

象牙鳳螺之產卵及其胚胎與幼體發育

陳東本^{*} · 黃丁士 · 蔡萬生

行政院農業委員會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心

摘 要

象牙鳳螺 (*Babylonia areolata*) 是台灣海域高經濟價值的食用貝類之一，近年來由於過度捕撈利用，造成資源量急遽減少。本研究旨在建立人工誘發產卵技術及觀察其幼苗胚胎發育，以祈建立種苗大量生產技術。試驗期間以細砂組、細砂混合碎珊瑚組、碎珊瑚組及裸缸組等四組不同底質進行產卵試驗。結果顯示，在產卵方面三種不同底質間均無顯著差異($p > 0.05$)，而與裸缸組間則有顯著差異 ($p < 0.05$)。

受精卵係在葵花子片狀透明卵鞘內，為圓形黃褐色分離的沉性卵，平均卵徑 $300 \pm 14.5\mu\text{m}$ 。在水溫 27.4°C 時，受精卵在約 1 hr 20 mins 形成第一極體，1 hr 50 mins 形成第二極體，2 hrs 10 mins 以縱向對等分裂成二細胞卵。3 hrs 35 mins 第三次分裂，係縱向對等分裂成四細胞，9 hrs 10 mins 第四次細胞分裂成八細胞。24 hrs 後發育成囊胚期，29 hrs 形成原腸期，受精 54 hrs 後形成胚體口前纖毛，70 hrs 外層幼殼開始分泌，面盤出現而成為擔輪子期，80 hrs 出現平衡胞，89 hrs 顯現黑色眼點及腹足前剛毛，105 hrs 心臟開始跳動，142 hrs 第一觸角出現，144 hrs 10 mins 幼生從卵鞘孵出，藉著面盤纖毛於水中浮游運動而形成覆面子期。

關鍵字：象牙鳳螺、底質、產卵、胚胎發育、幼體發育

前 言

象牙鳳螺屬於軟體動物門 (Mollusca)、腹足綱 (Gastropoda)、前鰓亞綱 (Prosobranchia)、新腹足目 (Neogastropoda)、峨螺科 (Buccinidae)、鳳螺屬 (*Babylonia*)，俗稱風螺、鳳螺、花螺。全世界峨螺科的鳳螺屬有 17 種 (藍, 1996)，在台灣被食用的種類有如下 6 種，包括台灣鳳螺 (*Babylonia formosae*)、波部鳳螺 (*B. habei*)、象牙鳳螺 (*B. areolata*)、妃珍鳳螺 (*B. feichen*)、霧花鳳螺 (*B. lutosa*) 和有齒鳳螺 (*B. perforata*)。根據調查 (藍, 1990) 顯示，其中又以台灣鳳螺及象牙鳳螺為最常見。由於象牙鳳螺體型較大，螺高可達 11 cm (Fig. 1)，且肉質佳頗具經濟價值，極適合進行養殖量產及做為放流復育之物種。

台灣鳳螺與象牙鳳螺形態之差異在於殼表紋路及型態不同，象牙鳳螺為咖啡色斑塊呈四方形又因肉為白色俗稱白肉鳳螺；台灣鳳螺色斑為波紋狀且體型較小，一般螺高為 3 ~ 7 cm 又稱小鳳螺，運輸保存販賣方式為冷凍型式，肉質較硬且不鮮美因此價格比象牙鳳螺差。北部及澎湖海域燈火漁業的主要標的種類，年產量約 5,400 ~ 10,000 mt 之間。

象牙鳳螺殼呈紡錘形，螺塔高，螺層明顯，各螺層呈現階梯狀，殼表黃褐色並帶有不規則的咖啡色斑塊，色斑形狀大致為四方形，部份呈弧形，殼面觸感光滑，有一深的臍孔，殼口呈卵形，內面為白色，口蓋為葉狀的角質構造，上有同心圓狀的深刻紋 (Link, 1807)。象牙鳳螺主要產於台灣西南及東北角海域、澎湖北部海域、東沙島及金門等地 (巫, 2003)。一般棲息於 30 m 以淺的砂泥海底，肉食性具發達嗅覺功能，齒舌為其攝食器官 (邱, 1991)，漁獲作業通常利用鳳螺籃及底拖網網獲。本種在澎湖地區屬於高經濟螺類之一，

^{*}通訊作者 / 澎湖縣馬公市崙裡里 266 號, TEL: (06) 9953-416; FAX: (06) 9953-058; E-mail: chentungpen@mail.ph.tfrin.gov.tw

Table 1 Shell width, total weight and sex ratio of 10 mature *Babylonia areolata* in different substrata

Treatments	Shell width (mm)	Total weight (g)	Spawners
Sand	47.84 ± 1.64	89.61 ± 11.95	5 ♀ x 5 ♂
Sand+ Fragmental coral	47.47 ± 2.13	89.31 ± 11.30	5 ♀ x 5 ♂
Fragmental coral	47.35 ± 2.35	88.53 ± 12.04	5 ♀ x 5 ♂
Control	47.32 ± 2.37	86.72 ± 11.42	5 ♀ x 5 ♂

Shell width and total weight between treatments are not significantly different by one-way ANOVA analysis ($p > 0.05$).

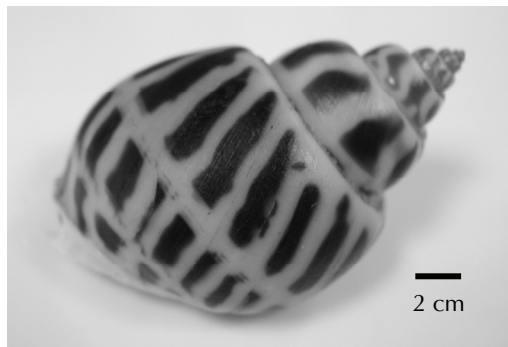


Fig. 1 An adult *Babylonia areolata* with a shell height of 11 cm.

外形雅麗且肉質鮮美，是海鮮餐廳之佳餚，目前價格約 400 ~ 450 元/公斤之間。鳳螺殼面光澤亮麗，亦可作為裝飾品及工藝材料。

鳳螺在華人市場，具有相當高的消費量，其中亞洲地區每年至少有 5,000 ~ 6,000 mt 的需求量 (黃, 2003)。近年來由於台灣海域鳳螺的過度捕撈，目前已供不應求，因此遂有加強繁養殖研究之必要。目前有關鳳螺研究資料僅發現有鳳螺人工繁殖初步試驗 (李, 1979)、鳳螺繁養殖可能性之研究 (王, 1980)、鳳螺的繁殖技術改進和生理生態試驗 (鄭與丁, 1981)、幼生密度對台灣鳳螺浮游幼生變態及底棲幼體成長之影響 (謝, 1997)、鳳螺人工養殖 (黃, 2003)、台灣鳳螺的繁殖行為及生殖系統的觀察 (邱, 1992)、象牙鳳螺之潛沙行為 (曾, 2004) 及象牙鳳螺之產卵及幼生培育試驗 (Chaitanawisuti and Kritsanapuntu, 1999) 等的研究，但關於產卵之底質探討及幼苗胚胎發育則論述不多，因此本研究乃針對象牙鳳螺產卵時的不同底質及幼苗胚胎發育各期階段之特徵進行較深入探討。並以四種不同底質進行產卵試驗，探求種螺產卵之最適底質，做為量產之基礎研究，亦可提供放流復育選擇底質之參考。

材料與方法

一、種螺

種螺採自澎湖目斗嶼北方海域，係漁船利用籠具捕獲之天然鳳螺。分批隨機購買種螺 350 個，螺重 68 ~ 146 g 間，蓄養於 250 L 之方型 FRP 桶中，底層鋪細砂，利用流水並打氣蓄養觀察。並篩選螺寬平均在 47.32 ~ 47.84 mm 之間，螺重 86.72 ~ 89.61 g 之 60 個雌螺及 60 個雄螺，再利用隨機抽樣法，分成四組三重複，每槽蓄養 5 個雌螺及 5 個雄螺，試驗前記錄各組種螺之螺高、螺寬、及螺重及性比資料詳如 Table 1，經單因子變異數分析檢測結果，各組間樣品的大小及重量均無顯著差異 ($p > 0.05$)。

二、種螺鑑別

每月解剖 15 個種螺，觀察其生殖腺發育情況。當雌螺及雄螺生殖腺飽滿平均重量 2 g 以上，GSI 值平均 6 以上，達到個體成熟之產卵前，首先將種螺雌雄分開，雄螺右側觸角後方有突出半橢圓形之陰莖；雌螺腹足下方前端中央有一足卵鞘腺。

三、不同產卵基質之鋪設

(一) 細砂組

產卵槽為 250 L 之方型 FRP 桶，採底部進水，並在底部注水塑膠管中間打洞用以平均注水。塑膠管上放置隔板再鋪上 30 目紗窗網，紗窗網上層再鋪上 15 cm 厚細砂，細砂粒直徑平均為 1.21 mm。

(二) 細砂混合碎珊瑚組

鋪設方式與細砂組相同，上層鋪設一半細砂一半碎珊瑚，並均勻混合，碎珊瑚粒度平均長徑 17.48 mm，短徑 6.76 mm。鳳螺產卵時會將卵鞘黏在基質上，探求碎珊瑚是否會影響種螺產卵行為。

(三) 碎珊瑚組

鋪設方式與細砂組相同，但全部鋪設粒度較粗之碎珊瑚平均長徑 17.48 mm，短徑 6.76 mm 之大小作為產卵底質。

(四) 裸缸組

產卵槽為 250 L 的方型 FRP 桶，由底部進水，上層排水，桶內並無鋪設任何的物質當作為試驗對照組。

上述每槽打氣量約 1.2 L/min，各槽流量控制在 8.5 L/min，注水量每日 1.2 ton。試驗期間每天下午投餵下雜魚或蝦肉 1 次，翌日早上測定水質並進行卵鞘數估算。

四、卵鞘數及孵化率估算

每日觀察各槽種螺產卵情形，當產卵結束後將每槽所產之卵鞘數估算並移置有孔之塑膠籃中，再將塑膠籃放進 2 ton 水槽中孵化，流量控制在 8 L/min，打氣量約 1.5 L/min，幼生孵化後即將塑膠籃及卵鞘移出，以孵化槽繼續做為幼生培育槽。量測卵數及卵徑時則將卵鞘剪開，取出受精卵置於載玻片上，利用萬能投影機放大 50 倍，可求出每個卵鞘內所含受精卵數，並採 100 個受精卵量測其卵徑求其平均值。為易於評估各組之孵化活存率另每組隨機採 5 枚卵鞘，每一枚卵鞘分置於 500 cc 燒杯中孵化。孵化過程中不打氣但每天換水。待幼生在燒杯中由卵鞘孵出後，利用萬能投影機估算幼生孵化活存率。另外每組採樣 30 枚卵鞘進行卵鞘長、卵鞘寬、柄長及卵數量測，探討各組間是否有差異。

五、胚胎發育觀察與記錄

發現母螺產卵後，立即將卵鞘取出，置於 1,000 cc 燒杯中，不打氣，每天換水並記錄水溫。觀察時將卵鞘剪一小缺口，吸管取出受精卵，利用解剖顯微鏡觀察並拍照，詳細記錄胚胎及幼生發育情形。

六、統計分析

實驗數據先以 SAS 套裝軟體進行單因子變異分析 (one-way ANOVA)，達到顯著水準後，再以鄧肯氏 (Duncan) 多變域分析進行差異性比較，以 $p < 0.05$ 為顯著水準。

結 果

一、種螺鑑別

象牙鳳螺性別從生殖腺外觀即可加以分辨 (Fig. 2)，生殖腺位於軟體部末端，覆蓋在整個消化腺表面，螺旋盤踞於上方 4 個螺層。雄螺內臟之軟體部可看到肝臟及淺黃色精巢，在白色的螺軸肌 (columellar muscle) 下可以看見外套膜形成的輸精管 (vas deferens)，輸精管再連接位於右側觸角後方的陰莖，陰莖外觀是一個無鞘可伸縮的肌肉管狀凸起物，形狀半橢圓形。雌螺內臟之軟體部可看到肝臟及咖啡色卵巢，輸卵管則接到外套膜腺 (pallial gland) 的基部，外套膜腺內含卵白腺 (albumen gland) 以及卵鞘腺 (capsule gland)，外套膜腺的後上方有黑褐的化精腺 (sperm ingesting gland)，末端鄰近肛門開口為交接囊，生殖孔則位於腹足下方外套膜右側邊緣。

二、不同底質對於產卵數量之影響

不同底質之產卵試驗結果如 Table 2 所示，細砂組之總產卵鞘數為 6,749 個，每槽平均為 $2,249 \pm 851$ 個，平均單一雌螺可產下 450 個卵鞘，單一卵鞘平均受精卵數為 $1,012 \pm 209$ 個，故單一雌螺平均產卵數約在 45.5 萬粒，孵化率 95.8%；細砂混合碎珊瑚組之總產卵鞘數為 5,354 個，每槽平均 $1,784 \pm 512$ 個，單一雌螺平均可產 356 個卵鞘，單一卵鞘平均受精卵數 $1,037 \pm 198$ 個，故單一雌螺平均產卵數約 37 萬粒，孵化率 94.9%；碎珊瑚組總產卵鞘數為 6,099 個，每槽平均 $2,033 \pm 180$ 個，單一雌螺平均可產 406 個卵鞘，單一卵鞘平均受精卵數 $1,056 \pm 156$ 個，所以單一個體平均產卵數約 42.9 萬粒，孵化率 92.3%；裸缸組之總產卵數僅為 521 個卵鞘，每槽平均 173 ± 156 個，單一雌螺平均可產 34 個卵鞘，單一卵鞘平均受精卵

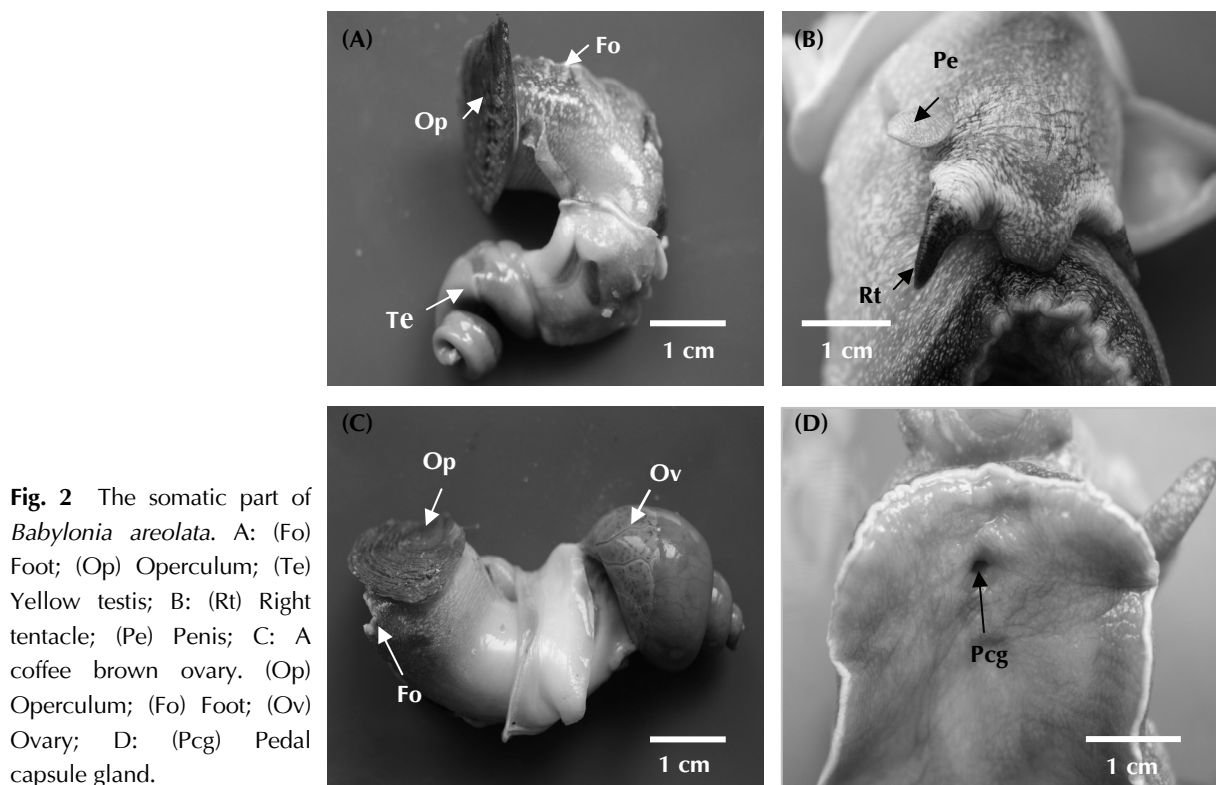


Fig. 2 The somatic part of *Babylonisa areolata*. A: (Fo) Foot; (Op) Operculum; (Te) Yellow testis; B: (Rt) Right tentacle; (Pe) Penis; C: A coffee brown ovary. (Op) Operculum; (Fo) Foot; (Ov) Ovary; D: (Pcg) Pedal capsule gland.

Table 2 Effects of different substrata on the spawning of *Babylonisa areolata*

Treatments	Capsules / Tank	Capsules / Female	Eggs / Capsules	Eggs / Female (*10 ⁴)	Hatching rate ⁴ (%)
Sand	2249 ± 851 ^{a3}	450 ^a	1012 ± 209 ^a	45.5 ^a	95.8 ± 1.5
S+FC ¹	1784 ± 521 ^a	356 ^a	1037 ± 198 ^a	37.0 ^a	94.9 ± 2.2
FC ²	2033 ± 180 ^a	406 ^a	1056 ± 156 ^a	42.9 ^a	92.3 ± 2.2
Control	173 ± 156 ^b	34 ^b	1048 ± 168 ^a	3.60 ^b	91.5 ± 3.9

¹S+FC: Sand+ Fragmental coral; ²FC: Fragmental coral; ³Values within each column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$); ⁴Hatching rate: No. of eggs survived at veliger stage / No. of fertilized eggs.

數 $1,048 \pm 168$ 個，故單一雌螺平均產卵數約 3.6 萬粒，孵化率 91.5 %。

以上四種不同底質產卵試驗結果，在單一雌螺平均產卵數方面，細砂組 (450 個)、細砂混合碎珊瑚組 (356 個)、碎珊瑚組 (406 個) 等 3 組間，無顯著差異，但與裸缸組 (34 個) 間產卵數，則皆有顯著差異 ($p < 0.05$)。

三、不同底質，其產卵月別變化

象牙鳳螺在不同底質之月別變化如 Table 3 所示。整體而言，在月別方面，以 7 月份產 473 個

卵鞘最多，6 月份產 375 個次之，接著為 8 月份 343 個，再接著為 5 月份之 302 個。以上四個月份間無顯著差異，但 4 月份僅產 64 個最少，此與 5、6、7、8 月份則有顯著差異 ($p < 0.05$)。

本試驗種螺在 4 月份平均水溫 24.4 °C 時開始產卵，此時細砂組產出 121 個卵鞘最多，碎珊瑚 68 個次之，接著為細砂混合珊瑚 52 個，裸缸組 15 個最少，四組間經檢定無顯著差異；5 月份平均水溫上升至 25.3 °C，產卵數則以碎珊瑚 505 個卵鞘最多，細砂組 365 個次之，接著為細砂混合碎珊瑚組 280 個，而裸缸組 58 個為最少，經檢定後者與碎珊瑚組間有顯著差異；在 6 月份產卵方

Table 3 Monthly changes in numbers of egg capsules released by *Babylonia areolata* with different substrata

Treatments	April	May	June	July	August	Means
Sand	121 ± 140 ^{a3}	365 ± 161 ^{ab}	553 ± 140 ^{ab}	759 ± 575 ^a	438 ± 69 ^a	447 ± 323 ^{x2}
S + FC ¹	52 ± 19 ^a	280 ± 170 ^{ab}	289 ± 253 ^{bc}	659 ± 62 ^a	503 ± 170 ^a	356 ± 253 ^x
FC ²	68 ± 50 ^a	505 ± 228 ^a	650 ± 131 ^a	442 ± 60 ^{ab}	368 ± 122 ^a	406 ± 230 ^x
Control	15 ± 27 ^a	58 ± 88 ^b	5 ± 9 ^c	33 ± 30 ^b	62 ± 63 ^b	34 ± 49 ^y
Means	64 ± 76 ^b	302 ± 222 ^a	375 ± 295 ^a	473 ± 382 ^a	343 ± 20 ^a	
Temperature (°C)	24.4 ± 0.4	25.3 ± 0.8	26.8 ± 0.5	27.6 ± 0.6	27.9 ± 0.7	

¹S+FC: Sand+ Fragmental Coral; ²FC: Fragmental Coral³Values within each column with different superscripts are significantly different in capsules ($p < 0.05$)**Table 4** Length, width and stalk length of egg capsule and eggs per capsule in different substrata

Treatments	Capsule length (mm)	Capsule width (mm)	Stalk length (mm)	Eggs / capsule
Sand	24.58 ± 1.00	11.97 ± 1.58	14.18 ± 1.47	1012 ± 209
S + FC ¹	24.40 ± 1.04	12.09 ± 1.52	14.16 ± 1.56	1037 ± 199
FC ²	24.61 ± 0.94	11.66 ± 1.51	13.81 ± 1.15	1056 ± 157
Control	24.15 ± 1.10	11.63 ± 1.65	13.65 ± 1.48	1048 ± 168

¹S+FC: Sand+ Fragmental Coral; ²FC: Fragmental Coral

面，平均水溫 26.8 °C，碎珊瑚組 650 個卵鞘最多，細砂組 553 個次之，接著為細砂混合碎珊瑚組 289 個，裸缸組僅 5 個為最少，且與碎珊瑚及細砂組皆有差異，而與細砂混合碎珊瑚組間則無差異；7 月份水溫上升至 27.6 °C，四組產卵量以細砂組 759 個卵鞘最多，細砂混合碎珊瑚組 659 個次之，接著為碎珊瑚組 442 個，裸缸組 33 個仍為最少且與細砂組及細砂混合碎珊瑚組皆有差異，但是與碎珊瑚組間無差異；8 月份平均水溫為 27.9 °C，此時以細砂混合碎珊瑚組 503 個卵鞘最多，細砂組 438 個次之，接著為碎珊瑚組 368 個，以上三組間皆無差異，但與裸缸組 62 個則有顯著差異。

四、卵數估算及卵徑測定

象牙鳳螺卵鞘呈葵花子片狀如 Fig. 3，平均長為 24.5 ± 1.01 mm (19.5 ~ 26.5 mm)，寬為 12.09 ± 1.52 mm (10.5 ~ 14.5 mm)。卵鞘內充滿黏液，受精卵則平均分佈其中，每個卵鞘內所含之卵數依卵

鞘大小而異，平均為 1,012 ± 209 個 (650 ~ 1,550)。本次四組實驗，平均卵數與卵鞘長、卵鞘寬及柄長，經單因子變異數分析檢測，發現各組間沒有顯著差異 ($p > 0.05$)。卵鞘長、卵鞘寬、柄長及卵鞘內之含卵數，亦不受產卵之底質不同而影響，詳如 Table 4。

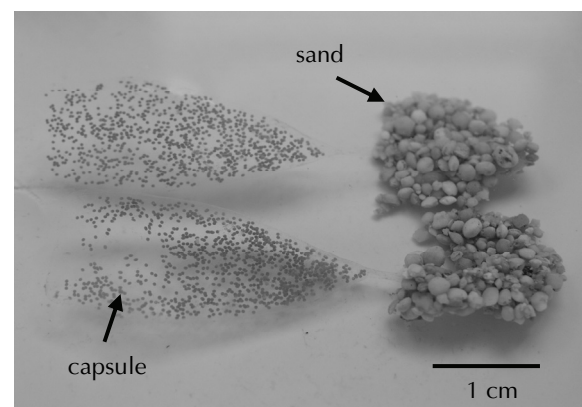
**Fig. 3** Capsules of *Babylonia areolata*.

Table 5 Embryonic and larval development of *Babylonia areolata* at water temperature of 27-27.5 °C

Stages and size	Time after fertilization
Fertilized egg ($300 \pm 14.5 \mu\text{m}$ in size)	30 mins
First polar body appeared	1 hr 20 mins
Second polar body appeared	1 hr 50 mins
2-cell stage	2 hrs 10 mins
4-cell stage	3 hrs 35 mins
8-cell stage	7 hrs 20 mins
Blastula	24 hrs
Gastrula	29 hrs
Appearance of prototrochal cilia	54 hrs
Hatching (beginning of the trochophore stage , $320 \times 280 \mu\text{m}$ in size)	70 hrs
Formation of larval shell and proleg bulge	76 hrs 20 mins
Appearance of vesicle	80 hrs
Black eye-spot and proleg cilia appeared	98 hrs
Beginning of heartbeat	105 hrs
Embryo and velum were well developed	120 hrs
The first antenna appeared	142 hrs
Hatching (beginning of the veliger stage)	144 hrs 10 mins
Formation of the second whorl	192 hrs
The velum and cilia became wider	264 hrs
Metamorphosis and settlement, loss of swimming cilia and initiation of creeping ($520 \times 390 \mu\text{m}$ in size)	312 hrs

五、受精卵與胚胎發育

卵鞘內受精卵被透明之卵鞘液所包覆，受精卵為黃褐色圓形分離沉性卵，平均卵徑 $300 \mu\text{m}$ ，其胚胎發育、幼生發育及沉底變態過程詳如 Table 5 及 Fig. 4。在水溫 27.4°C 的環境下，受精卵約 1 hr 20 mins 第一極體形成；1 hr 50 mins 第二極體形成；約 2 hrs 後兩極體同時放出；2 hrs 10 mins 第一次細胞分裂，依卵軸縱向對等分裂成二細胞；3 hrs 10 mins 開始四細胞分裂，上方細胞逆時鐘方向旋轉，3 hrs 35 mins 完成四細胞分裂；5 hrs 35 mins 開始第 3 次細胞分裂；7 hrs 20 mins 橫向分裂成八細胞，至此仍無法看出動物極；9 hrs 10 mins 第四次細胞分裂開始；24 hrs 後胚體呈橢圓形而前端稍凸出，可見一層透明薄膜，此刻細胞小且密為囊胚期 (blastula)；29 hrs 後胚體前端出現黑色素細

胞且凸出漸平緩為原腸期 (gastrula)；受精後 54 hrs 胚體拉長，開始由左向右旋轉，同時卵鞘內黏液變少且胚體明顯分散，胚體口前纖毛環 (prototrochal girdle) 形成；70 hrs 時外層幼殼分泌開始，面盤出現，此時為擔輪子期 (trochophore stage)；72 hrs 胚體明顯變大，兩面盤纖毛環完成；76 hrs 胚體足塊隆起腹足開始成長，幼殼完全成形；胚胎發育至 80 hrs 平衡胞出現；98 hrs 黑色眼點及腹足前剛毛出現；105 hrs 心臟開始跳動；120 hrs 幼生胚體及面盤發育更完整，轉動趨激烈；142 hrs 第一觸角出現；144 hrs 10 mins 口蓋形成，幼生從卵鞘瓶形圓頭前端破裂慢慢孵出，靠著面盤纖毛於水中浮游運動，此時為覆面子期 (veliger stage)。

孵出第一天開始投餵扁藻及角毛藻，幼生浮游期間靠纖毛濾食，第五天幼生形成第二層螺

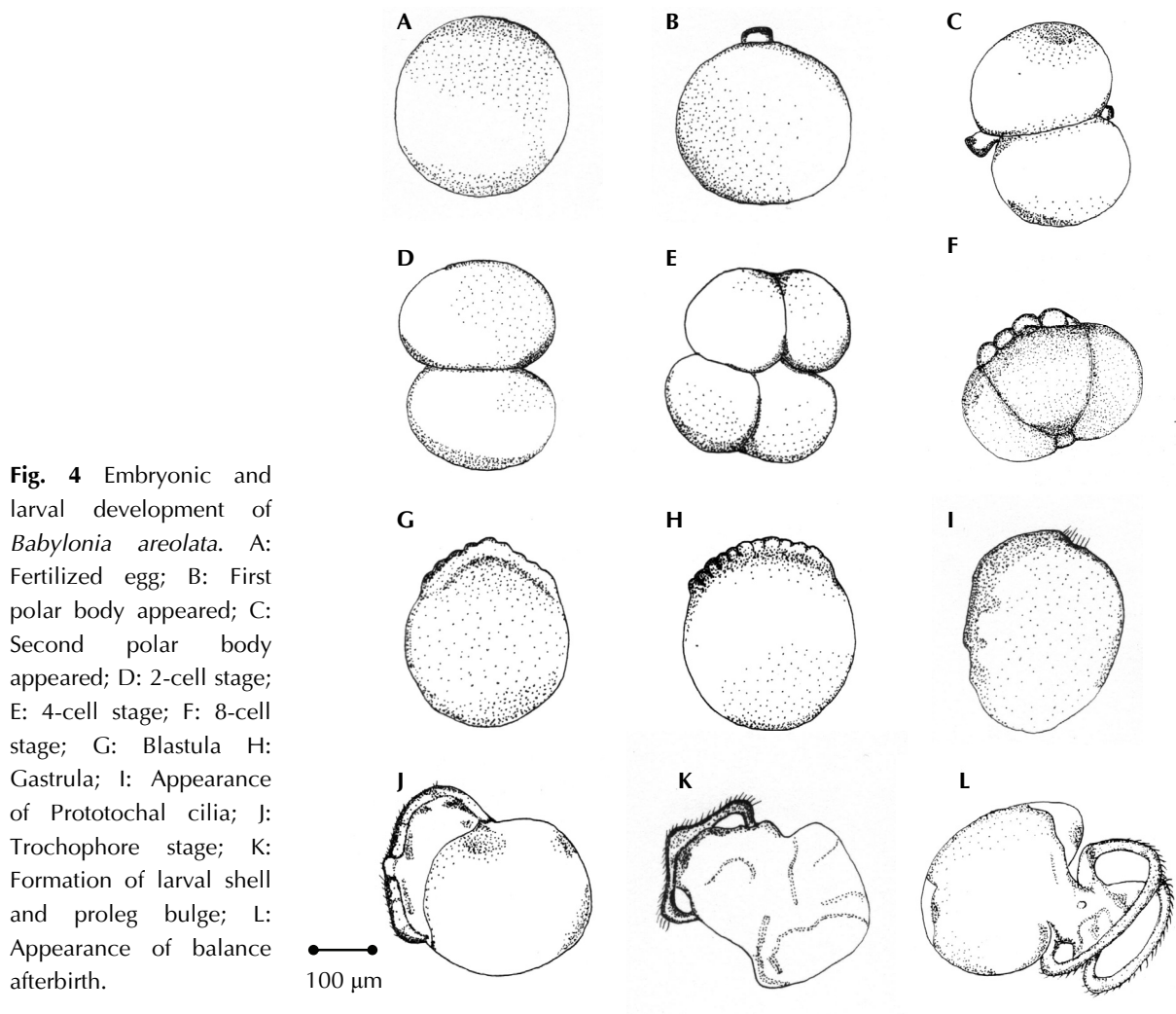


Fig. 4 Embryonic and larval development of *Babylonia areolata*. A: Fertilized egg; B: First polar body appeared; C: Second polar body appeared; D: 2-cell stage; E: 4-cell stage; F: 8-cell stage; G: Blastula; H: Gastrula; I: Appearance of Protochal cilia; J: Trochophore stage; K: Formation of larval shell and proleg bulge; L: Appearance of balance after birth.

塔，面盤纖毛變大，第七天第二層螺塔明顯，殼紋出現，面盤纖毛萎縮，第八天沉底變態成匍匐幼生。

討 論

本研究自 2005 年 4 月 18 日至 9 月底止，進行不同底質產卵試驗，結果顯示細砂組、碎珊瑚組與細砂混合碎珊瑚組之底質對於產卵均有顯著效果，但與裸缸組間則有顯著差異 ($p < 0.05$)。推斷其原因應為象牙鳳螺產卵時會分泌黏液，而細砂組會先將細砂黏著成大小約 2 cm 之顆粒，再將卵柄固著於細砂上，利於卵鞘固定及孵化，碎珊瑚組則直接將卵柄黏著於乾淨碎珊瑚上，並無選擇固定大小之碎珊瑚而產卵，細砂混合碎珊瑚組兩種不同介質都有利於卵鞘固定，造成三組間產

卵數無顯著差異，象牙鳳螺一般生態習性平時潛伏在砂層中，只有在攝餌及交配產卵時才爬出砂層中，砂層或碎珊瑚也可提供棲息隱蔽性形成較佳的產卵環境能誘發產卵，因此可提供種螺產卵及放流選擇底質之參考。鄭與丁 (1981) 在台灣鳳螺的繁殖技術改進和生理生態試驗報告中指出，鳳螺有喜歡棲息在陰暗及砂質的環境中，同時顯示鳳螺產卵時會選擇適當之陰暗隱蔽的固著物及乾淨細砂底質之場所產卵，此本試驗結果以細砂組所產卵鞘數最多可得證明。

Boolootian *et al.* (1962) 將鮑螺生殖期分為三型，即全年產卵型、冬季產卵型 (秋末到春初) 和夏季產卵型 (春末到秋初)。象牙鳳螺產卵期從 4 中旬至 8 月下旬，產卵期長達 4 個月，為分批多次產卵種類，故屬夏季產卵型 (春末到秋初)。

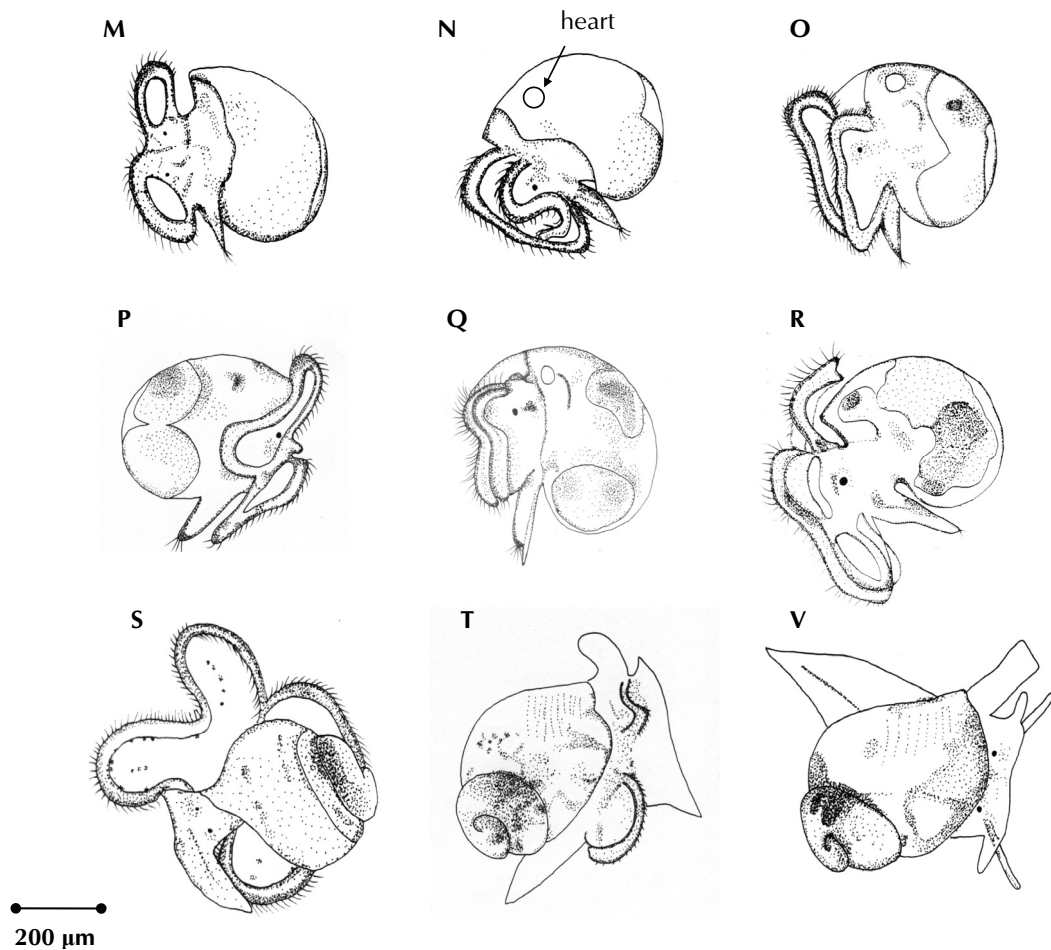


Fig. 4 (continued) M: Black eye-spot and proleg cilia appeared; N: Beginning of heartbeat; O: Embryo and velum were well developed; P: The first antenna appeared; Q: Hatching; R: The next day of hatching; S: Formation of second whorl; T: The velum and cilia more develop; V: Metamorphosis and settlement, loss of swimming cilia and initiation of creeping.

網尾 (1963) 依四季整理腹足類的產卵期，得知原始腹足目、中腹足目及新腹足目種類的產卵期均集中於夏季。本研究象牙鳳螺屬新腹足目，產卵高峰期在夏季的 6~7 月屬夏季產卵型。而李 (1979) 針對台灣鳳螺之產卵生態試驗報告中指出，其成熟產卵季節在 9 月以前開始，最長可延至翌年 3 月，其中以 11 月左右為盛期，應屬於冬季產卵型，故由上可見同屬之台灣鳳螺與象牙鳳螺成熟期與產卵期存在相當程度的差異。

許多的文獻顯示，溫度的上升對許多螺貝類均有誘發產卵的效果 (Takashi, 1952; Ai *et al.*, 1965; Toba and Miyama, 1992; Gapasin *et al.*, 2002)。本研究發現，水溫 24 °C 以上象牙鳳螺開始有產卵情形，4~7 月有隨著溫度上升 (24.4~27.6 °C) 產卵

鞘數有亦明顯增加現象，但至 8 月水溫上升至 27.9 °C，而三組處理組產卵鞘數已有下降趨勢，推測已快接近產卵末期 8 月底，種螺所孕的卵也都產出來；對照組卵鞘數稍有增加，推測原因為前 4 個月產卵較少加上不適合的產卵環境，故有延遲產卵現象。由本研究得知水溫介於 26.5~27.5 °C 間為象牙鳳螺最適產卵溫度。菊地與浮 (1974a, b, c) 針對 *H. discus hannai* 的研究指出，生殖腺發育成熟和有效積溫成正比，有效積溫越高，生殖腺越成熟，誘發產卵率越高。據王 (1980) 於不同溫度與產卵的試驗結果指出，冬季給予溫度上升的刺激也會有產出卵鞘的現象，因此推論水溫高低確實會影響鳳螺的產卵行為。

腹足類的生殖為有性生殖，可分為雌雄同體

型 (monoecious type) 及雌雄異體型 (dioecious type) 2 種型式。前鰓亞綱屬於雌雄異體型，後鰓亞綱及有肺亞綱則大部份為雄性先熟之雌雄同體型，(隆島與羽生, 1989)。本研究從產卵行為觀察及外觀之特徵，即可分辨雌雄，雌螺在腹足下方外套膜右側邊緣有生殖孔，雄螺在右側觸角後方有陰莖，尚未發現有雌雄同體者。邱 (1992) 在針對台灣鳳螺的繁殖行為及生殖系統的觀察報告中指出，新腹足目種類多為雌雄異體，且行體內受精。具體而言，象牙鳳螺屬雌雄異體，行體內受精。

由本試驗得知象牙鳳螺每次約產下 50 個卵鞘，每隻雌螺於生殖季節最多可產下 450 個卵鞘，每個卵鞘內平均卵數為 1,032 個，因此估計每個雌螺可產下 45 萬個受精卵。Chaitanawisuti and Kritsanapuntu (1999) 在象牙鳳螺產卵及幼生培育試驗中指出，象牙鳳螺每次產卵 47 個卵鞘，每個卵鞘平均卵數 851 個，此與本研究試驗結果有些許差異，其原因可能因地理環境的不同及樣本種螺大小不同有關。邱 (1992) 在台灣鳳螺的繁殖行為觀察報告中也指出，每次產出卵鞘數 10~40 個之間，每個卵鞘內約有 7~45 個圓形的黃色卵粒，又王 (1980) 試驗也指出台灣鳳螺產卵鞘數為 3~60 個不等，含卵量在 18.4 ± 3.8 個，此比同屬的象牙鳳螺產卵量可以說少很多。

無脊椎動物具有複雜的幼生型態與生活方式，依營養方式可分為卵營性 (lecithotrophic) 與植營性 (planktonotrophic) (謝, 1997)。所謂植營性幼生，即浮游幼生在浮游時期以水中之浮游性藻類為食；而卵營性幼生，則於浮游時期以本身所攜帶的卵黃為食，直到幼生著苗變態成幼體 (Highsmith and Emlat, 1986)。象牙鳳螺所產卵鞘中受精卵小且量多，孵化後之覆面子幼生即會攝食微細藻類，故應屬植營性幼生。象牙鳳螺卵自受精後經二分裂、四分裂、八分裂、十六分裂、多分裂、囊胚期、原腸期、擔輪子期及覆面子期，浮游期、匍匐幼生期，此與前鰓亞綱中之高腰螺 (張, 2003) 及銀塔鐘螺 (林, 2004) 的幼生胚胎發育過程極為類似。當水溫 27.4°C ，受精卵發育至浮游期約六天，之後從卵鞘中孵出，孵化後第八天可沉底變態。李 (1979) 在台灣鳳螺受精卵之發育及孵化觀察研究中指出，在水溫 $25 \sim 27^{\circ}\text{C}$ 環

境下，其受精卵卵徑約 $0.52 \sim 0.57 \text{ mm}$ ，8 日才成擔輪子，比象牙鳳螺所需時間長；16 日具有伸縮扭轉之運動為覆面子，至 21 日孵化出成浮游幼生，一般數小時內即能營附著生活，屬卵營性幼生。而象牙鳳螺屬植營性幼生，其卵徑 0.30 mm 較小，所需孵化時間需 6 天較台灣鳳螺短，並經 8 天浮游幼生 (覆面子) 變態成附著性仔螺，變態成仔螺也較台灣鳳螺為短。由於象牙鳳螺具有產卵期長卵鞘數多、體型大及經濟價值高等諸多優點，故非常適合做為從事養殖量產的對象種類。本研究針對象牙鳳螺之不同底質產卵及胚胎發育作一系列研究探討，祈望所得結果能提供未來種苗培育及生產利用的參考。

參考文獻

- 王麗莉 (1980) 鳳螺繁殖與養殖可能性研究. 臺灣省水產試驗所試驗報告, 32: 607-615.
- 李益容 (1979) 鳳螺人工繁殖初步試驗. 台灣水產試驗所試驗報告, 31: 473-482.
- 巫文隆 (2003) 台灣貝類目錄Ⅰ-腹足綱-原始腹足目. 行政院農業委員會, 94 pp.
- 邱郁文 (1991) 腹足前鰓亞綱的攝食. 臺灣博物, 35: 28-35.
- 邱郁文 (1992) 台灣鳳螺的繁殖行為及生殖系統的觀察. 貝類學報, 16: 47-56.
- 林金榮 (2004) 銀塔鐘螺 *Tectus pyramis* 人工繁殖之基礎研究. 國立台灣海洋大學環境生物與漁業科學學系, 碩士論文, 26-32.
- 黃貴民 (2003) 鳳螺人工繁養殖. 水產種苗, 71: 1-10.
- 張國亮 (2003) 澎湖海域高腰螺 *Turbo stenogyrus* 生殖研究. 國立台灣海洋大學環境生物與漁業科學學系, 碩士論文, 12-30.
- 曾金聰 (2004) 象牙鳳螺 *Babylonia areolata* 潛沙行為. 國立海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 20 pp.
- 菊地省吾, 浮永久 (1974a) アワビ屬の採卵技術に關する研究-第1報: エゾアワビ *Halotis discus hannai* Ino の性成熟と溫度との關係. 東北水研研究報告, 33: 69-78.
- 菊地省吾, 浮永久 (1974b) アワビ屬の採卵技術に關する研究-第2報: 紫外線照射海水の產卵誘發效果. 東北水研研究報告, 33: 79-86.
- 菊地省吾, 浮永久 (1974c) アワビ屬の採卵技術に關する研究-第5報: クロアワビ *Halotis discus Reeve* の性成熟と溫度との關係. 東北水研研究報告, 34: 77-85.

- 隆島史夫, 羽生功 (1989) 腹足類の成熟, 發生, 成長とその水産繁殖學. 綠書房, 367-417.
- 網尾勝 (1963) 海産腹足類の比較發生學並びに生態學的研究. 水大校研究報告, 12 (2,3): 15-144.
- 鄭新鴻, 丁雲源 (1981) 鳳螺技術改進和生理生態試驗. 台灣省水産試驗所試驗報告, 33: 677-685.
- 謝恆毅 (1997) 幼生密度對台灣鳳螺 *Babylonia formosae* 浮游幼生變態及底棲幼生成長的影響. 國立中山大學海洋生物研究所碩士論文, 1-4.
- 藍子樵 (1990) 食用貝類. 臺灣省立博物館印行, 23 pp.
- 藍子樵 (1996) 鳳螺的寶庫在台灣. 貝友, 22: 9-13。
- Ai, T. (1965) Spawning and early development of the top shell *Turbo cornutus* Solander -II. Induction of spawning and larval development. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 3(2): 105-111.
- Booolootian, R. A., A. Farmanfarman and A. C. Giese (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. Biol. Bull., 122(2): 183-193.
- Chaitanawisuti, N. and A. Kritsanapuntu (1999) Effects of different feeding regimes on growth, survival and feed conversion of hatchery-reared juveniles of the gastropod mollusk spotted babylon *Babylonia areolata* Link (1807) in flow-through culture systems. Aqua. Res., 30: 589-593.
- Gapasin, R. S. J., W. G. Gallardo and B. Polohan (2002) Successful induced spawning of the top shell, *Trochus niloticus*, at SEAFDEC/AQD, Philippines. SPC Trochus Info. Bull., 9: 14 pp.
- Highsmith, R. C. and R. B. Emlet (1986) Delayed metamorphosis effects on growth and survival of juvenile sand dollar (Echinoderm: Clypeasteroidea). Bull. Mar. Sci., 39: 347-361.
- Link, H. F. (1807) (Neogastropoda, Buccinidae). J. Shellfish Res., 16: 429-433.
- Takashi, I. (1952) Embryological studies. Biological studies on the propagation of Japanese abalone (Genus *Haliotis*). Bull. Tokai Region. Fish. Res. Lab., 5: 4-24.
- Toba, M. and Y. Miyama (1992) Comparison of the effects of several treatments for spawning induction in Manila clam *Ruditapes philippinarum*. Suisanzoshoku, 40(3): 303-311.

Spawning of Spotted Babylon (*Babylonia aerolata*) and Its Embryonic and Larval Development

Tung-Pen Chen^{*}, Ting-Shih Huang and Wann-Sheng Tsai

Penghu Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The spotted babylon (*Babylonia aerolata*) is one of the highest value marine gastropods in Taiwan. In recent years, the heavy exploitation of spotted babylon has resulted in a rapid decrease in its natural resources. Therefore, in order to develop a technique for mass seed production, four treatments of different substrata including sand, sand with fragmental coral, fragmental coral and control groups were designed to evaluate the efforts on the spawning of this species. The results showed that there were no significant difference among the three-experimental groups. However, they were significantly more effective than in the control group.

The fertilized eggs, enveloped in sun-flower-seed-shape capsule, were granular, spherical, yellowish-brown and demersal, with a mean diameter of $300 \pm 14.5\mu\text{m}$. The formation of the first polar body occurred about 1 hr 20 mins after fertilization at the water temperature of 27.4°C . The 2-cell stage occurred at 2 hrs 10 mins, and the 4-cell stage occurred at 3 hrs 35 mins. At 9 hrs 10 mins, 8-cell stage formed, then blastula stage at 24 hrs, gastrula stage at 29 hrs. Prototrochal cilia appeared at 54 hrs and the trochophore stage developed at 70 hrs. Vesicle appeared at 80 hrs, black eye-spot and proleg cilia appeared at 89 hrs. Heartbeat began at 105 hrs, the first antenna appeared at 142 hrs, and larvae hatched out from the capsules as veliger stage at 144 hrs 10 mins.

Key words: *Babylonia aerolata*, substrata, spawning, embryonic development, larval development

^{*}Correspondence: 266 Village Shieh-Li, Makong, Penghu 880, Taiwan. TEL: (06) 9953-416; FAX: (06) 9953-058;
E-mail: Chentungpen@mail.ph.tfrin.gov.tw