0.01)。ヒレナシジャコ2回次では、個体数が少ない順にnonUV・10 μ m区<次亜塩素酸2.5mL区=次亜塩素酸0.1mL区の順であった(p<0.01)。成長の解析はnonUV・10 μ m区の生残個体数が1個体であったためできなかった。

考察

従来のシャコガイの適正飼育水溫は、経験的に24~32 $^{\circ}$ Cとなるように調整されてきた(岩井ほか, 2004)。本試験では、ヒレナシジャコ2回次で飼育海水が約33 $^{\circ}$ Cとなる時間帯があったが、その回次は全体的に生残個体数が多く、水溫による直接的な影響は少ないと考えられた。

ヒレジャコについて、その生残にはUV処理の有無、ろ過強度、次亜塩素酸処理の有無と濃度、すべての処理が影響を及ぼさず、成長には、UV処理の有無に影響を受け

ないが、ろ過強度や強い次亜塩素酸処理に影響を受けた(表3、4)。今後種苗生産では、10 μ m海水を使用することがよいと考えられた。これまでヒレシヤコの種苗生産後期における生残率は0.5~52%であり、本試験の生残率は60%以上と良好な結果であることから、今後規模を拡大し同様な結果がえられるか、確認する必要がある。

ヒレナシシヤコ1回次の試験について、その生残にはUV処理の有無、ろ過強度、次亜塩素酸処理の有無と濃度、すべての処理が影響を及ぼさず、成長には、UV処理の有無やろ過強度に影響を受けないが、次亜塩素酸処理に影響を受けた(表3、4)。しかし、これまでヒレナシシヤコの種苗生産後期における生残率は0~87%であり、1回次の平均生残率は20~40%と良好な結果でなく、光条件の不足、珪藻の繁茂、疾病以外の減耗要因があるか、試験稚貝収容以前の飼育に問題がある可能性がある。ヒレナシシヤコ2回次の試験は全体的に高い生残率だったが、UV処理を行わない10 μ m透過海水を使用した区で極端に低い生残率となった。同回次の試験において、同じろ過強度でUV処理を行った区、より強いろ過強度でUV処理をしていない区、同じろ過強度で次亜塩素酸処理を行った区では高い生残個体数であったことから(図5、6)、低い生残率となった原因は10~0.5 μ mの生物が海水から侵入し、低生残率を引き起こした可能性が考えられた。また、2つの次亜塩素酸処理区は、ヒレシヤコを含めたすべての試験において、試験終了後の稚貝を観察すると、殻が褐色に変色している個体が多く、なんらかの悪影響を稚貝に与えた可能性があった。ヒレナシシヤコの1回次と2回次の結果を踏まえると、今後ヒレナシシヤコの種苗生産では、使用海水にUV処理を行うか、0.5 μ mフィルターを設置するだけでなく、光条件の不足、珪藻の繁茂、疾病以外の減耗要因を追求するとともに、共生成立前の飼育方法を改善する必要がある。

文献

Braley, R.1992:The Giant Clam: Hatchery and Nursery Culture Manual. Australian Centre for International Agricultural Research Canberra,144pp.

井上顕, 岸本和雄, 2009: シャコガイ類の採卵および種苗生産結果と配布(シャコガイ種苗生産事業). 平成20年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書 70, 165-168.

井上顕, 岸本和雄, 2010: 2009年におけるシャコガイ類の採卵および種苗生産結果と配布(シャコガイ種苗生産事業). 平成21年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書 71, 94-96.

岩井憲司, 久保弘文, 呉屋秀夫, 竹内仙二, 高橋尚子, 2004: シャコガイ生産事業. 平成14年度沖縄県水産試験場事業報告書 64, 185-195.

岩井憲司, 久保弘文, 森政志, 竹内仙二, 2006: シャコガイ生産事業. 平成16年度沖縄県水産試験場事業報告書 66, 164-171.

岩井憲司, 久保弘文, 木佐俊介, 木村美紀, 2007: シャコガイ生産事業. 平成17年度沖縄県水産試験場事業報告書 67, 209-214.

木村基文・杵山恵子・井上顕・知名真知子・上田美加代・濱川薫・村山世利朝, 2005: 沖縄県栽培漁業センター事業報告書 65, 7-10.

Paul C. S., 1988: Biochemical Development and Energetics of *Hippopus hippopus* Larvae: in "Giant Clams in Asia and Pacific"(ed. By Copland J.W. and Lucas J.S.), Australian Centre for International Agricultural Research, Australian, 140-144.

Suzanne Mingoa-Licuanan S., Edgardo D.Gomez, 2007: Giant Clam Hatchery, Ocean Nursery and Stock Enhancement, SEAFDEC Aquaculture extension Manual No37 pp109.

玉城信, 下地良男, 古川凡, 呉屋秀夫, 古川凡, 仲本新, 2001: ヒメシヤコの種苗生産. 平成11年度沖縄県水産試験場事業報告書 61, 214-218.

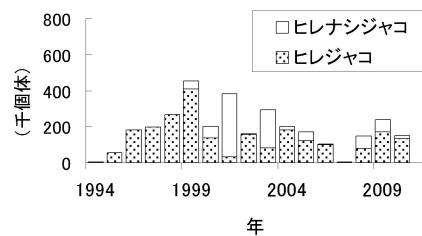


図1 シャコガイ類の種苗配布数

表1 シャコガイ類の各生産期と生残率(中間育成期の生残率は、出荷配布数/殻長1mm期の個体数とした)

ヒレシヤコ	種苗生産		中間育成期	ヒレナシシヤコ	種苗生産		中間育成期
	前期	後期			前期	後期	
1994年	1.1	30.0	17.5	1994年			
1995年	5.9	15.4	11.1	1995年			
1996年	11.2	34.1	10.7	1996年			
1997年	8.5	27.7	31.4	1997年			
1998年	2.9	52.0	34.9	1998年	7.7	87.0	43.0
1999年	14.2	36.8	48.4	1999年	1.6	53.9	47.0
2000年	9.4	47.3	14.1	2000年	4.3	72.2	39.4
2001年	6.8	20.0	2.9	2001年	0.7	53.6	4.4
2002年	11.0	5.3	48.5	2002年	3.8	44.8	35.3
2003年	7.0	15.3	26.1	2003年	3.9	3.1	38.0
2004年	9.4	23.2	8.0	2004年	0.3	19.0	31.3
2005年	5.3	21.3	18.4	2005年	0.6	12.5	4.2
2006年	2.7	31.3	14.2	2006年	0.8	13.6	3.5
2007年	8.1	0.5	18.8	2007年	7.2	3.6	20.2
2008年	6.6	43.8	9.0	2008年	2.9	56.0	6.0
2009年	10.2	26.3	21.8	2009年	7.2	10.9	2.7
2010年	13.5	2.5	43.3	2010年	8.4	0.0	5.0

(単位:%)

表2 使用個体

種類と試験回次	開始時の平均殻長±SD μm	試験期間
ヒレジャコ	417±0.36	2011/6/16~7/10
ヒレナシジャコ1回次	257±0.23	2011/5/10~6/15
ヒレナシジャコ2回次	343±0.42	2011/7/26~8/23

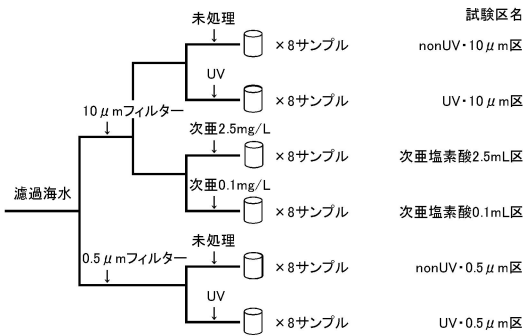


図2 飼育海水作成の工程と試験区名

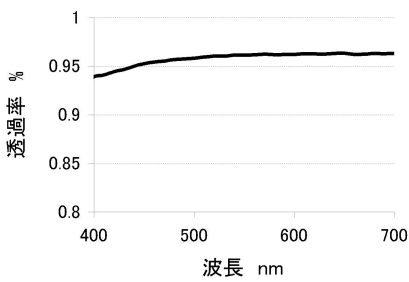


図3 ラップフィルムの透過率

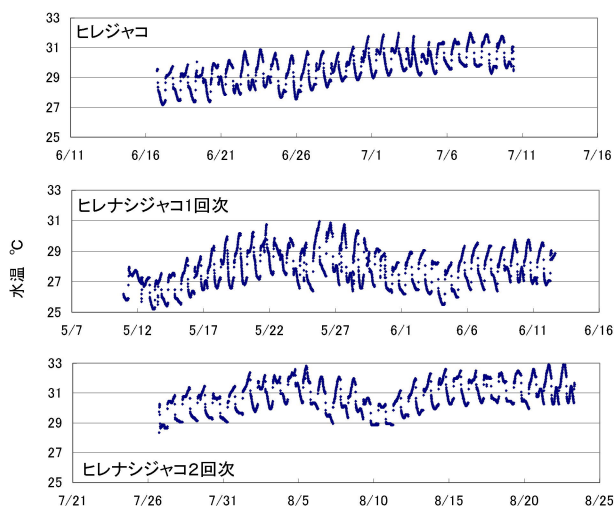


図4 試験期間中のサンプル中の水温

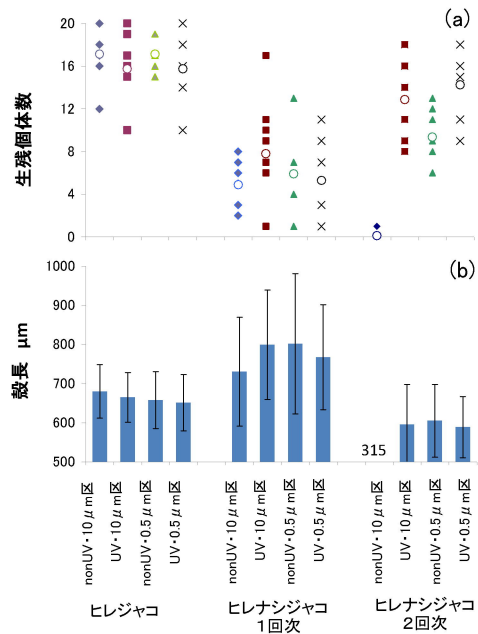


図5 UV処理とろ過強度の影響に関する各試験区における生残個体数 (a) と殻長 (b) . (aの○印は平均生残個体数を, bのエラバーは標準偏差を, ヒレナシジャコ2回次のnonUV・10 μm区の数値は生残1個体の殻長を示す)

表3 UV処理とろ過強度の影響に関する各試験区間の解析結果

	ろ過強度	UV処理	ヒレジャコ		ヒレナシジャコ1回次		ヒレナシジャコ2回次		試験区名
			交互作用	下位検定	交互作用	下位検定	交互作用	下位検定	
成長	10 μm	なし あり	なし	* ろ過強度間で有意	あり	なし	解析できず		nonUV・10 μm区 UV・10 μm区
	0.5 μm	なし あり			なし	なし	解析できず		nonUV・0.5 μm区 UV0.5 μm区
生残	10 μm	なし あり	なし	なし	なし	なし	あり	* * * *	nonUV・10 μm区 UV・10 μm区 nonUV・0.5 μm区 UV0.5 μm区
	0.5 μm	なし あり	なし	なし	なし	なし	あり	* * *	nonUV・0.5 μm区 UV0.5 μm区

*: p<0.01

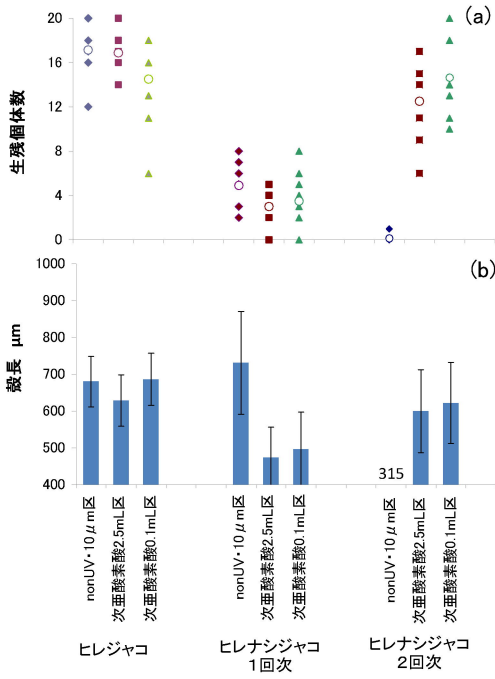


図7 次亜塩素酸処理の影響に関する各試験区の生残個体数 (a) と殻長 (b)。(a)の○印は平均生残個体数を、bのエラバーは標準偏差を、ヒレナシヤコ2回次のnonUV・10 μm区の数値は生残1個体の殻長を示す)

表4 次亜塩素酸処理の影響に関する各試験区間の解析結果

	次亜塩素酸処理	ヒレシヤコ	ヒレナシヤコ 1回次	ヒレナシヤコ 2回次	試験区名
成長	なし 2.5mg/L 0.1mg/L]*]*]*]*]*]*]*	nonUV・10 μm区 次亜塩素酸2.5mL区 次亜塩素酸0.1mL区
生残	なし 2.5mg/L 0.1mg/L	なし	なし]*]*	nonUV・10 μm区 次亜塩素酸2.5mL区 次亜塩素酸0.1mL区

*: p<0.01