

光条件の違いがヒレジャコ稚貝の成長や生残に与える影響 (シャコガイ種苗生産事業)

井上 顕*

The effects of light intensity for the growth and survival rates of the larvae of a giant clam *Tridacna squamosa*

Ken INOUE

ヒレジャコ *Tridacna squamosa* の効率的な種苗量産技術を開発するため、光条件が稚貝に与える影響を殻長約1mmと約5mmの種苗を用いて、屋内と屋外でそれぞれ光条件を変えて生残率と成長について調べた。屋内における殻長約1mmの稚貝を用いた試験で1ヵ月後に測定した生残率と成長は、生残率では各試験区の間で有意差は認められなかったが、殻長には有意差が認められ、照度の大きさの順に殻長が大きかった。屋内における殻長約5mmの稚貝を用いた試験でも同様な結果となったが、屋外における同試験では、屋内でもっとも照度が高かった区より照度が低かったが、成長は速い結果となった。

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* の種苗量産を行い、殻長8mmで県内の各機関に種苗の配付を行っている。シャコガイは体内に褐虫藻を共生させているため、光環境を整えることは重要な条件と考えられる。主に褐虫藻が光合成に関わる光の波長は400～700nmであるが (Kühlほか, 1995), Wangほか (2008) は、褐虫藻単独培養における光合成波長は、短波長の400～470nmと長波長650～680nmであり、そのうち増殖に必要な波長は短波長であると報告している。シャコガイは褐虫藻から光合成産物を得るだけでなく、体内の増加した褐虫藻を胃に運び消化吸収している。Maruyama and Heslinga (1997) は、5～6cmのヒレナシジャコにおいて一日7.6～19%増加した体内褐虫藻の一部を消化させることが、宿主の殻の成長に大きく関わっていることを報告している。これまで、光環境は照度計や光量子計の測定値を元に調整されてきたが (岩井ほか, 2003; 玉城ほか, 1997, 2001), それらでは波長の違いを示さない。シャコガイにおける波長ごとの光の強さの違いが成長や生残にどう影響するかという報告はまだないが、波長の違いが成長や生残に大きく関わってくる可能性は十分に考えられる。

シャコガイの種苗生産では便宜上殻長1mmからの

飼育を中間育成期とする。これまで当施設で行われた中間育成期で、殻長1～3mmの光条件は統一されていない (表1: 玉城ほか, 2001; 岩井私信)。この時期から飼育水槽の藻の繁茂が著しくなるため、対策として光条件を調整するか、草食性のウミユナ類 *Batillaria* spp. を添加する。しかし、光条件の調整がこの時期のシャコガイ稚貝にどのような影響を及ぼすかを検証した事例はない。また屋外の光量子量は屋内のそれより高い値を示すため、同じ飼育方法でも屋外と屋内で中間育成期の成長や生残に何らかの影響を与えることが考えられる (岩井ほか, 2006)。シャコガイの種苗生産を効果的に行うため、中間育成期の屋内と屋外における光条件の違いが稚貝の成長と生残にどのような影響があるのかを調べた。

材料及び方法

(1) 殻長1mm時における光条件の検討

稚貝は、2010年5月26日八重山海域の親貝から得た受精卵を当施設で飼育し、日齢48の稚貝総数16,200個体 (殻長1.05±SD1.0mm) を用いた。飼育は屋内施設で45Lポリカーボネイト製角形水槽 (底面積0.175m², 高さ17cm) を使用し、無通気流水方式で行った。試験中の海水は全て貝類施設の砂濾過海水を使用し、注水量が40回転/日とした。収容1週間後、

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

4.75～5.6mmのフルイに残ったウミユナ類を水槽毎に80mL投与して藻類の繁茂防止に努めた。

光条件の設定には大豊化学工業製タイレン防風ネットを用い、目合いは2mmと1mmとし、試験中常に水槽上面に防風ネットを設置した。試験区名は、ネット未設置区を未設置区、2mm目合い設置区を2mm区、1mm目合い設置区を1mm区とした。各区に4水槽用意し、各水槽に1,350個体となるように稚貝を収容した。飼育期間は2010年7月13日～同年8月13日の31日間とした。終了日に殻長を測定し生残個体数を実数カウントした。殻長測定個体は、生残個体のなかから無作為に40個体抽出し、万能投影機下でデジタルノギスを用いて計測した。飼育中の飼育水温と照度は各区に1つOnset製ペンダント式データロガーで10分ごとに測定した。ロガーの設置場所は、9時～15時前後まで直接光が差し込む水槽中央の水深2cmとした。

(2) 殻長5mm時における遮光率の検討

前記したものと同一生産回次の種苗で、日齢98の稚貝総数10,500個体（殻長 $5.4 \pm SD0.5$ mm）を用いた。屋内飼育では、1mm稚貝時の試験と同様の試験区を設定した。ただし、水槽毎に収容する個体は250個体とし、藻類の繁茂防止用として使用したウミユナ類は、6.7～9.5mmのフルイに残った個体80mLを用いた。

屋外飼育では、200LFRP製角形水槽（底面積 0.863m^2 ）を用い、無通気流水方式で行った。試験中の海水は全て貝類施設の砂濾過海水を使用し、注水量が40回転/日とした。屋外の試験区は未設置区と1mm区の2区としたが、9月17～19日の期間は台風のため屋外1mm区の防風ネットを外した。各区に3水槽用意し、各水槽には、屋内飼育試験における底面積当たりの個体収容密度が同じになるよう1250個体収容、ウミユナ類は6.7～9.5mmのフルイに残った個体400mLを投与した。

屋内、屋外ともに飼育期間は2010年9月1日～同年10月4日の34日間とした。終了日に殻長を測定し生残個体数を実数カウントした。殻長測定個体は、生残個体のなかから無作為に40個体抽出し、万能投影機下でデジタルノギスを用いて計測した。飼育中の飼育水温と照度は各区に1つOnset製ペンダント式データロガーで10分ごとに測定した。

屋内と屋外の光環境を検討するため、種苗生産現場で使用する各資材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、360～740nm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。測定した資材は、現在飼育施設の屋根に使用されている16年経過したポリカーボネート波板（ダイブ

ラ社製、商品名PCM波スレート小波：以下波板）、前記した大豊化学工業製タイレン防風ネット目合い2mm（以下2mm防風ネット）と1mm（以下1mm防風ネット）の3種類とした。2種類の資材を組み合わせたときの推定透過率は、屋内2mm区は波板と2mm防風ネット、屋内1mm区は波板と1mm防風ネットとし、それぞれの透過率はそれらの積とした。

統計解析

生残個体数と殻長は、一元配置分散分析後、Tukeyによる多重比較法を用いた。水温と照度の検定はFriedman-test後シェッフェ方式で多重比較検討した。ただし、各試験区の照度データで、0Luxを測定した時間帯、台風中の9月17～19日は解析から外した。有意水準はそれぞれ5%とした。

結果

(1) 殻長1mm時における光条件の検討

試験区毎の水温を図1、照度の推移を図2に示し、試験区毎の水温と照度の中央値を表2に示した。各区において水温と照度に有意な差が検出された（ $p < 0.01$ ）。水温の試験区毎の差は小さく影響が少ないと考えられた。照度は、多重比較の結果、未設置区 $> 2\text{mm}$ 区 $> 1\text{mm}$ 区の順に値が高くなった。

生残率と平均殻長は、それぞれ未設置区で68～97%、2.7～3.0mm、2mm区で82～91%、2.4～2.7mm、1mm区で70～94%、2.1～2.3mmだった（図3）。生残個体数には統計的な有意差はなかったが、殻長は未設置区 $> 2\text{mm}$ 区 $> 1\text{mm}$ 区の順に有意な差が検出され（ $p < 0.01$ ）、照度の順位と一致した。

(2) 殻長5mm時における光条件の検討

屋内、屋外における試験区毎の水温を図4、照度の推移を図5に示し、試験区毎の水温と照度の中央値を表2に示した。各区において水温と照度に有意な差が検出された（ $p < 0.01$ ）。水温の試験区毎の差は小さく影響が少ないと考えられた。照度は、多重比較の結果、高い順に屋外未設置区 $>$ 屋内未設置区 $>$ 屋外1mm区 $>$ 屋内2mm区 $>$ 屋内1mm区であった。屋内の生残率と平均殻長は、それぞれ未設置区で92～100%、8.0～9.7mm、2mm区で86～100%、7.7～9.0mm、1mm区で76～100%、7.4～8.5mmだった（図6）。2mm区の1水槽は飼育中のトラブルがあり、解析から外した。屋内試験区において生残個体数には統計的な有意差はなかったが、殻長は未設置区 $> 2\text{mm}$ 区 $= 1\text{mm}$ 区の順に有意な差が検出された（ $p < 0.01$ ）。屋外の生残率と平均殻長は、それぞれ未設置区で82～95%、9.6～10.7mm、1mm区で95～96%、10.1～10.7mmだった（図6）。屋外未設置区の1水槽は飼育中にトラブルがあり、解析から外した。したが

って、統計的有意性は検証できなかったが、屋外試験区において生残率、殻長とも差がないと考えられた。

各試験区の推定透過率を図7に示した。屋内未設置区（波板）は380nmから緩やかに透過率が高くなり、470nmで47%、600nmで約64%の透過率で推移した。屋内2mm区と屋内1mm区は、共通して470nmで約31%の透過率に達し、それ以外の透過率はそれぞれ概ね20%と10%で推移した。屋外1mm区は、380nmから急激に透過率が高くなり、470nmで約62%の透過率に達し、550nm以降は12~14%の透過率で推移した。

考察

殻長1mm時の稚貝における光条件は、屋内において短波長、長波長ともに光を遮らない条件下で飼育することで早い成長が見込めることがわかった。しかし、光を遮らない条件下では藻の繁茂が非常に早いため、大量のウミユナ類が必要になる。しかし、石垣島において4.75~5.6mmのウミユナ類を大量に確保することは困難である。確保ができない場合1mm区で藻の繁茂を抑えつつ飼育し、より大きなウミユナ類が投与できるまでシャコガイの成長を待つ必要がある。

殻長5mm時の稚貝における光条件は、殻長1mm時と同様に屋内で飼育する場合においては光を遮らない条件下で飼育することで早い成長が見込めることがわかった。しかし、屋内で光を遮らない条件下より屋外で光を遮る条件の方が、照度が低いが、成長が早かった。殻長5mm時における稚貝の成長の良否は短波長の透過率の高低と概ね一致した。今回、短波長によって増殖した体内褐虫藻の量が成長の差を生んだ可能性が考えられた。現在施設屋根にある波板は17年前の設置当初400~1000mmの透過率が90%前後であったことから、経年劣化によって屋内に透過する波長が変化したと考えられた

(<http://www.daipia.co.jp/product/arch/plan03.html>)。飼育施設の屋根を新品の波板に交換することで、屋内においても屋外と同じぐらいの成長が望むことができる。ただし、屋外で光を遮る条件下とそうでない条件下では生残と成長に大きな差はなかった。10mmオオジャコ *T.gages* は、光量子量 $500 \mu \text{mol/m}^2/\text{s}$ で光合成飽和に達することから (Fisherほか,1985), 本試験の屋外2区はシャコガイにとって光条件が質的に同じであったと考えられた。

文献

- Fisher, C. R., Fitt, W. K., Trench, R. K., 1985:
Photosynthesis and respiration in *Tridacna gigas*
as a function of irradiance and size. Biol. Bull. 169,
230-245.
- 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

- 岩井憲司, 久保弘文, 呉屋秀夫, 齊藤伸哉, 藤森誠,
2003: ヒレナシジャコ・ヒレジャコ生産事業. 平成
13年度沖縄県水産試験場事業報告書 63, 174-178.
- 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.

Maruyama, T and Heslinga, G. A.,1997:Fecal
discharge of zooxanthellae in the giant clam
Tridacna derasa, with reference to their in
situ growth rate. Mar. Biol. 127, 473-477.

- 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 61, 214-218.
- 玉城信, 下地良男, 古川凡, 小笠原静江, 呉屋秀夫,
1997: 貝類増養殖試験. 平成7年度沖縄県水産試験場
事業報告書 57, 214-218.

Wang, L.H., Liu, Y. H., Hsiao, Y. Y., Fang, L. S., Chen,
C. S., 2008: Cell cycle propagation is driven by
light-dark stimulation in a cultured symbiotic
dinoflagellate isolated from corals. Coral Reefs
27, 823-835.

表1 シャコガイの種苗生産段階ごとの光条件 ($\mu \text{mol/m}^2/\text{s}$)

		玉城ほか(2001)		岩井私信	
		光条件	飼育方法	光条件	飼育方法
中間育成期	殻長1-3mm	300~800	通気流水	無調整	"
"	殻長3mm以上	無調整	"	無調整	"

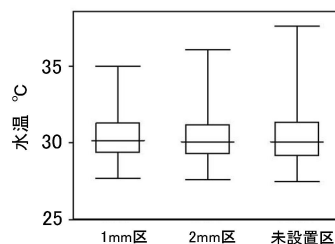


図1 殻長1mm時の試験期間における屋内水槽の水温 (エラーバーはデータレンジを示す)

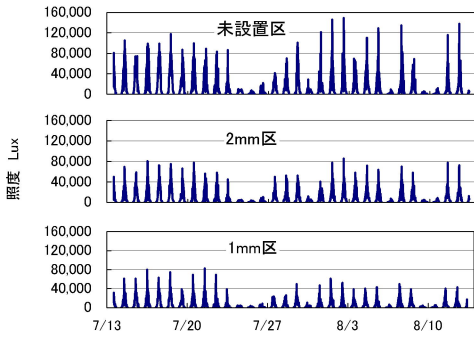


図2 殻長1mm試験期間における水槽の照度推移

表2 試験区毎の水温と照度の中央値

		1mm時の稚貝		5mm時の稚貝	
		水温	照度	水温	照度
屋内	未設置区	30.05	7,233	29.55	11,711
	2mm区	30.05	4,305	29.55	5,338
	1mm区	29.65	3,616	29.65	5,166
屋外	未設置区			29.55	22,044
	1mm区			29.55	11,022

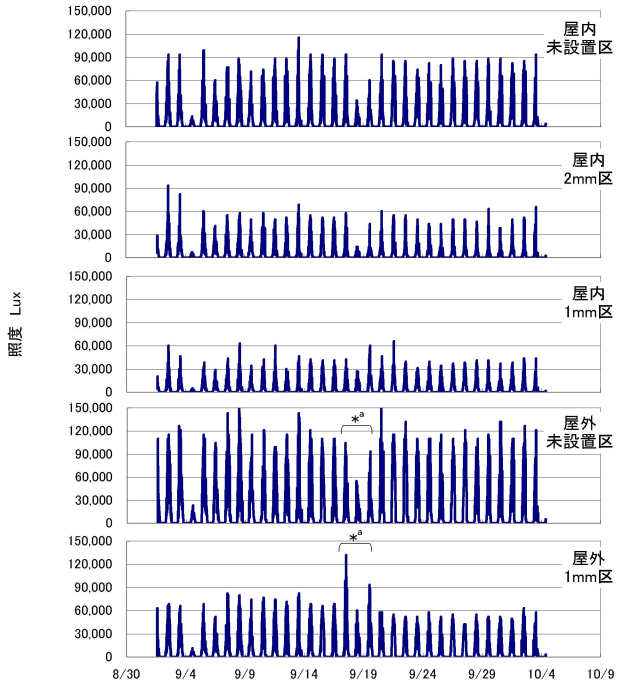


図5 殻長5mm時の試験期間における屋内・屋外水槽の照度推移(*aは台風通過期間を示す)

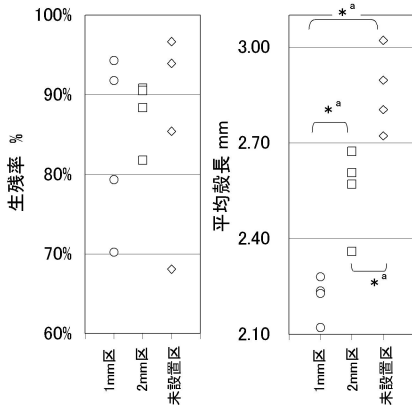


図3 殻長1mm稚貝における生残率と殻長の関係(*aは $p < 0.01$ を示す)

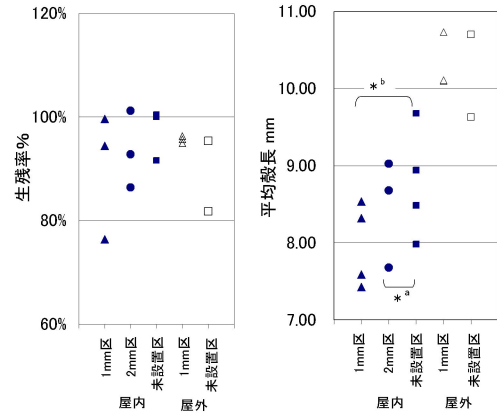


図6 殻長5mm稚貝における生残率と殻長(*aは $p < 0.05$, *bは $p < 0.01$ を示す)

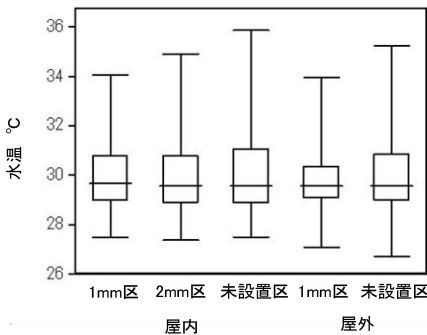


図4 殻長5mm時の試験期間における屋内・屋外水槽の水温 (エラーバーはデータレンジを示す)

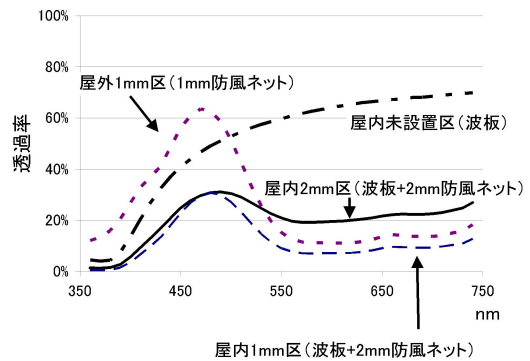


図7 各試験区の推定透過率