

藍刻齒雀鯛之人工繁殖

鄭明忠¹ · 何源興^{1*} · 江玉瑛¹ · 施勝中¹ · 陳文義¹ · 張文炳^{2,3}

¹行政院農委會水產試驗所東部海洋生物研究中心

²國立海洋生物博物館

³國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所

摘 要

本論文之目的是研究在藍刻齒雀鯛 (Blue devil, *Chrysiptera cyanea*) 之人工繁殖技術，以應觀賞魚產業之需求。研究發現，藍刻齒雀鯛受精卵呈淡白色至淡黃色，為長橢圓形、分離之沉性黏著卵，受精卵之平均長徑為 1.19 ± 0.03 mm (平均長 $\pm$ 標準偏差)；短徑為 0.60 ± 0.01 mm；卵黃長徑為 0.61 ± 0.05 mm，內有許多油球，油球徑 $0.02 \sim 0.18$ mm。仔魚孵化全長為 2.80 ± 0.2 mm。親魚會有護卵行為，主要是由雄魚擔任。在水溫 25 ± 1 °C 時，約 102 小時後開始孵化。初期餌料生物為纖毛蟲、輪蟲及橈腳類，並添加微藻來穩定水質及滋養輪蟲，同時餌料生物之提供應該注意各個餌料必須重疊使用。

受精卵在不同鹽度下之孵化率有顯著差異 ($p < 0.05$)，以鹽度 20 psu 之孵化率達 97.5% 為最高，而 0 及 5 psu 組之受精卵沒有孵化。胚胎孵化後之畸形率與鹽度成負相關變化，鹽度在 10 psu 畸形率為 12.5%，32 psu 則未發現有畸形之仔魚。

關鍵詞：藍刻齒雀鯛、生殖行為、初期發育、育苗

前 言

體型長的像鯛科魚類，但宛如麻雀般嬌小，體色亮麗多彩，加上一張小嘴，這就是雀鯛科魚類 (邵等, 2004)。雀鯛科魚類為典型的岩礁或珊瑚礁小型魚種，主要分佈於全世界熱帶暖水域中，是珊瑚礁中數量最龐大的魚類，全世界共有 4 亞科 28 屬 321 種 (Allen and Emery, 1985; Smith and Heemstra, 1986; Allen, 1991; Kuo and Shao, 1991; 沈, 1993; 邵等, 2004)，目前臺灣記錄到有 4 亞科 18 屬 102 種 (臺灣魚類資料庫, 2008)。

藍刻齒雀鯛 (Blue devil, *Chrysiptera cyanea*) (Randall et al., 1990) 俗名藍魔鬼，在分類學上屬雀鯛科 (Pomacentridae)，刻齒雀鯛屬 (*Chrysiptera*) 之魚種，主要分佈於熱帶太平洋海域，本省南部

較為罕見 (沈, 1993)。本種全身豔藍，頭部有細點所綴成的黑線，各鰭顏色較淡，棲息水域較淺，獨居或小群以浮游動物或甲殼類為食 (邵等, 1992)。藍刻齒雀鯛為中小型的熱帶珊瑚礁性觀賞魚類，並具有雜食、活潑、強壯及小型水槽飼育容易等優點，是深具市場潛力之海水觀賞魚品種 (龜井, 1989)。根據全球水族資料庫 (GMAD) 1997 至 2002 年資料庫之數據顯示，全球海水觀賞魚貿易中藍刻齒雀鯛交易數量排名第二，僅次於眼斑海葵魚 (楊等, 2005)，可見本種於海水觀賞魚市場之重要性。

目前觀賞魚之價值遠高過於食用魚 (Tarlochan, 2003)，一般而言，二者售價又約相差近百倍之遙。在需求量大之情況下，有近 95% 之海水魚觀賞魚是野外捕捉，進而發生過漁及高死亡率的問題，導致部份輸出國珊瑚礁魚類之族群數量銳減。因此，透過人工繁殖的方式來生產種苗供應水族市場所需，以遏止對海洋生物資源的破壞，是目前資源保育當務之急。有鑑於此，本

*通訊作者 / 台東縣成功鎮五權路 22 號, TEL: (089) 850-090 轉 401; FAX: (089) 850-092; E-mail: yuanho18@yahoo.com.tw

所東部海洋生物研究中心了解雀鯛科魚類資源復育的迫切性及種苗大量生產相關資料與技術有待建立，因此本研究之目的為建立藍刻齒雀鯛繁殖量產技術，以提供相關技術給產業界，俾利發展觀賞魚繁殖相關事業。

材料與方法

一、種魚培育

藍刻齒雀鯛種魚購自坊間水族館，種魚數量為 300 尾，部份蓄養於室外 360 噸之水泥池中，並與灰刻齒雀鯛及黃雀等魚混養，池內放置 26 只具隱避性 PVC 短管 (4 英吋) 以引誘種魚至此產卵及方便進行採卵作業。部份種魚飼育於 400 L 壓力克力水族箱 (尺寸為 120 × 60 × 60 cm³；置入 4~5 個 2 英吋 PVC 短管)，並於水槽中加設控溫設備，並使用鹵素燈具照明，以自動定時器控制每日光照 10 小時，水面照度介於 4,500 ~ 6,000 Lux 間，水溫維持在 27 ± 1.5 °C，鹽度為 32 ~ 33 psu，每日餵食二次並交替新鮮蝦肉、魚肉及乾性粒狀配合飼料餵飼。種魚培育中若發現死亡情形，立即進行解剖及鏡檢，以了解魚致死原因，並記錄種魚性別、生殖腺發育情形及測量體重、全長等資料。雄魚、雌魚及未成熟魚體重與全長之關係，套用指數關係 (power relationship) 並以 Excel 統計軟體估算指數迴歸關係式，進而了解藍刻齒雀鯛雌雄全長與體重之關係。

二、親魚產卵及護卵

種魚於水族箱中產卵後，開始記錄並觀察親魚產卵之行為模式，包括雌雄魚清理產卵床、產卵、排精行為及護卵方式等並以數位照像器材拍攝記錄。

三、受精卵與胚胎發育

取出產於 PVC 管上之受精卵，利用軟性塑膠吸管切斷動物極之附著絲，並吸取卵粒至凹槽玻片上，汲水並蓋過受精卵，使用 20 倍投影顯微鏡，測量並記錄 30 粒受精卵之長短徑及卵黃徑。將有受精卵之 PVC 管或珊瑚石移出產卵

池，置入 5 L 量桶中，添加甲基藍 0.5 ppm 預防受精卵遭受黴菌感染，同時每日採集受精卵數粒，在光學顯微鏡下拍攝胚胎發育之過程，並同時記錄時間、水溫與胚胎發育之關係，直至受精卵孵化。

四、仔魚形態變化及育苗

將孵化後仔魚移入培育槽中進行育苗，育苗水溫以電子式加溫器控溫於 25 ~ 28 °C，鹽度為 32 ~ 33 psu，培育槽為 2 ton 之圓型 FRP 桶。仔魚餌料系列為纖毛蟲 (*Tetrahymena* spp.)、輪蟲 (*Brachionus plicatilis*)、橈腳類 (*Copepodid* spp.) 及人工配合飼料等。孵化仔魚之育苗池中添加自行培養之微藻，每日視水色濃度適量添加微藻讓透明度保持在 30 ~ 50 cm。定期以立體顯微鏡拍攝仔稚魚之鰭部、體態與體色等成長過程之外形變化。

五、鹽度對胚胎期胚胎發育之影響

受精後 4 hrs 之受精卵胚胎，以解剖刀具小心切斷位於動物極之附著絲，剔除死卵、破損卵及其他雜物後，以塑膠吸管吸取 30 粒健康受精卵分別置入鹽度為 2.5、5、10、15、20、25 及 30 psu 之 0.5 L 燒杯中，每一處理組四重複，水溫為 27 ± 1 °C，光照週期為 11 hrs 明 / 13 hrs 暗，各處理組皆不予以打氣，並記錄各組孵化率及畸形率。

六、統計分析

本實驗數據處理皆於計算其平均數與標準偏差 (Standard Error of Mean, SEM)，以 ANOVA - Duncan's multiple range test 進行統計分析，以 $p < 0.05$ 表示各組之平均數在統計上具顯著差異。

結 果

一、種魚培育

藍刻齒雀鯛未達性成熟體型時無法依其體色及外型特徵分辨雌雄，唯在產卵期間雄魚尾部末稍呈現深藍色之色澤，而雌魚則無，如 Fig. 1 所示，可依此判定性別，但偶而也發現不具深藍色尾鰭的雄魚。



Fig. 1 Breeders of *Chrysiptera cyanea*. Male (upper); female (lower).

Table 1 Summary data for sampling *Chrysiptera cyanea*

Items	Sexuality		
	Female	Male	Immature
Number	35	44	22
Weight (g)			
Mean	3.58 ± 1.20^a	3.53 ± 1.25^a	1.13 ± 1.15^b
Max	6.14	6.96	4.04
Min	1.77	1.91	0.25
Length (cm)			
Mean	5.52 ± 1.06^a	5.36 ± 0.89^a	3.54 ± 1.32^b
Max	7.45	7.24	5.64
Min	3.7	4.1	2.2

Means $\pm$ SD sharing the same superscript in the same row are not significantly different ($p > 0.05$).

試驗期間獲得的樣本數為 101 尾，解剖樣本中得到 44 尾雄魚，35 尾雌魚，未成熟有 22 尾。測量數據得知雄魚全長範圍為 4.10 ~ 7.24 cm，平均全長為 5.36 ± 0.89 cm，而體重範圍為 1.91 ~ 6.96 g，平均體重為 3.53 ± 1.25 g；雌魚全長範圍為 3.70 ~ 7.45 cm，平均全長範圍為 5.52 ± 1.06 cm，而體重範圍為 1.77 ~ 6.14 g，平均體重

為 3.58 ± 1.20 g；未成熟魚之全長範圍為 2.20 ~ 5.64 cm，平均全長範圍為 3.54 ± 1.32 cm，而體重範圍為 0.25 ~ 4.04 g，平均體重為 1.13 ± 1.15 g，經統計分析樣本得知雌雄之體重、體長並無顯著差異 ($p > 0.05$) (Table 1)。Fig. 2 為統計藍刻齒雀鯛雌魚、雄魚及未成熟魚之體長與體重關係。

藍刻齒雀鯛雌魚其體長與體重之關係式為：

$W = 0.266335L^{1.506}$, $R^2 = 0.806$, $n = 35$, L = 體長 (cm), W = 體重 (g)。

藍刻齒雀鯛雄魚其體長與體重之關係式為：

$W = 0.226956L^{1.609}$, $R^2 = 0.832$, $n = 44$ 。

藍刻齒雀鯛未成熟魚其體長與體重之關係式為：

$W = 0.279711L^{1.511}$, $R^2 = 0.942$, $n = 22$ 。

雄魚最小生物體長為 4.1 cm，體重為 1.91 g；最大體長為 7.24 cm，體重為 6.96 g；雌魚最小生物體長為 3.7 cm，體重為 1.77 g；最大體長為 7.45 cm，體重為 6.14 g。

二、親魚產卵及護卵

本研究之藍刻齒雀鯛飼養於室內水族箱，終年可採集到受精卵，而室外池之種魚於 2007 年 3 月中旬開始產卵後至 10 月中旬即未發現產卵現象。在室內水族箱中觀察發現，產卵時間大多在有照明時段產卵，集中於在上午 9 ~ 12 時左右，亦曾發現於關燈後 6 hrs 才進行產卵行為，其生殖行為如 Fig. 3 所示，雄魚會引誘雌魚至 PVC 管產卵，當雌魚在產卵時，雄魚則在旁邊警戒，產完卵後雌魚會離開，雄魚負責護卵任務，直到仔魚孵化為止。根據觀察發現，將受精卵移出會縮短產卵間隔，有時受精卵尚未孵化，雄魚又會引誘另外一尾雌魚在同一卵床附近產卵，故常可發現在同一個 PVC 管中有不同孵化階段的受精卵。仔魚孵化時間皆在太陽下山後的 18:00 ~ 20:00 之間，受精卵孵化天數為 3 ~ 4 天左右。

在繁殖期間發現藍刻齒雀鯛會有很強的領域行為，性成熟的雄魚覓得隱避的卵床後，即開始以口啄除產卵床上之藻類及沉積物，同時也會叨除在產卵床下之小石頭，此清床行為僅由雄魚擔任，整個清理行為可維持 1 到數日不等。求偶當日可觀察到雄魚生殖突起明顯，雌魚明顯發現腹部突出，其生殖突起較雄魚明顯凸出，則可判定

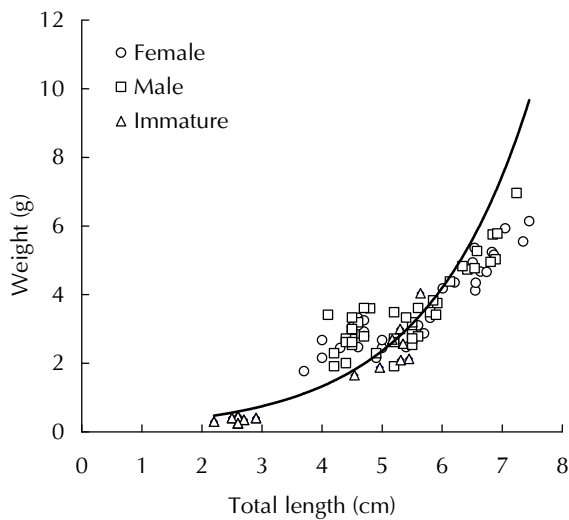


Fig. 2 Relationship between body length (cm) and body weight (g) of female, male and immature of *Chrysiptera cyanea*. X = total length, Y = body weight, N = 101.



Fig. 3 Spawning behavior of *Chrysiptera cyanea*. Spawn in PVC tub (upper); Male take care the fertilized eggs (lower).

種魚即將產卵。完成清理卵床的雄魚會以展鰭炫耀及抖動身體方式吸引雌魚注意，受吸引的雌魚即跟隨雄魚前至產卵床處進行產卵，產卵過程中雌魚的產卵管會貼附於卵床上並產出淡白色到淡黃色的卵粒，數秒後雌魚中斷產卵，雄魚接著將生殖突起貼近卵粒，排精於剛產出的卵粒上，有時雌雄會同時排精及產卵，雄魚於排精空檔會不斷驅離靠近產卵床的其他生物，開始進行護卵工作。

藍刻齒雀鯛親魚產卵結束後會在卵床上進行護卵，護卵行為由雄魚擔任，雄魚以胸、尾鰭擾動水流及口啄除死卵方式護卵，並會清理卵床上受精卵及附近之雜物，護卵期間雄魚警戒心相當強，會主動攻擊靠近卵床的其他生物，在夜間依然持續進行直到仔魚孵化為止。

三、受精卵與胚胎發育

藍刻齒雀鯛受精卵之平均長徑為 1.19 ± 0.03 mm；平均短徑為 0.60 ± 0.01 mm；平均卵黃徑為 0.61 ± 0.05 mm，內有 $0.02 \sim 0.18$ mm 大小不一之油球數個，受精卵呈橢圓型或梨型二種，偏動物極之頂端具有棉絮狀之附著絲，其功用在使卵粒黏附於卵床上。

受精卵之胚胎發育過程如 Table 2 及 Fig. 4 所示，在水溫 25.2 ± 1 °C 及鹽度介於 32 ~ 33 psu 下，受精卵之外觀如 Fig. 4A 所示，受精 32 mins 後胚胎發育為 2 細胞期 (Fig. 4B)；50 mins 後為 4 細胞期 (Fig. 4C)；1 hr 24 mins 後為 8 細胞期 (Fig. 4D)；2 hrs 20 mins 後為 16 細胞期 (Fig. 4E)；3 hrs 13 mins 後為 32 細胞期 (Fig. 4F)；4 hrs 6 mins 後為 64 細胞期 (Fig. 4G)；6 hrs 49 mins 後為桑實期 (Morula atage) (Fig. 4H)；10 hrs 30 mins 後為囊胚期 (Blastula atage) (Fig. 4I)；14 hrs 30 mins 後胚囊覆蓋卵黃三分之二 (Fig. 4J)；17 hrs 35 mins 後胚囊覆蓋全卵黃且胚體出現 (Fig. 4K)；26 hrs 40 mins 後出現 14 體節 (Fig. 4L)；30 hrs 36 mins 後眼胞內晶體形成、尾部形成並與卵黃分離 (Fig. 4M)；34 hrs 12 mins 後心臟開始搏動每分鐘搏動次數約 118 ~ 124 次/min (Fig. 4N)；39 hrs 10 mins 後胚體頭部移至卵的前端，卵黃及胚體上已出現色素胞，體液循環清晰可見 (Fig. 4O)；45 hrs 50 mins 後胚體眼上已見色素沈

Table 2 Embryo development of *Chrysiptera cyanea*

Duration (hr:min)	Water temp. (°C)	Development stage
00:00	25.0	Fertilized eggs (Long: 1.19 ± 0.03 mm; Diameter: 0.60 ± 0.01 mm; Egg yolk long: 0.61 ± 0.05 mm)
00:32	24.5	2- cell stage
00:50	24.5	4- cell stage
01:24	24.5	8- cell stage
02:20	24.4	16-cell stage
03:13	24.2	32-cell stage
04:06	24.2	64-cell stage
06:49	24.2	Morula stage
10:30	24.5	Blastula stage
12:10	24.9	1/2 of yolk was covered with blastodisc
14:30	24.9	2/3 of yolk was covered with blastodisc, and embryo appeared
17:35	24.9	All of yolk was covered with blastodisc
22:30	25.5	Optic vesicles appeared, 5 somites
26:40	26.0	14 somites
30:36	26.0	Optic lens and tail formed, tail freed from yolk sac
34:12	26.2	Heart-beat began and heart rate : 118 ~124 time/min
39:10	26.2	The head of embryo turned to the top of egg, chromatophore was visible on embryo and yolk, and the circulatory system of body fluid could be observed
45:50	25.9	Chromatoplasm precipitated on eyes
68:30	25.8	The original form of pectoral fin was visible
74:10	25.8	Guanine began to accumulate on eyes, but not to achieve the degree of coruscation
76:50	25.8	Guanine accumulated on eyes, and achieved the degree of coruscation
102:40	24.9	Hatched, 2.80 ± 0.2 mm in total length

澱 (Fig. 4P)；76 hrs 50 mins 後胚胎眼上已積聚烏糞素 (Fig. 4Q)；102 hrs 40 mins 後突破卵膜之仔魚 (Fig. 4R)。

四、仔魚形態變化及育苗

剛孵化之仔魚平均全長為 2.80 ± 0.2 mm，根據觀察發現仔魚具驅光性，可利用此特性使用聚

光燈收集仔魚，隨著仔魚成長驅光性變弱。藍刻齒雀鯛仔稚魚形態變化過程如 Fig. 5 所示，剛孵化之仔魚 (Fig. 5A) 因尚具卵黃囊，約在 12 hrs 後開始進食；孵化後第 1 天 (Fig. 5B) 全長已達 2.87 mm 此時卵黃囊已消失殆盡，仔魚已開始進食，提供之餌料生物為纖毛蟲，如未順利過料仔魚則會在 48 hrs 內陸續死亡；孵化後第 2 天 (Fig. 5C) 已順利過料的仔魚全長已達 2.98 mm；

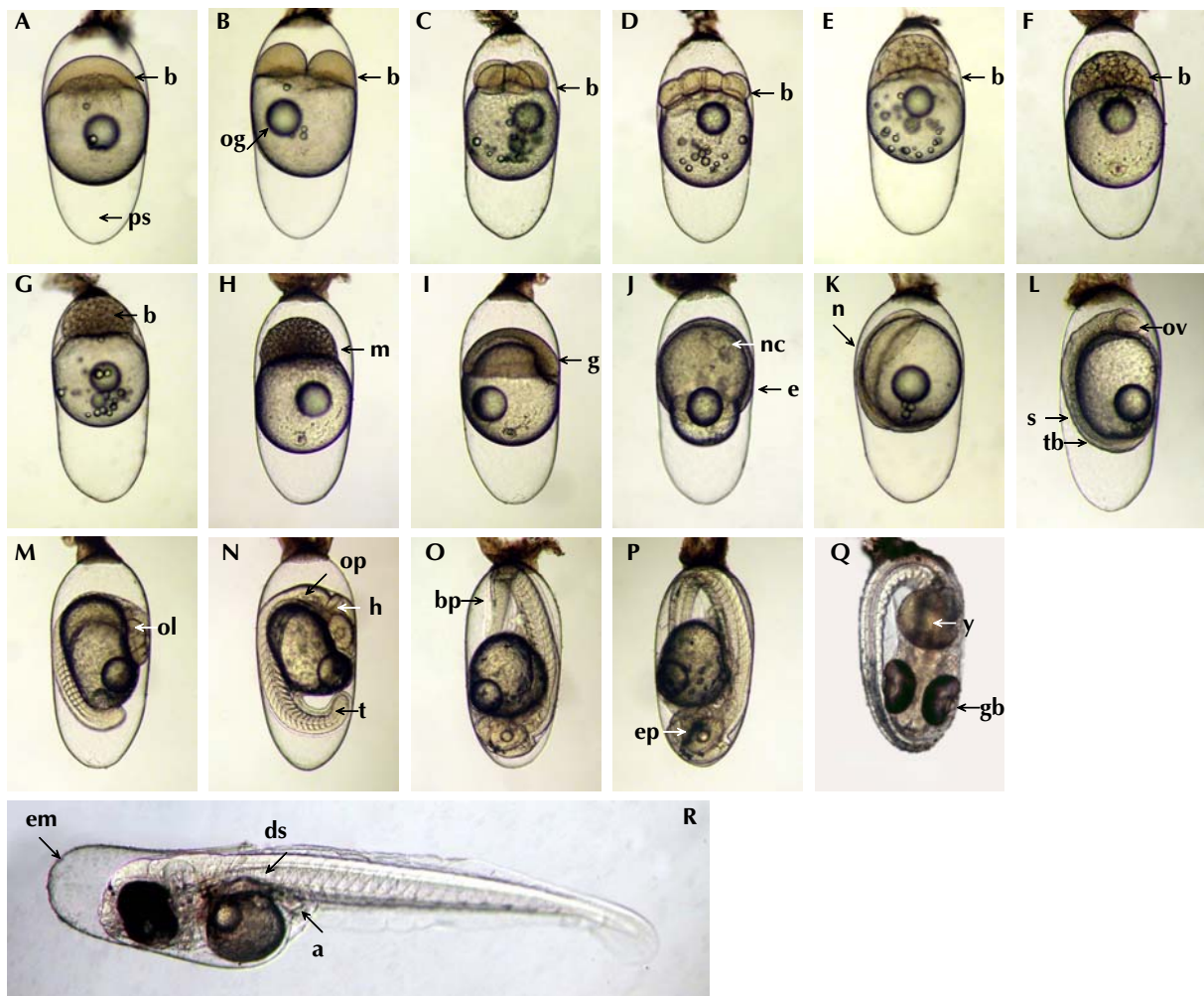


Fig. 4 Embryo development of *Chrysiptera cyanea*. A: Fertilized egg; B: 2-cell stage; C: 4-cell stage; D: 8-cell stage; E: 16-cell stage; F: 32-cell stage; G: 64-cell stage; H: Morula stage (m); I: Blastula stage (g); J: 2/3 of yolk was covered with blastodisc; K: All of yolk was covered with blastodisc and embryo appeared; L: Optic vesicles appeared (ov), 14 somites (s); M: Optic lens (ol) and tail formed, tail freed from yolk sac; N: Heart-beat began and heart rate: 118~124 time/min; O: The head of embryo turned to the top of egg; P: Chromatoplasm precipitated on eyes; Q: Guanine began on eyes (gb), and achieved the degree of courscation; R: Breakthrough egg membrane of larval fish. a, anus ; b, blastomeres; bp, body pigment; ds, digestion system; e, epiboly stage; em, egg membrane; ep, eye pigment; h, hear; n, notochord formation; nc, nerve cord formation; og, oil globule; op, optic placode; ps, perivitelline space; t, tial; tb, tail-bud; y, yolk.

仔魚成長至第 4 ~ 5 天 (Fig. 5D) 仔魚全長已成長至 3.12 mm 此時餌料生物為輪蟲；成長至第 6 天仔魚 (Fig. 5E) 全長為 3.73 mm；第 8 天仔魚 (Fig. 5F) 全長為 4.25 mm 頭部及體肌節處比較可明顯發現色素沉澱，此時可投餵以 150 目浮游生物網篩選出大小為 162 ~ 239 μm 的大型輪蟲；至第 13 天 (Fig. 5G) 全長 7.15 mm，頭部色素細胞開始擴散並延伸至鰓蓋處，體肌節色素細胞開始大面積擴散；孵化後第 18 天仔魚 (Fig. 5H)

全長 7.15 mm 各鰭式分化明顯，鰭條均成原鰭狀，此時可開始投餵小型橈腳類；至 25 日齡 (Fig. 5I) 全長 12.1 mm 黑色素開始轉變為藍色素點，背鰭軟條基底之黑色素明顯。成長至 28 天後可補充經滋養過的豐年蝦或改投餵粉狀及微粒飼料開始訓餌，並依口徑大小更換不同粒徑之配合飼料；仔魚全長 15 mm 之時間約 30 ~ 35 天，至此時之平均活存率約為 8.56 %。35 日齡 (Fig. 5J) 全長 15.4 mm 此時全身除腹部及鰭外全身已出

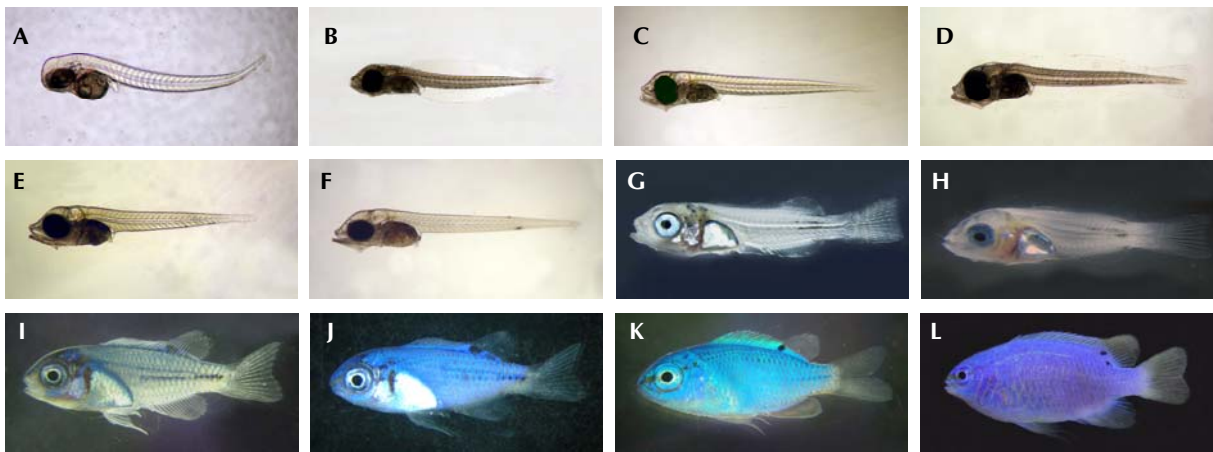


Fig. 5 The morphological changes of the *Chrysiptera cyanea* from larval to fry stages. A, Newly-hatched larva, 2.80 mm in total length; B, One-day old larva, 2.87 mm in total length; C, Two-day old larva, 2.98 mm in total length; D, Four-day old larva, 3.12 mm in total length; E, six-day old larva, 3.73 mm in total length; F, Eight-day old larva, 4.25 mm in total length; G, 13-day old larva, 7.15 mm in total length; H, 18-day old larva, 7.15 mm in total length; I, 25-day old larva, 12.1 mm in total length; J, 35-day old larva, 15.4 mm in total length; K, 45-day old larva, 18.2 mm in total length; L, 80-day old larva, 30.5 mm.

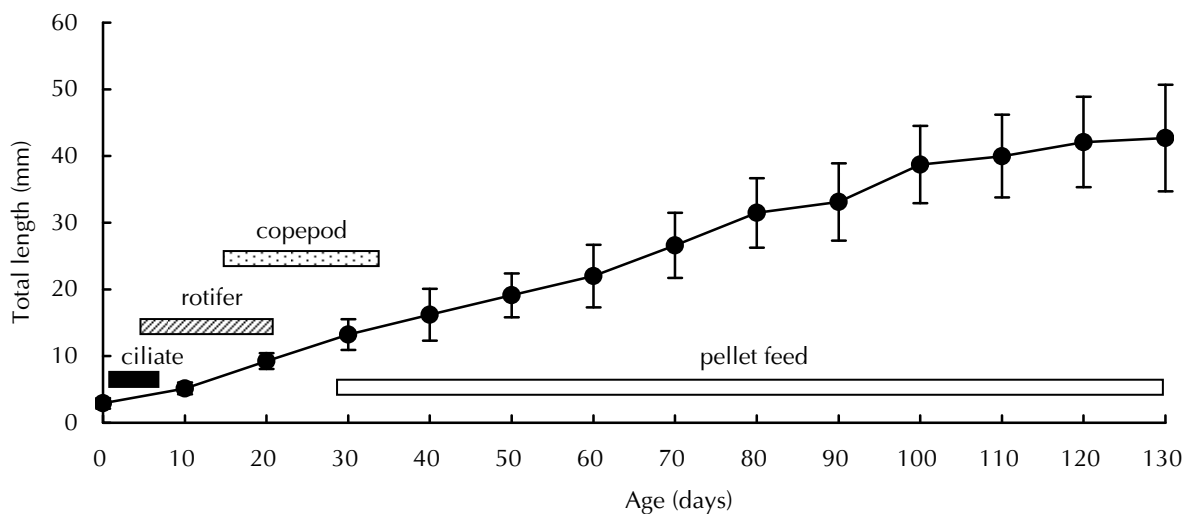


Fig. 6 Growth performance of *Chrysiptera cyanea* fed with different diets.

現藍色金屬色澤；45 日齡 (Fig. 5K) 全長 18.2 mm 藍色色澤明顯加深，頭部出現細點所綴成的黑線。本研究的魚苗成長至18~20 mm 左右即利用 300 L FRP 桶採流水方式進行蓄養，並配合自動投餌機減少人力並增加管理方便性；80 日齡 (Fig. 5L) 全長 30.5 mm 眼距大小及體表之斑紋色澤，已完全與成魚一致。

Figure 6 為仔魚成長過程全長之變化與餌料種類，試驗中發現藍刻齒雀鯛育苗時必須注意投餌

時機，在水溫 25 ~ 28 °C 下，仔魚在夜間孵化，隔天上午前必須投餵初期餌料，若是投餌太遲可能造成魚苗死亡；初期餌料為纖毛蟲，從第 1 天到第 5 天左右進行投餵，第 4 天可以混投小輪蟲，第 15 天開始兼投小型之橈腳類，第 22 天可以完全投餵橈腳類，20 天採樣結果全長為 9.24 ± 1.20 mm，28 天開始兼投人工飼料，35 天以後魚苗可以完全接受人工飼料。50 天測量全長為 19.10 ± 3.30 mm；130 天試驗結束測量全長為 42.70 ± 8.0 mm。

五、鹽度對胚胎期胚胎發育之影響

取受精後 4 hrs 之受精卵胚胎直接移入不同鹽度海水中，結果其孵化率如 Fig. 7 所示，各不同鹽度對胚胎孵化率有顯著差異 ($p < 0.05$)。在鹽度 20 psu (90%) 孵化率最佳，其次為 25、15 及 32 psu 分別為 78.33、74.17 及 69.17%，在低鹽度下 (2.5 及 5 psu)，受精卵則全數變白死亡。鹽度對畸形率之影響如 Fig. 8 所示，其中以鹽度為 10 psu 之畸形率最高，為 12.50%；其次為 15 psu 的 6.25%、20 psu 的 3.75% 及 25 psu 的 1.25%；而鹽度 ≥ 32 psu 處理組則無發現畸型魚苗。

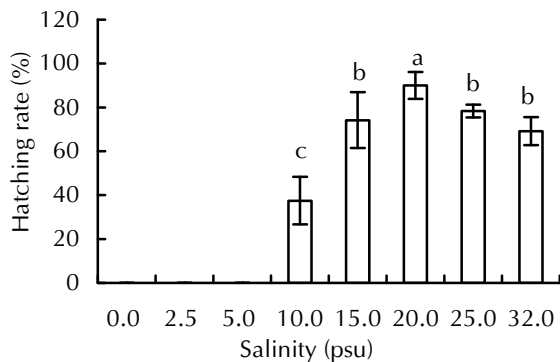


Fig. 7 Hatching rate of *Chrysiptera cyanea* of 4hrs-old embryos from 32 psu into different salinities. Trial with different letter denote that treatment mean ($\pm$ SD) is significantly different ($p < 0.05$).

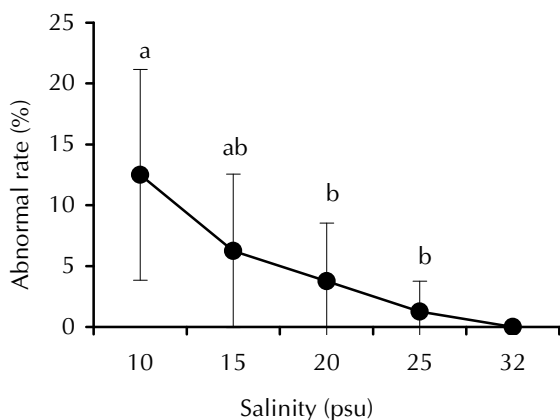


Fig. 8 *Chrysiptera cyanea* abnormal rate of different salinity of embryos from 32 psu into different salinities. Trial with different letter denote that treatment mean ($\pm$ SD) is significantly different ($p < 0.05$).

討 論

一、種魚培育

種類繁多的雀鯛科魚類生態習性依不同種間差異極大，有成群小範圍巡游於水層中覓食浮游動物之豆娘魚屬 (*Abudefduf*)；極具領域性，偏草食性之真雀鯛屬 (*Stegastes*)；平常於枝狀珊瑚上覓食動物性浮游生物，遇有敵蹤即躲入珊瑚叢中之圓雀鯛屬 (*Dascyllus*)；甚至與海葵共生之海葵魚屬 (*Amphiprion*)，演化出相當多樣性的生態表現 (邵等, 1997)。觀察藍刻齒雀鯛雄魚，在生殖季節時也有真雀鯛屬極具領域性之特性，在水族箱種魚培育過程中發現，雄魚會主動攻擊或驅離靠近的其他生物，領域性相當強烈，故種魚培育過程應給予適當的活動空間，並提供礁石或造景供其他生物躲藏。

根據研究顯示雀鯛也會性轉變，海葵魚屬是雄性先熟的性別分化表現 (Hattori, 1991; 2001)，其他屬則是先雌後雄 (邵等, 2004)，可見藍刻齒雀鯛為先雌後雄之魚類。藍刻齒雀鯛種魚之雌魚平均體長及體重分別為 5.52 ± 1.06 cm 及 3.58 ± 1.20 g，雄魚平均體長及體重為 5.36 ± 0.89 cm 及 3.53 ± 1.25 g 顯示雌雄成熟體型上並無顯著差異，但海葵魚種魚則具雌雄體型之差異 (錢, 2006; 何等, 2007)。根據觀察發現，藍刻齒雀鯛為一夫多妻制，所有生殖行為模式皆為雄性所主導，與同為雀鯛科之海葵魚一夫一妻制 (Allen, 1972) 完全不同。

本研究藍刻齒雀鯛購自坊間水族館，經檢疫、蓄養及配對後活存率為 30%，相較於眼斑及粉紅海葵魚購自坊間水族館，活存率分別為 14.8 及 37.5% (何等, 2006, 2007) 差異不大。坊間水族館出售之藍刻齒雀鯛有 95% 以上來自東南亞地區，捕獲方式主要是以氰化物迷昏藍刻齒雀鯛後取得，因此死亡率非常高。

二、親魚產卵及護卵

藍刻齒雀鯛與同為雀鯛科之鞍斑海葵魚 (陳等, 2003)、克氏海葵魚 (蔡, 2005)、白條海葵魚 (錢, 2006)、粉紅海葵魚 (何等, 2006) 及眼斑海葵魚 (何等, 2007) 在產卵與護卵行為上有些差異存

Table 3 A comparison among different species of Pomacentridae of egg diameter, water temperature, hatching time and fry length

Scientific name	Eggs diameter		Water temperature (°C)	Hatching time (hr)	Fry length (mm)	Remarks
	Long (mm)	Diameter (mm)				
<i>Chrysiptera cyanea</i>	1.19 ± 0.03	0.60 ± 0.01	24.226.2	102	2.80 ± 0.2	This study
<i>Amphiprion frenatus</i>	2.70 ± 0.12	0.96 ± 0.03	26.527.8	177	4.48 ± 0.14	Ho <i>et al.</i> , 2008
<i>A. ocellaris</i>	2.32 ± 0.10	0.95 ± 0.07	280.5	150.75	4.35 ± 0.14	Ho <i>et al.</i> , 2007
<i>A. perideraion</i>	1.68 ~ 2.18	0.75 ~ 0.85	25.5 ~ 28.0	151.33	3.20 ~ 3.80	Ho <i>et al.</i> , 2006
<i>A. clarkii</i>	2.90 ~ 3.20	1.10 ~ 1.30	26.0	–	3.90 ~ 4.70	Chai, 2005
<i>A. polymnus</i>	1.85 ~ 2.25	0.75 ~ 0.85	26.5 ~ 27.2	171.92	3.50 ~ 4.48	Chen, 2003

在，海葵魚屬魚類於產卵前之清理卵床行為及產卵後之護卵行為雌雄種魚共同進行，但藍刻齒雀鯛之清床及護卵僅由雄魚獨力完成。藍刻齒雀鯛雄魚覓得產卵床後，在整個生殖季節中會引誘雌魚在相同的地方產卵，此與龜井 (1989) 在日本白濱水族館觀察藍刻齒雀鯛的產卵行為相似，如將固定的產卵床移除或移位，則下次的產卵行為也會出現在鄰近區域。

龜井 (1989) 表示在自然光源下藍刻齒雀鯛大多是在早上進行產卵，此與本研究之人工光源下的產卵時機不謀而合，亦與台灣產五種海葵魚中之克氏海葵魚 (蔡, 2005)、白條海葵魚 (錢, 2006)、粉紅海葵魚 (何等, 2006) 及眼斑海葵魚 (何, 2007) 等之產卵時間相同，但與鞍斑海葵魚 (陳等, 2003) 之產卵時間有所差異。

藍刻齒雀鯛護卵方式與海葵魚不同，護卵初期雄魚並不常以胸鰭煽動水流及對受精卵進行煽動增氧，而主要以清理死卵及驅離靠近的魚類為主。後期才較常出現以胸鰭或尾鰭煽動水流方式護卵，而在海葵魚上的護卵行為上則是偏重於對受精卵的煽動水流 (陳, 2003; 蔡, 2005; 錢, 2006; 何等, 2006; 何, 2007)，推測海葵魚護卵工作是雌雄同時擔任，雄魚進行護卵，雌魚以警戒為主，而藍刻齒雀鯛只有雄魚護卵，雌魚產卵後就不知去向，因此雄魚必須同時面對護卵及警戒，讓雄魚疲於奔命，所以初期雄魚才會以驅離行為為主，而胚胎發育至後期需氧量增加，則雄魚會花較多時間來煽動水流以增加溶氧及加速胚體代謝產物之擴散。

三、受精卵與胚胎發育

藍刻齒雀鯛剛產出之受精卵產卵數介於 1200 ~ 4000 粒，較同為雀鯛科鞍斑海葵魚產卵數 1,400 ~ 2,000 粒 (陳等, 2003)、粉紅海葵魚 300 ~ 700 粒 (何等, 2006)、白條海葵魚 800 ~ 2,500 粒 (錢, 2006) 及眼斑海葵魚 300 ~ 1,000 粒 (何等, 2007) 之產卵量多，詳如 Table 3 比較表。造成產卵數差異之原因，除種間的差異為主要因素外，以同種魚之間體型大者，獲得較多營養的種魚及相對成熟的個體而言產卵量多是可預期的 (Frank, 1998)，其次可能之原因是海葵魚受精卵卵徑較藍刻齒雀鯛大一倍左右，使得藍刻齒雀鯛孕卵數明顯較海葵魚多。

藍刻齒雀鯛剛產出受精卵之顏色為淡白色到淡黃色之間，是反應卵黃顏色所至，偏動物極具有附著絲得固著於卵床上，形狀多呈卵圓形但有極少部份呈梨形狀，觀察中發現梨形狀受精卵並不會影響仔魚之孵化。此與台灣產之五種海葵魚之長橢圓狀的卵形 (陳等, 2003; 蔡, 2005; 何等, 2006; 錢, 2006; 何等, 2007) 差異甚大。另日本白濱水族館中量測藍刻齒雀鯛之受精卵的平均長、短徑為 1.32 mm 及 0.60 mm (龜井, 1989)，與本研究之受精卵平均長、短徑為 1.19 ± 0.03 mm 及 0.60 ± 0.01 mm 有所差異，朱 (1997) 表示，有些魚類雖屬同一種，但因產卵期或產卵場環境之異，卵徑也會發生差異。

另根據試驗結果發現，藍刻齒雀鯛產卵最適水溫在 25 ~ 29 °C，和一般典型暖水性海水魚，如

藍身石斑 (*Epinephelus tukula*) 27 ~ 30 °C (葉, 2003)、點帶石斑 (*E. coioides*) 22.1 ~ 31°C (Kawahara *et al.*, 1997) 及短鰭黃臘鰺 (*Trachinotus ovatus*) 24 ~ 25.5 °C (何等, 2005) 等類似。受精卵在水溫 26 °C 以上約需 76 hrs 孵化, 在水溫 24 °C 時則需 120 hrs 才能孵化。龜井 (1989) 也指出, 水溫在 30 °C 時, 藍刻齒雀鯛胚胎孵化時間約 3 日; 24 °C 時則延長至 4 日。可見仔魚孵化所需時間與水溫呈負相關 (張, 2003; Falk-Petersen, 2005; 何等, 2007), 故可考慮提高孵化水溫以縮短胚胎孵化時間, 如此可以減少人力及其他成本之支出, 且不影響仔魚孵化率 (何等, 2006)。

四、仔魚形態變化及育苗

族群生態學上的生殖策略 (reproductive strategies) 分為以量取勝 (r-selection) 與以質取勝 (k-selection) (陳, 1998; 李, 2006)。多數具浮性卵的海水魚多半屬於 r-selection 的繁殖機制, 所以受精卵孵化時間大多較短; 而雀鯛科魚類則是 k-selection 的典型代表 (李, 2006), 其產卵量較少, 但卻以長時間進行護卵的生殖模式來孕育下一代, 種魚會不遺餘力的照顧受精卵直到孵化。受精卵孵化天數愈長, 仔魚體內器官及消化道發育愈完整, 孵化後仔魚可以很快攝食餌料, 如此可以增加仔魚活存的機會。研究發現藍刻齒雀鯛仔魚孵化後 12 hrs 鏡檢胃內容物, 即可發現纖毛蟲等餌料生物; 在眼斑海葵魚仔魚孵化後 8 hrs 也發現胃內有輪蟲存在 (何等, 2007); 鞍斑海葵魚在孵化後 14 hrs 開始投餵輪蟲, 並在 4 hrs 後發現胃內也有輪蟲存在 (陳等, 2003)。

有學者指出魚苗剛開口時提供近似本身卵黃囊營養份組成的餌料生物, 可利於仔魚的吸收, 將可提高魚苗活存率 (Tocher and Sargent, 1984; Heming and Buddington, 1988), 因此, 考慮餌料對仔魚適口性及營養性, 初期餌料的選擇是相當重要的因素, 張等 (1997) 表示適合作為海水魚仔魚的餌料粒徑大小, 最好為其最大張口寬度的三分之一至一半左右為佳, 比較眼斑海葵魚仔魚口徑及口幅分別為 450 ~ 750 μm 及 450 ~ 500 μm (何等, 2007); 鞍斑海葵魚口徑及口幅為 459.6 ~ 777.8 μm 與 450 ~ 500 μm 的仔魚 (陳等, 2003); 粉紅

海葵魚口徑及口幅為 466 ~ 594 μm 與 375 ~ 500 μm 的仔魚皆以提供殼長為 120 ~ 150 μm 的海水輪蟲作為初期餌料, 而藍刻齒雀鯛仔魚張口寬度為 200 ~ 230 μm 之間, 所以必需提供更小餌料來作為過料用餌料為佳, 如纖毛蟲、游仆蟲或小型輪蟲等。

藍刻齒雀鯛育苗過程中發現, 仔魚成長至第 4 天後可投放輪蟲, 而纖毛蟲、游仆蟲或小型輪蟲亦必需重疊投放, 如此可提高仔魚的育成率。在海水笛鯛、海鱸及石斑魚皆證實餌料交替重疊對育苗有正面的效果 (Toledo *et al.*, 1999; Su *et al.*, 2001)。另外根據研究發現室外池比室內池在進行種苗培育方面, 可以提高活存率約 20%, 主要原因可能是與餌料的豐富度與多樣性有關, 故利用室外池進行種苗培育可提高藍刻齒雀鯛仔魚之育成率。

五、鹽度對胚胎期胚胎發育之影響

藍刻齒雀鯛胚胎對鹽度變化之耐受性較其它廣鹽性 (euryhaline) 魚類來的低, 水溫 26.5 °C、鹽度 5 psu 下, 受精卵即無法孵化; 而點帶石斑之囊胚期胚胎, 在水溫 26 °C, 5 psu 的鹽度下仍有 23.5% 的孵化率 (葉, 1995); 黑鯛囊胚中期 (middle gastrula) 及胚胎形成期胚胎 (embryo-formed stage) 於鹽度 5 psu 下, 孵化率亦尚有 1.9 及 11.6% (丁等, 1995)。在低鹽環境下, 孵化所需時間較長, 如嘉鱸魚在水溫 21 °C、鹽度 30 psu 比在 21 °C、35 psu 時, 孵化時間延長了 65 mins (林, 1989); 本研究亦發現相同情形, 藍刻齒雀鯛胚胎置於 20 psu 與 32 psu 時, 孵化時間相差一天。

研究發現, 藍刻齒雀鯛畸形率有隨鹽度降底而增加之趨勢。在鹽度 10 psu 下, 畸形率為 12.50% 最高, 其次在為 15 psu 及 20 psu 的 6.25 及 3.75%, 畸形部位多出現在脊椎處。Balinsky (1981) 指出, 若生物器官尚未發育完成前改變環境, 使其生長在不適之環境中, 則仔魚易產生畸形。同樣情況也發生在馬拉巴石斑, 受精卵在鹽度低於 15 psu 下孵化, 其畸形率高達 100% (蘇等, 1995); 黑鯛之受精卵在鹽度 ≤ 15 psu 下, 會造成仔魚較高的畸形率 (丁等, 1995); 大西洋比目魚之受精卵在鹽度 ≤ 15 psu 下, 仔魚

顎部之畸型率會隨鹽度降低而升高 (Lein *et al.*, 1997)；在海鱷胚胎發育研究中發現，海鱷胚體期胚胎在鹽度 ≤ 20 psu 有較高之畸型率 (張, 2007)。

謝 辭

本研究經費由行政院農業委員會 96 農科-14.2.1-水-A3(3)計畫項下支助，執行期間承蒙蘇所長偉成、蘇副所長茂森及劉主任秘書燈城惠賜寶貴建議與鼓勵，東部海洋生物研究中心所有同仁之努力協助，使本研究能順利完成，併此表達由衷之謝意。

參考文獻

- 丁雲源, 葉信利, 朱永桐 (1995) 鹽度對黑鯛魚卵發育及孵化之影響. 台灣省水產試驗所試驗研究工作報告, 389-385.
- 朱祥海 (1997) 發生和變態. 魚類學, 173-186.
- 台灣魚類資料庫(2008) <http://fishdb.sinica.edu.tw>.
- 沈世傑 (1993) 台灣魚類誌. 國立台灣大學動物學系, 414.
- 李承錄 (2006) 有趣的珊瑚礁魚類繁衍行為. 自然保育季刊, 55: 47-53.
- 何源興 (2007) 眼斑海葵魚之人工繁殖與育苗. 國立台灣東大生命科學研究所碩士論文.
- 何源興, 陳哲明, 陳文義 (2005) 短鰭黃臘鰱的人工誘導產卵及其初期發育. 水產研究, 13(2): 25-32.
- 何源興, 陳哲明, 施勝中, 陳文義 (2006) 粉紅海葵魚之生殖行為及育苗研究. 水產研究, 14(2): 57-67.
- 何源興, 陳文義, 施勝中, 彭仁君, 張文炳 (2007) 眼斑海葵魚之生殖行為及育苗研究. 水產研究, 15(2): 43-58.
- 林金榮, 張仁謀, 劉繼源, 方玉昆, 陳其林, 莊成意, 涂嘉猷 (1988) 黃錫鯛之人為自然產卵及胚胎發育. 台灣省水產試驗所試驗報告, 45: 1-16.
- 林金榮, 張仁謀, 涂嘉猷, 劉繼源 (1989) 嘉鱾魚繁殖試驗 - 種魚培育人為環境中自然產的與卵之孵化試驗. 台灣省水產試驗所試驗報告, 47: 1-20.
- 邵廣昭, 陳麗淑 (1992) 海水觀賞魚(二). 渡假出版社有限公司, 12.
- 邵廣昭, 陳麗淑 (2004) 魚類入門. 遠流出版事業股份有限公司, 196-199.
- 邵廣昭, 陳正平, 沈世傑 (1997) 墾丁國家公園海域魚類圖鑑. 內政部營建署墾丁國家公園管理處, 210-211.
- 陳朝清 (1998) 魚類生態學. 水產出版社, 192.
- 陳哲明, 何源興, 陳文義 (2003) 鞍斑海葵魚之生殖行為及育苗研究. 水產研究, 11(1 & 2): 29-38.
- 張文清 (2007) 不同環境因子及餌料對海鱷仔魚初期發育之影響. 國立屏東科技大學水產養殖研究所碩士論文.
- 張賜玲 (2003) 日本鰻人工繁殖相關基礎面的研究. 國立台灣大學動物學研究所博士論文.
- 張賜玲, 謝介士 (1997) 金錢魚 *Scatophagus argus* 的初期發育及育苗研究. 水產研究, 5(1): 41-49.
- 葉信利 (2003) 誘導石斑魚性轉變之研究. 國立台灣海洋大學水產養殖研究所博士論文.
- 葉信利, 朱永桐, 許晉榮, 丁雲源 (1995) 鹽度對點帶石斑器官形成前後胚體發育之影響. 水產研究, 3(2): 133-142.
- 楊清閔, 李展榮, 方力行 (2005) 海水觀賞魚國際市場概況. 漁業推廣月刊, 223: 14-26.
- 蔡宇鴻 (2005) 飼料中添加類固醇激素對克氏海葵魚性轉變之影響及生殖研究. 國立台灣海洋大學水產養殖研究所碩士論文.
- 錢昇威 (2006) 白條海葵魚胚胎與仔魚之發育及餵食不同微藻滋養之輪蟲對魚苗成長及活存研究. 國立台灣海洋大學水產養殖研究所碩士論文.
- 蘇惠美, 蕭新泉, 王叔欣, 蘇茂森 (1995) 溫度與鹽度對瑪拉巴石斑卵孵化及不給餌仔魚殘存之影響. 台灣省水產試驗所試驗研究工作報告, 404-410.
- 龜井良昭 (1989) ハナビラクマノミ *Amphiprion perideraion*. 海水魚の繁殖 (鈴木克美, 高松史朗編), 綠書坊, 日本, 69-71.
- Allen, G. R. (1972) The Anemonefishes. TFH Pub., Inc. Surrey England, 288 pp.
- Allen, G. R. (1991) Damsel fishes of the world. Natural History and Pet Books, Germany. 271pp.
- Allen, G. R. and A. R. Emery (1985) A review of the Pomacentrid fishes of the genus *Stegastes* from the Indo-Pacific with descriptions of two new species. Indo-Pacific Fishes, 3: 1-31.
- Balinsky, B.L. (1981) An Introduction to Embryology. Saunders Coll. Pub., Tokyo, 105 pp.
- Falk-Petersen, I. B. (2005) Comparative organ differentiation during early life stages of marine fish. Fish Shell. Immun., 19: 397-412.
- Frankm, H. H. (1998) Conditioning, Spawning and Rearing of Fish with Emphasis on Marine Clownfish. Aquarium Sci. Conserv., 2(1): 43-44.
- Hattori, A. (1991) Socially controlled growth and size dependent sex change in the anemonefish *Amphiprion frenatus* in Okinawa. Jap. J. Ichthyol., 38: 165-177.
- Hattori, A. (2001) Social and mating systems of the protandrous anemonefish *Amphiprion perideraion* under the influence of a larger congener. Aust. Ecol., 25: 187-192.

- Heming, T. A. and R. K. Buddington (1988) Yolk absorption in embryonic and larval fishes. *In* Fish Physiol. (S. Hoar and D.J. Randall Eds), Vol. XIA, 407-446.
- Kawahara, S., A. J. Shams, A. A. Al-Bosta, M. H. Mansor and A. A. Al-Baqal (1997) Effects of incubation and spawning water temperature, and salinity on egg development of the orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*, Serranidae. *Asian Fish. Sci.*, 9: 239-250.
- Kuo, S. R. and K. T. Shao (1991) Feeding Habits of Damselfishes (Pomacentridae) from the Southern Part of Taiwan. *J. Fish Soc. Taiwan*, 18(3): 165-176.
- Lein, I., S. Tveite, B. Gjerde and I. Holmefjord (1997) Effects of salinity on yolk sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture*, 156: 291-303.
- Randall, J. E., G. R. Allen and R. C. Steene (1990) Fishes of the Great Barrier Reef and Coral Sea. Crawford House Press, Bathurst, Australia, 263 pp.
- Smith, M. M. and P. C. Heemstra (1986) Smiths' Sea Fishes. J. L. B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown, 1047.
- Su, H. M., M. S. Su and I. C. Liao (2001) The culture and use of microalgae for larval rearing in Taiwan. *Aquacul. Fish. Resources Manage.*, 157-162.
- Tarlochan, S. (2003) Ornamental fish trade runs into billions. *Infotish Int.*, 32: 55-60.
- Tocher, D. R. and J. R. Sargent (1984) Analyses of lipids and fatty acids in ripe roe of some northwest European marine fish. *Lipids*, 19: 492-499.
- Toledo, J. D., M. Golez, M. Doi and A. Ohno (1999) Use of copepod nauplii during early feeding stage of grouper *Epinephelus colonies*. *Fish. Sci.*, 65: 390-397..

Experiments on the Artificial Propagation of Blue Devil (*Chrysiptera cyanea*)

Ming-Jong Cheng¹, Yuan-Shing Ho^{1*}, Yu-Ying Jiang¹, Sheng-Chung Shih¹,
Wen-Yie Chen¹ and Wen-Been Chang^{2,3}

¹Eastern Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

²National Museum of Marine Biology and Aquarium

³Institute of Marine Biodiversity and Evolution, National Dong Hwa University

ABSTRACT

This study was aimed to understand the reproductive behavior, larval culture under artificial environment of Blue Devil (*Chrysiptera cyanea*) and other relevant phenomenon. Eggs were adhesive and demersal with color white to yellow. They were ellipsoidal, and were about 1.19 ± 0.03 mm (Mean $\pm$ SD) in total length and 0.60 ± 0.01 mm in width. The yolks were about 0.61 ± 0.05 mm long and contained several oil droplets with diameters ranging from 0.02 to 0.18 mm. The newly hatched larvae were about 2.80 ± 0.20 mm in length. Parental care behaviors for the ovum occurred from spawning to hatching. The parental behavior was mainly carried out by males. Incubation period was approximately 102 h at the water temperature of 25 ± 1 °C. The living feeds for Blue Devil at initial larvae stage was ciliate, rotifer and copepod. Microalgae were added to stabilize water quality and to nourish rotifers.

Hatching rate of fertilized eggs varied significantly with salinity. Hatching rate was the highest (97.5%) at 32 psu, but hatching failed at salinities ranging from 0 to 5 psu. The abnormal rate was an inverse ratio to salinity. Abnormal rate of hatched larvae was the highest (12.5%) at 10 psu. The abnormal rate was 0 when hatching salinity was 32 psu.

Key words: *Chrysiptera cyanea*, spawning behavior, early development, larval rearing

*Correspondence: 22 Wu-Chuan Rd., Chengkung, Taitung 961, Taiwan. TEL: (089) 850-090 ext. 401; FAX: (089) 850-092; E-mail: yuanho18@yahoo.com.tw