

飼育海水の紫外線照射処理の有無， 流水飼育と止水飼育の違いがヒレジャコ稚貝に及ぼす影響 (シャコガイ稚貝飼育技術開発)

井上 顕*

The effects of breeding for UV treated, flowing, and still sea water in the larvae of giant clams *Tridacna squamosa*

Ken INOUE

褐虫藻との共生成立後の効率的な飼育方法確立を目的に、海水の紫外線照射処理の有無、流水飼育と止水飼育の違いがヒレジャコ稚貝にどのような影響を与えるか、殻長 $313\mu\text{m}$ の個体を27日間飼育することで調べた。試験区は、人工照明下で4種の飼育方法（UV処理流水区、UV未処理流水区、UV処理止水区、UV未処理止水区）を設け、飼育終了時に生残個体数、殻長を測定した。その結果、各試験区で生残率に影響はなかったが、殻長は、UV未処理流水区>UV処理流水区>UV未処理止水区>UV処理止水区の順に有意に大きかった。したがって、共生成立後の飼育は、UV未処理流水区が最も効率的であることがわかった。

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、珪藻緑藻の繁茂、疾病が考えられた。そこで井上（2011）は、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 $300\sim 800\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ を確保し、2種類の濾過強度（ $0.5\mu\text{m}$ と $10\mu\text{m}$ ）で濾過した海水をさらに紫外線照射（以

下、UV）、次亜塩素酸処理で珪藻緑藻や病原菌を防除した飼育海水を用い、さらにそれらの空気中からの侵入防除のため、閉鎖された室内における密封水槽止水飼育で稚貝の生残、成長および珪藻緑藻の繁茂状況を調べた。その結果、生残率は飼育海水の処理に影響を受けず50～100%と高い値が得られ、成長は濾過強度や次亜塩素酸処理濃度などで異なり、次亜塩素酸を用いず、UV処理も行わず、濾過目合いが大きい場合（ $10\mu\text{m}$ ）でもっとも速かった。また、珪藻緑藻の繁茂は全試験区で観察されなかった。したがって、ヒレジャコの種苗生産後期の飼育は、必要な光量子量を確保し、適切なフィルター濾過海水を用い、珪藻・緑藻の侵入を防ぐことができれば、生残率は安定して高い値を残せることが判った。一方、シャコガイ類は体内褐虫藻から受け取る栄養やその藻体の消化だけでなく、海水中の微生物や有機物を濾過して栄養にしている

（Klumppほか,1992；Klumppほか,1994）。したがって、これらを除去した止水中の飼育では成長に不利な影響を与えていると考えられる。そこで珪藻・緑藻類の繁殖を防ぐ最低限の処理を施した飼育水（ $10\mu\text{m}$ での濾過）と、それにUV処理による微生物の除去を加えた飼育水を用い、止水と流水で閉鎖室内密封水槽飼育を行い、それらの効果を確認した。

材料及び方法

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

試験には、2011年に産卵されたヒレジャコの卵を種苗生産して、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、共生藻管がヒレジャコの外殻膜まで達し、そこに褐虫藻が存在するときとした。試験開始時の平均殻長は $313 \pm 60 \mu\text{m}$ (日齢16)、試験期間は2011年6月17日～7月14日とした。試験区は、2種類の海水 (UV処理海水とUV未処理海水)、2種類の飼育方法 (流水飼育と止水飼育) を組み合わせた4種類設定し、繰り返しを4回とした (表2)。流水区は2～3日間隔で20回転/日に調整し、止水区は水槽を替えることなく、全換水/週とした。海水はイトンフィルトレーション社製BF750型PPバックフィルターに $10 \mu\text{m}$ フィルターの目合いで透過させたものを用い、UV殺菌装置はフナテック社製FL-3を使用した。海水中のオゾン測定はEUTECH社製C105によるDPD法にて試験開始と終了時の2度、UV処理海水のみを測定した。

飼育容器は、3Lポリプロピレン水槽 (ダイソー社製、商品名中型虫かご) を用い、共生成立した200個体の稚貝を飼育海水2.6Lに $2 \mu\text{L}$ マイクロピペットで数回にわけて飼育海水ごとといれ、1ヶ月後に殻長、生残個体数、殻長 $800 \mu\text{m}$ 前後の稚貝内褐虫藻細胞数を測定した。褐虫藻細胞数は、3稚貝を $50 \mu\text{m}$ 海水で粉砕し赤血球計数盤にて密度を3度計測し、その平均値より推定した。水槽上面はラップフィルム (AsahiKASEI製、商品名サランラップ) でおおい、専用フタで固定した。このラップフィルムは褐虫藻の光合成波長領域の $400 \sim 700\text{nm}$ における透過率が $94 \sim 96\%$ と一定かつ高い透過率であるため、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 (Kühlほか,1995 ; 井上,2011)。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、光子量が種苗生産後期に必要な $280 \sim 380 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ 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、水槽をウォーターバスにした。試験期中の水温は、Onset製ペンダント式データロガーをUV未処理流水区とUV処理止水区の代表となる1水槽にそれぞれ1つ設置し、10分ごとに測定した。

本文で示す値はすべて平均値 $\pm$ SDとした。統計解析について、UV処理と飼育方法の影響を調べるため、UV処理流水区、UV未処理流水区、UV処理止水区、UV未処理止水区の4区において二元配置分散分析を行った。下位検定はTukeyによる多重比較法を用いた。有意水準はすべて 5% とした。

結果

各試験区の平均生残個体数、平均殻長は、UV処理流

水区でそれぞれ 136 ± 53 個体、 $915 \pm 223 \mu\text{m}$ 、UV未処理流水区で 138 ± 14 個体、 $1241 \pm 287 \mu\text{m}$ 、UV処理止水区で 148 ± 47 個体、 $720 \pm 115 \mu\text{m}$ 、UV未処理止水区で 154 ± 24 個体、 $835 \pm 133 \mu\text{m}$ であった (図2, 3)。統計解析の結果、生残個体数に有意差はなかった ($p=0.90$)。殻長については、交互作用が認められ ($p<0.0001$)、下位検定の結果、UV未処理流水区>UV処理流水区>UV未処理止水区>UV処理止水区の順に大きくなった ($p<0.01$)。データロガーの水温推移を図4に示した。流水区と止水区の水温差は $0.3 \pm 0.3^\circ\text{C}$ の範囲であった。飼育水温は投光中水温が上昇し、一日間の水温差は $3 \sim 4^\circ\text{C}$ 、最高水温が 33°C を超える日が流水区で4日、止水区で4日あった。試験開始と終了時のUV海水によるオゾン濃度はどちらも 0.03ppm であった。

各試験区における殻長 $800 \mu\text{m}$ 前後の稚貝内推定総褐虫藻細胞数を図5に示した。UV処理流水区でそれぞれ $9,166 \pm 2,243$ 細胞数、UV未処理流水区で $8,250 \pm 1,169$ 細胞数、UV処理止水区で $2,264 \pm 799$ 細胞数、UV未処理止水区 $2,722 \pm 489$ 細胞数であった。UV処理の有無、飼育方法との交互作用は認められず、飼育方法が稚貝内褐虫藻細胞数に大きく影響を与えた ($p<0.01$)。

考察

従来のシャコガイの適正飼育水温は、経験的に $24 \sim 32^\circ\text{C}$ となるように調整されてきた (岩井ほか, 2004)。種苗生産現場では、瞬間的に 33°C になることがあるが、それによる生産不調は起こっていない。今回各試験区で生残個体数が多いことから、水温による直接的な影響は少ないと考えられた。

本試験で設定した各区は、生残に影響を与えることはなかったが、成長に大きく影響を与えることがわかった (図2, 3)。シャコガイ科の二枚貝は体内褐虫藻からの栄養や消化だけでなく、海水中の微生物や有機物を濾して栄養にしている (Klumppほか,1992 ; Klumppほか,1994)。流水飼育を行うことは、栄養塩・褐虫藻・微生物・ミネラルの供給、飼育環境の改善が行われるため、それらがヒレジャコの成長を促進させたと考えられた。一方、UV処理は、海水中の褐虫藻や微生物の消失だけでなく、有機物の変質を生じさせる (早川ら, 2008)。アサリ *Ruditapes philippinarum* の種苗生産では、飼育海水のUV処理で発生するオゾン濃度が 0.02ppm 以上になると、生産不調を起こす (兼松, 私信)。本試験においてUV処理は飼育海水中にオゾンが発生させていることがわかった。したがって、オゾンを含めさまざまな要因が複合的にヒレジャコの成長抑制にかかわったと考えられた。井上 (2011) の結果と比較すると、止水区における本結果はUV処理が生残に影響を与えない点は同じであったが、成長に影響を与える点が異なっていた。本試験の予備実験において、UV未処理海水を用いて止水飼育下で通

気の有無を検討した結果、通気を行うことが有意に成長したことから、本試験の止水区が通気を行ったことで異なる結果を生んだと考えられた。

今後種苗生産現場で海水をUV処理することなく、可能な限り閉鎖的な空間を設定し、必要な光量子量を確保した無通気で流水飼育を行い、同様な結果が得られるか、確認する必要がある。

文献

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

Klumpp D. W., Bayne B. L. and Hawkins A. J. S.,1992:Nutrition of the giant clam *Tridacna gigas* (L.) I. Contribution of filter feeding and photosynthates to respiration and growth. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 155, 105-122.

Klumpp D. W.,Lucas J. S.,1994:Nutritional ecology of the giant clams *Tridacna tevoroa* and *T. derasa* from Tonga: influence of light on filter-feeding and photosynthesis. Mar. Ecol. Prog. Ser.,107,147-156.

Kühl, M., Cohen, Y., Jorgensen T., Revsbech NP.,1995: Microenvironment and photosynthesis of zooxanthellae in scleractinian corals studied with microsensors for O₂, pH and light. Mar. Ecol. Prog. Ser.117:159-172.

早川和秀, 杉山裕子, 和田千弦, 鈴木智代, 丸尾雅啓, 永岡一樹, 武田一彦, 中谷暢丈, 国歳拓, 杉山雅人, 2008: 紫外線吸収物質と光反応の研究, 紫外線が琵琶湖の水質へ及ぼす影響評価. 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター試験研究報告書, 4, 74-92.

井上頤, 2011: 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). 平成22年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 72, 69-73.

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, 185-195.

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

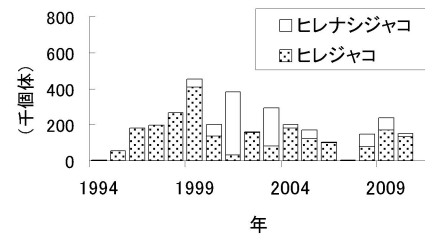


図1 シャコガイ類の種苗配布数

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)

ヒレジャコ	種苗生産			中間育成期	ヒレナシジャコ	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: %)

(単位: %)

表2 各試験区の名称と飼育条件

試験区名称	UV		流水	通気
	処理	未処理		
UV処理流水区	○	×	○	×
UV未処理流水区	×	○	○	×
UV処理止水区	○	×	×	○
UV未処理止水区	×	○	×	○

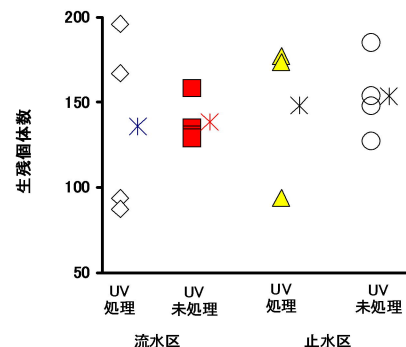


図2 各区の試験終了時の生残個体数

試験開始個体は200個体, *印は平均生残個体数を示す

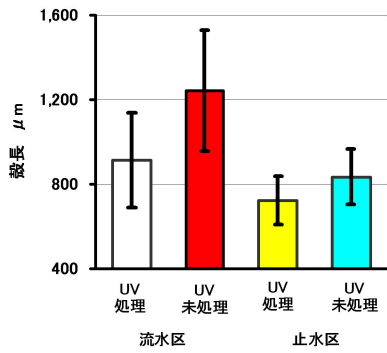


図3 各区の試験終了時の殻長
(two-way ANOVA : $p<0.001$, エラバーはSD)

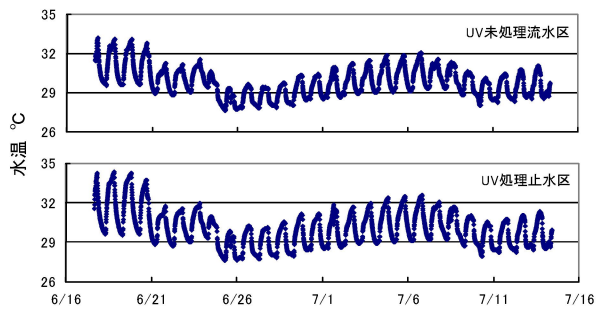


図4 試験期間中の水温推移

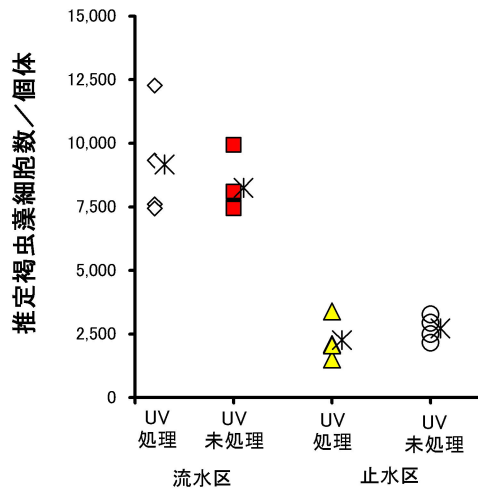


図5 試験終了時における各区の殻長800 μ m前後の推定褐虫藻細胞数 (*印は平均値)