

臺灣西南海域黑鰾之生殖生物學研究

蕭琍婷¹·陳朝清²·吳春基¹·陳羿惠¹·何珈欣^{1*}

¹行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

²國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理學系

摘要

黑鰾 (*Atro Bucca nibe*) 為臺灣西南海域拖網漁業主要漁獲經濟魚種之一，本研究於 2012 年 7 月至 2013 年 7 月間，共採得 871 尾樣本，其中雌魚 348 尾、雄魚 523 尾，體長範圍為 158 - 480 mm，體重範圍為 42 - 1,247 g。雌魚全長 (TL) 與體重 (BW) 之迴歸關係式為 $BW = 2.0 \times 10^{-5} TL^{2.925}$ ($R^2 = 0.974$, $n = 348$)。本研究綜合肉眼觀察生殖腺外觀、組織切片、生殖腺指數等方法，得知本種生殖期為 1 - 5 月，生殖盛期為 3 - 5 月。本魚種平均孕卵數為 $247,426 \pm 227,408$ 粒，單次平均產卵數為 $57,576 \pm 37,205$ 粒，雌魚比列 (雌魚數/全部樣本數) 為 0.40 (348/871)，性比會隨著體長增加而增大，當體長大於 300 mm 時，雌魚數量優勢於雄魚。雌魚 50% 性成熟體長為 310 mm。成熟百分比與全長關係式為 $P = 1/(1+e^{6.29-0.02TL})$ 。

關鍵詞：黑鰾、生殖生物學、性成熟體長

前言

黑鰾 (*Atro Bucca nibe*) 俗稱為黑姑魚、黑口、烏喉，主要分佈於印度至西太平洋海域，西起非洲東部，東至菲律賓，北至韓國濟州島、日本南部及中國大陸沿海，南至澳洲北部皆產，臺灣地區主要產於西部及北部沿海。性喜棲息於砂泥底質海域，棲息水深為 45 - 200 m，肉食性，以追逐小魚、小蝦蟹為食，為拖網漁業重要的高經濟價值漁獲魚種。

國內關於黑鰾漁業生態學方面的研究，多半著重於東北角地區 (劉與陳, 1954; 黃, 1982; 張, 2008)，僅有蔡 (1993) 針對臺灣東港附近海域之黑鰾進行年齡與成長研究。另，李 (2002) 曾探討黑鰾發音肌生殖適應之季節變化，認為鳴音的產生與生殖行為有關；至於其他生殖生物學相關研究則相當缺乏。魚類生殖生物學研究為種群力學及魚類資源評估與管理的基礎與重要參數，了解

魚類與生態環境間的關係，對於自然水域魚類資源的保護與增殖以及發展魚類人工繁殖、養殖業都有重要意義 (翁, 2003)。因此，本研究針對西南海域產黑鰾之生殖生物學進行研究分析，釐清黑鰾的生殖腺發育情形、產卵時間、性比、50% 性成熟體長、孕卵數、生殖腺成熟指數、肝臟指數、肥滿度等生殖生物學資訊，提供本海域未來針對本種進行資源評估與管理之重要依據。

材料與方法

一、樣本採集

本研究樣本採集時間為 2012 年 7 月至 2013 年 7 月，共計 13 個月。按月至屏東縣東港地區採集拖網漁船所捕獲之黑鰾。以游標尺量測全長 (total length, TL)，精確度為 0.1 mm，再以電子微量天秤 (mettler toledo PB3002-S) 測定體重 (body weight, BW)、魚體去內臟重 (gutted weight, EW)、生殖腺重 (gonad weight, GW) 與肝臟重 (liver weight, LW)、精確度為 0.01 g，生殖腺浸泡在 10%

*通訊作者 / 高雄市前鎮區漁港北三路 6 號, TEL: (07) 821-8103; FAX: (07) 821-8205; E-mail: saxgirl42@gmail.com

福馬林 (formalin) 溶液中進行固定與保存，作為日後進行組織切片、卵徑測量及孕卵數的估算等研究。

二、資料分析

(一) 體重與體長關係

利用統計學的迴歸方程式分析體重與全長關係，方程式如下所示：

$$BW = a TL^b$$

方程式中：BW 為體重 (單位：g)、TL 為全長 (單位：mm)、a、b 為常數。

(二) 生殖腺指數 (gonadosomatic index, GSI)

生殖季節以 GSI 的月別變化來加以判定，計算式如下：

$$GSI = (GW/EW) \times 100$$

方程式中：GW 為生殖腺重 (單位：g)、EW 為魚體去內臟重 (單位：g)。

(三) 肝臟指數 (hepatosomatic index, HIS)

肝臟指數的月別變化可用來進行生殖期肝臟能量轉換間之關係，計算式如下：

$$HIS = (LW/EW) \times 100$$

方程式中：LW 為肝臟重 (單位：g)、EW 為魚體去內臟重 (單位：g)。

(四) 肥滿度 (condition factor, CF)

肥滿度的月別變化來探討本種肥滿度變化與生殖期間有無相關，計算式如下：

$$CF = (EW/TL^3) \times 10^5$$

方程式中：EW 為魚體去內臟重 (單位：g)、TL 為全長 (單位：mm)。

(五) 群成熟度 (group maturity rate)

本研究根據林 (2007)、羅 (2010)，將生殖腺發育分為未成熟 (immature)、成熟中 (maturing)、已成熟 (matured) 及產卵後 (spent) 等四個階段，分別計算各月別不同性成熟階段百分比，作為判定生殖期的依據。未成熟階段為染色質核仁期及周邊核仁期，成熟中階段為卵黃胞期至第三級卵

黃期階段，已成熟階段為核仁移動期及完熟期。

(六) 性比 (sex ratio, %)

性比計算方式為雌魚佔總樣本數之百分率，分別分析月別性比及不同體長組別之性比，計算式如下：

$$\text{性比} = \text{雌魚數量} / (\text{雌魚數量} + \text{雄魚數量})$$

雌雄性比數是否為 1:1，以卡方檢定 (Chi-square test) 檢驗之，藉以判斷雌雄群間數量的差異性。

(七) 孕卵數 (fecundity, F) 與單次產卵數 (batch fecundity, BF)

參考張 (2008) 及李 (2010) 針對龜山島海域產黑鰻及西南海域產大頭白姑魚的研究，採用重量法 (gravimetric method) 來推算孕卵數與單次產卵數，估算卵細胞發育達到卵黃胞期及核仁移動期之卵數，其估算公式如下：

$$F = (0.05 \text{ g 卵巢中卵徑} \geq 0.2 \text{ mm 之卵數} / 0.05 \text{ g 卵巢重}) \times \text{卵巢重}$$

$$BF = (0.05 \text{ g 卵巢中卵徑} \geq 0.6 \text{ mm 之卵數} / 0.05 \text{ g 卵巢重}) \times \text{卵巢重}$$

(八) 50% 性成熟體長 (size at 50% maturity)

將雌魚的全長以 20 mm 為組距，透過組織切片及 GSI 來計算組距內生殖腺達性成熟的比率，再利用 logistic curve (King, 1995) 估算性成熟率達 50% 的體長大小，其計算式如下：

$$Pr = 1 / (1 + e^{a+bTL})$$

方程式中：Pr 為成熟百分比、TL 為全長 (單位：mm)、a、b 為常數。

結 果

一、全長與體重間迴歸分析

本研究期間共計採集 871 尾樣本魚，其中雌魚 348 尾，體長範圍為 185 - 480 mm，體重範圍為 60 - 1,247 g。全長與體重之迴歸關係式如下列所示：

$$BW = 2.0 \times 10^{-5} TL^{2.9248} \quad (R^2 = 0.974, n = 348) \quad (\text{Fig. 1})$$

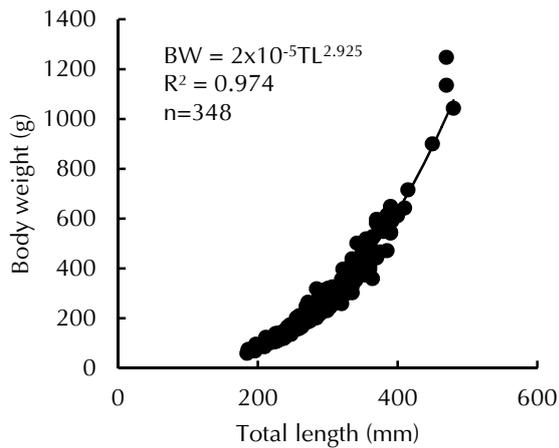


Fig. 1 The relationship between total length and body weight for female *Atrubucca nibe*.

二、卵細胞成熟階段

黑鰻的卵細胞發育過程參考吳 (1993)、翁 (2003)、Lee *et al.* (2005)、Wu *et al.* (2012) 等研究的判斷標準，將卵細胞發育分成八個階段。348 尾雌魚的生殖腺進行組織切片，其結果如下：

(一) 染色質核仁期 (Chromatin-nucleolus stage, Cn)

在此階段卵粒非常小，肉眼無法看到，卵徑在 0.02 - 0.15 mm 之間，細胞質被蘇木精染成深紫色，呈嗜鹼性 (basophilic) (Fig. 2A)。

(二) 周邊核仁期 (Peri-nucleolus stage, Pn)

在此階段卵粒變大，肉眼仍不易看見，卵徑在 0.13 - 0.25 mm 之間，有一個明顯且大的細胞核，細胞核的周圍會遍佈一些小的核仁，細胞質呈嗜鹼性 (Fig. 2B)。

(三) 卵黃胞期 (Yolk vesicle stage, Yv)

在此階段卵的外觀呈圓形或橢圓形，卵徑較前一階段大，有一個大的細胞核，出現油滴和卵黃胞，顏色偏紫紅色，卵徑在 0.20 - 0.35 mm 之間 (Fig. 2C)。

(四) 初級卵黃期 (Primary yolk stage, Ys1)

在此階段卵粒持續增大，周圍遍佈較小的油滴和卵黃球，卵徑在 0.32 - 0.45 mm 之間 (Fig. 2D)。

(五) 次級卵黃期 (Secondary yolk stage, Ys2)

在此階段油滴的大小增加，並開始集中在細胞核周圍，細胞質中的卵黃球數量增加，卵徑在 0.40 - 0.53 mm 之間 (Fig. 2E)。

(六) 第三級卵黃期 (Tertiary yolk stage, Ys3)

在此階段卵黃球大部份已合併為卵黃團，卵黃球與油滴大小及數量持續增加，卵徑在 0.52 - 0.65 mm 之間 (Fig. 2F)。

(七) 核仁移動期 (Migratory nucleus stage, Mn)

在此階段卵黃球合併成卵黃團，油滴的大小增加，細胞核向動物極移動或消失不見，卵徑在 0.60 - 0.80 mm 之間 (Fig. 2G)。

(八) 完熟期 (Mature stage, Re)

在此階段卵粒形狀呈不規則，油滴融合變成大油滴，卵徑在 0.70 - 0.95 mm 之間 (Fig. 2H)，此階段裡可發現產後濾泡 (post-ovulatory follicles, Pof) (Fig. 2H)。

三、生殖腺成熟階段

從卵巢的外觀、生殖腺成熟指數與觀測組織切片的結果，將卵巢分為四個不同的成熟階段：

(一) 未成熟階段

此階段的卵巢呈細小線狀，用肉眼無法看到卵粒；根據組織學的觀察，約在染色質核仁期至周邊核仁期階段，生殖腺指數 ≤ 1.38 ，卵徑範圍在 0.02 - 0.25 mm 之間。

(二) 成熟中階段

卵巢逐漸增大，顏色由淡黃色轉為粉橘色，可以肉眼看到微小的卵粒，根據組織學的觀察，約在卵黃胞期至第三級卵黃期階段，生殖腺指數在 1.38 - 8.0 之間，卵徑範圍在 0.20 - 0.65 mm 之間。

(三) 已成熟階段

卵巢明顯變大，並且充滿整個腹腔，卵巢上微

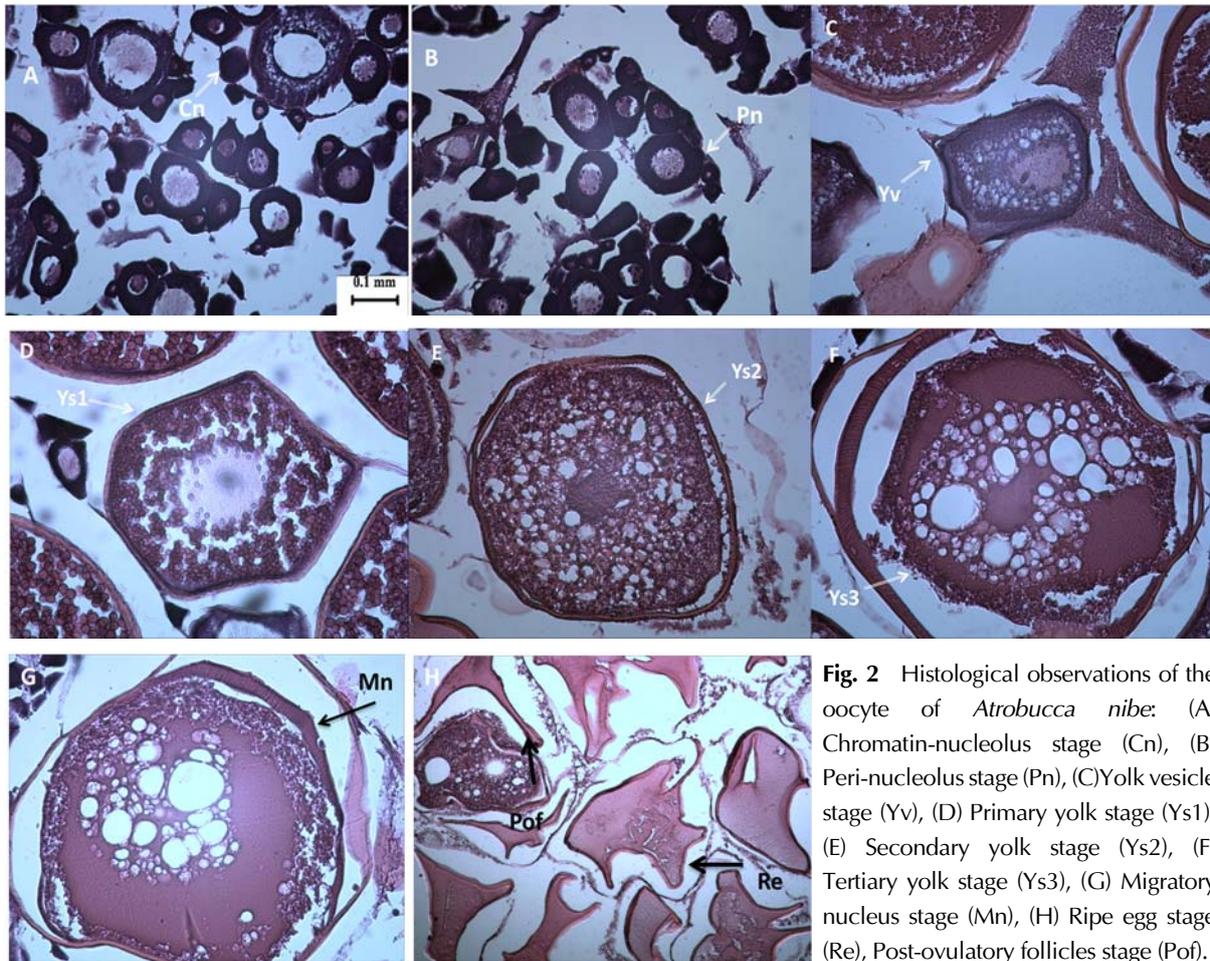


Fig. 2 Histological observations of the oocyte of *Atrobucca nibe*: (A) Chromatin-nucleolus stage (Cn), (B) Peri-nucleolus stage (Pn), (C) Yolk vesicle stage (Yv), (D) Primary yolk stage (Ys1), (E) Secondary yolk stage (Ys2), (F) Tertiary yolk stage (Ys3), (G) Migratory nucleus stage (Mn), (H) Ripe egg stage (Re), Post-ovulatory follicles stage (Pof).

血管非常明顯，可以肉眼看到明顯的卵粒，卵粒呈透明狀，顏色由粉橘色轉變為粉紅色，根據組織學的觀察，約在核仁移動期至完熟期階段，生殖腺指數 ≥ 8.0 mm，卵徑 ≥ 0.60 mm。

(四) 產卵後階段

產過卵的卵巢較成熟階段的小，卵巢內會殘留一些大的卵粒，並且可發現產後濾泡及萎縮的卵細胞。

四、生殖腺指數月別變化

生殖腺指數月別變動，其平均值範圍介於 0.85 - 6.54 間，2012 年 7 至 9 月生殖腺指數維持在較低值，2012 年 10 月至 12 月小幅度的上升，2013 年 1 月迅速上升至 4.91，之後緩慢上升到 5 月為最高值 6.54，之後開始下降 (Fig. 3)。

五、肝臟指數月別變化

肝臟指數月別變化，其平均值範圍介於 1.21 - 2.23 間，2012 年 7 月至 12 月肝臟指數維持在較低值，2013 年 1 月至 5 月維持在較高值，6 月下降至 1.35 (Fig. 4)。

六、肥滿度月別變化

雌魚肥滿度月別變化，其平均值介於 0.9 - 0.99 間，整年的肥滿度變動呈現較平穩的走向 (Fig. 5)。

七、群成熟度月別變化

雌魚的群成熟度月別變動，雌魚於 2012 年 11 月出現性成熟個體，比例為 2%，之後開始增加，到了 2013 年 3 月、4 月增加為 44% 和 50%，5 月

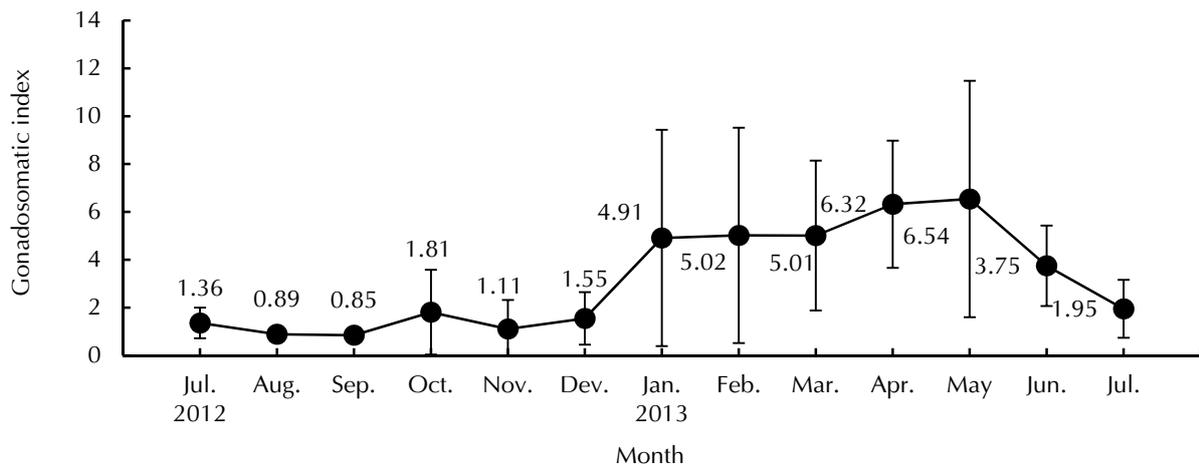


Fig. 3 Monthly variation of mean gonadosomatic index (GSI) values for female *Atrubucca nibe* (n=348). Solid circles with vertical bars denote mean \pm SD.

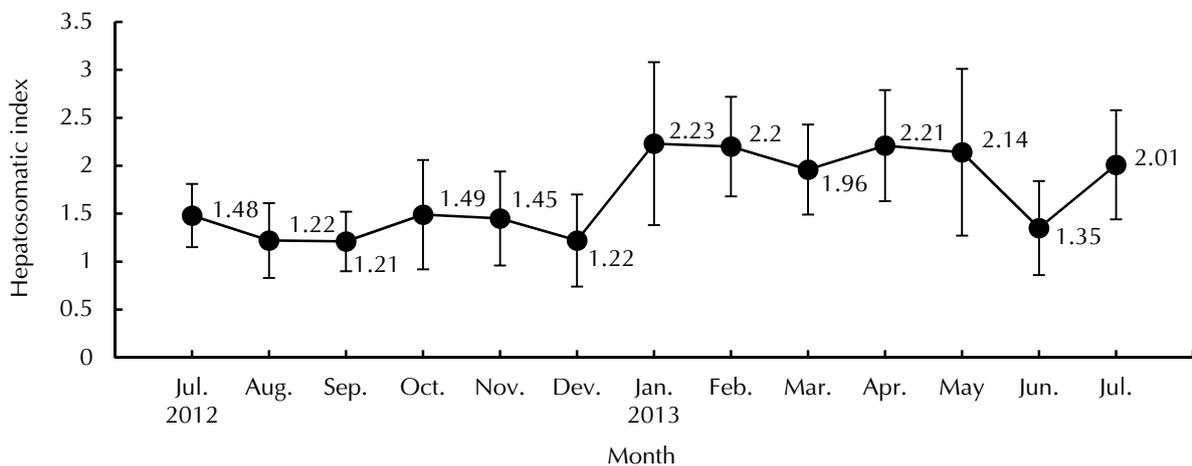


Fig. 4 Monthly variation of mean hepatosomatic index (HIS) values for female *Atrubucca nibe* (n=348). Solid circles with vertical bars denote mean \pm SD.

已成熟階段比例為 61%，之後開始下降 (Fig. 6)。

八、性比

(一) 月別性比變化

本研究所採集的樣本月別性比由 Table 1 所示，雌魚為 348 尾、雄魚 523 尾，性比為 0.40，雄魚數量較占優勢，經卡方檢定結果，性比呈顯著差異 ($X^2=35.2, p < 0.05$)，雄魚數量顯著多於雌魚。

(二) 全長別性比變化

全長別性比以 20 mm 為一組距，可明顯看出本種性比會隨著全長的增加而增加，當全長約在

300 mm 以下時以雄魚為主，大於 300 mm，雌魚數量較佔優勢 (Table 2)。在大體型之魚中，體長為 420 - 450 mm 時，僅採集到 1 尾雌魚及 1 尾雄魚。

九、50% 性成熟體長

雌魚成熟百分比與全長關係如 Fig. 7，將各組距內成熟樣本所佔的百分比套用 Logistic curve，求得關係式如下：

$$Pr = 1/(1+e^{6.29+0.02TL})$$

將 Pr = 0.5 代入此關係式求得雌魚 50% 性成熟時的全長為 310 mm。

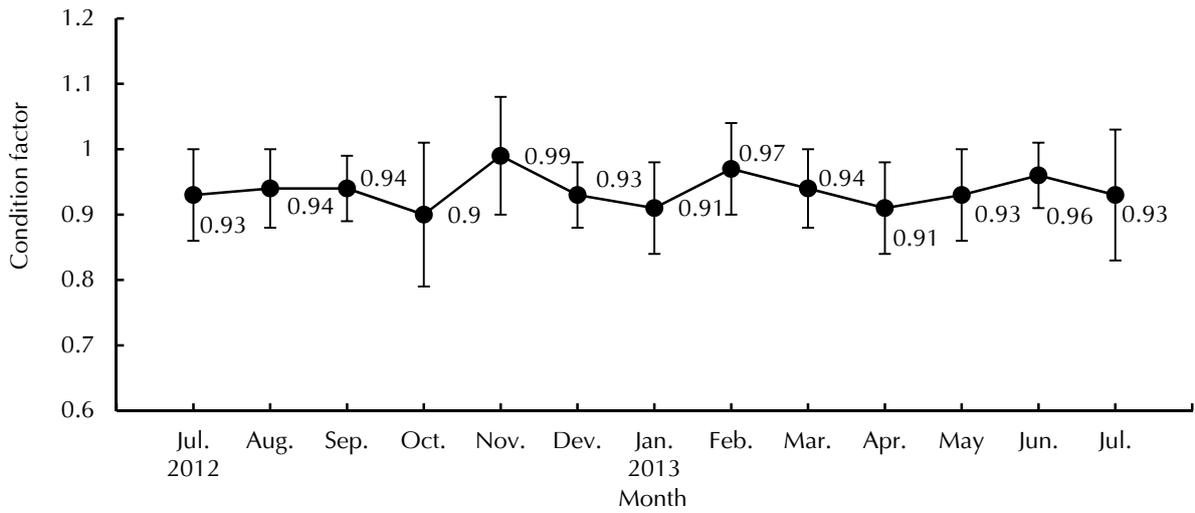


Fig. 5 Monthly variation of mean condition factor (CF) values for female *Atroubucca nibe* (n=348). Solid circles with vertical bars denote mean \pm SD.

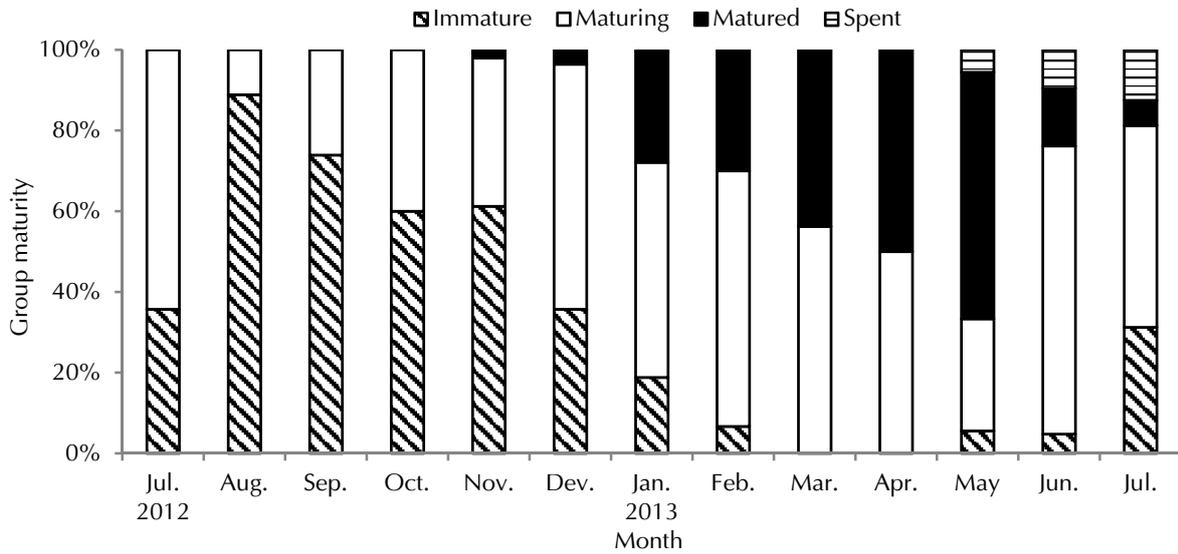


Fig. 6 Monthly variation of group maturity rate for female *Atroubucca nibe*.

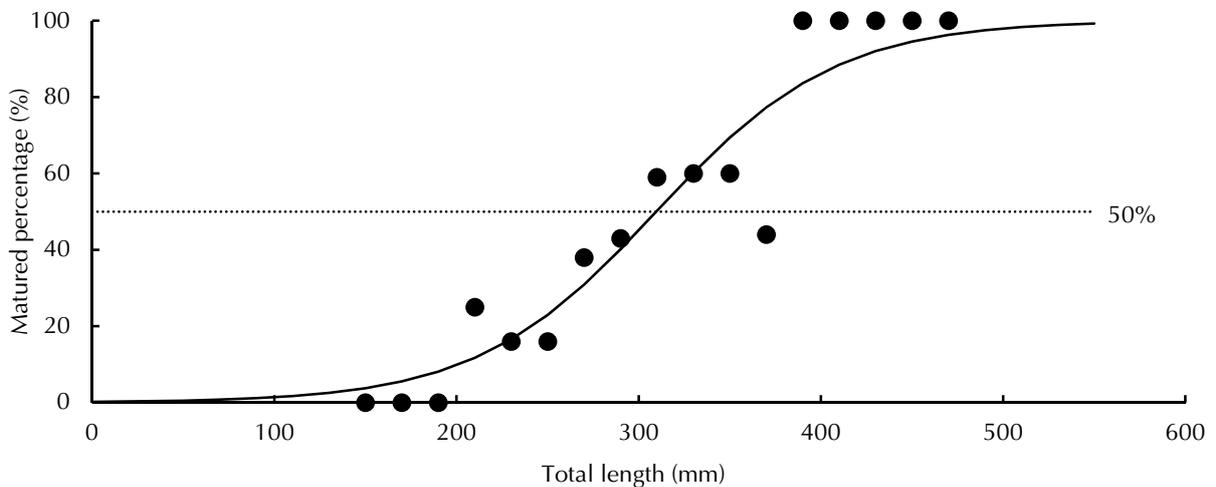


Fig. 7 The relationship between maturity rate and total length for female *Atroubucca nibe*.

Table 1 Monthly sex ratios of *Atrubucca nibe* collected from the waters off southwestern Taiwan. Sample sizes of both females and males and χ^2 test results for each monthly sex ratio are listed

Year	Month	Female	Male	Sex ratio(%)	χ^2	<i>p</i>
2012	Jul.	28	33	45.9	0.4	ns
	Aug.	19	45	29.7	10.6	*
	Sep.	24	41	36.9	4.4	ns
	Oct.	15	42	26.3	12.8	*
	Nov.	53	45	54.1	0.7	ns
	Dec.	28	50	35.9	6.2	*
2013	Jan.	29	41	41.4	2.1	ns
	Feb.	30	31	49.2	0.0	ns
	Mar.	32	33	49.2	0.0	ns
	Apr.	34	26	56.7	1.1	ns
	May	18	44	29.0	10.9	*
	Jun.	21	43	32.8	7.6	*
	Jul.	17	49	25.8	15.5	*
Total		348	523	40.0	35.2	*

ns: non-significant; *significantly different as 1: 1 ratio ($p < 0.05$)

十、孕卵數與單次產卵數

(一) 孕卵數

本研究共計數了 74 尾雌魚的孕卵數 (F)，體長為 231-480 mm，體重為 121-1247 g，卵巢重為 1.3-139.9 g，生殖線指數為 1.48-23.17，孕卵數為 23,506-1,243,852 粒卵，平均孕卵數 (\pm SD) 為 $247,426 \pm 227,408$ 粒卵。

(二) 單次產卵數

生殖期 1 月至 5 月選取 19 尾雌魚來計數單次產卵數，全長為 255-415 mm，體重為 202-716 g，卵巢重為 14.3-88.7 g，生殖線指數為 3.16-23.17，單次產卵數範圍為 12,888-133,065 粒卵，平均產卵數 (\pm SD) 為 $57,576 \pm 37,205$ 粒卵。

討 論

根據臺灣魚類資料庫的記載，黑鰻最大體長為 45 cm，蔡 (1993) 在東港周邊海域所捕獲樣本的最大體長為 42 cm，而本研究所漁獲之黑鰻在 871 尾樣本中，有 5 尾樣本體長達 45 cm 以上，最

大的樣本體長達 48 cm，均於產卵盛期所漁獲。影響魚類生長的因素很多，例如：溫度、食物、光照、深度與壓力、底質及化學因素等 (黃, 2007)。蔡 (1993) 進行黑鰻年齡與成長的研究，指出黑鰻的極限體長為 53.38 cm，k 值為 0.187；張 (2008) 於龜山島海域所捕獲的黑鰻極限體長為 57.6 cm，k 值為 0.275。而東海產之黑鰻 k 值為 0.279 (佐藤, 1974)。上述這些結果顯示，不同海域魚體的成長速率也會有所不同，而造成差異的原因可能與黑鰻位於的緯度、當地的水溫、深度、基礎生產力的不同所致 (張, 2008)。

魚類的產卵模式可根據卵細胞的發育情形及排卵的方式來判斷，Murua and Saborido-Rey (2003) 認為魚類的產卵型式可分為三種：一、同步成熟型 (synchronous)；二、分批同步成熟型 (group-synchronous)；三、非同步成熟型 (asynchronous)。黑鰻卵巢的組織切片顯示，黑鰻同一幅卵巢中具有兩種不同成熟階段的卵細胞，一群發育較快一群則停留在未成熟階段。本魚種的生殖期為 1-5 月，生殖腺成熟指數在非生殖期時皆保持在低值，綜合上述，本研究推斷黑鰻的產卵形式為分批同步成熟型。

Table 2 Sample numbers of both females and males, and sex ratio in each length category of *Atrobuca nibe*. Sample sizes of both females and males and χ^2 test results for length (mm) and sex ratio are listed

Length (mm)	Female (n=348)	Male (n=523)	Sex ratio (%)	χ^2	<i>p</i>
170	0	2	0	2.00	ns
190	4	24	14.3	14.29	*
210	17	34	33.3	5.67	*
230	37	136	21.4	56.65	*
250	59	107	35.5	13.88	*
270	31	75	29.2	18.26	*
290	63	77	45	1.40	ns
310	52	37	58.4	2.53	ns
330	27	11	71.1	6.74	*
350	20	9	69	4.17	ns
370	20	7	74.1	6.26	ns
390	9	3	75	3.00	ns
410	4	0	100	4.00	ns
430	1	1	50	0.00	ns
450	1	0	100	1.00	ns
470	2	0	100	2.00	ns
490	1	0	100	1.00	ns

ns: non-significant; *significantly different as 1: 1 ratio ($p < 0.05$)

依據組織切片、生殖腺指數、生殖腺群成熟度百分比組成月別變動來判斷生殖期，在 1 月至 5 月所採集到的樣本，卵巢內有發現成熟階段的卵細胞。由生殖腺成熟指數月別變動可看出，生殖腺成熟指數在 2013 年 1 月至 5 月生殖線指數較其餘月份為高，5 月時開始下降。生殖腺群成熟度的月別變化在 2012 年 11 月至 2013 年 7 月皆有成熟魚的出現，但從 1 月開始至 5 月成熟魚所佔的比例較高。綜合以上方法所得到的結果，判斷臺灣西南海域所產黑鰻之生殖期在 1 月至 5 月，生殖高峰為 3 月至 5 月。

石首魚由於缺乏明顯的外部特徵，再加上產卵多為夜間 (Holt *et al.*, 1985; 李, 2002) 及產卵環境多為混濁的沿岸水域 (翁, 2000)，因此經由鳴音來適應夜間及混濁的生殖環境，來達成其生殖的目的 (李, 2002; 張, 2008)。李 (2002) 指出黑鰻的發音肌周年變動與生殖腺指數周年變動相似，約在 3 - 5 月間達到高峰，其結果與本研究所推斷的

生殖高峰一致。在臺灣東北部龜山島黑鰻生殖期在 4 月至 6 月間 (張, 2008)，而國外黑鰻生殖期在南非東海岸為 8 月至隔年 3 月 (Fennessy, 2000)，印度卡基納達為 2 月至 7 月 (Murty, 1980)。

初期卵細胞的生長並無卵黃的堆積，當進入卵黃胞期時，卵細胞開始生成卵黃，稱為內卵黃生成 (endogenous vitellogenesis) (黃與余, 1987)，接著由促性腺激素 (gonadotropin, GtH) 刺激卵巢生成雌性激素，促使肝臟合成卵黃前質 (vitellogenin)，卵黃前質經血液輸送至卵巢後，透過 GtH 的作用吸收至卵細胞中形成卵黃，此段作用稱為外卵黃生成 (exogenous vitellogenesis) (李, 2002)。Htum (1978) 指出，肝臟指數可以作為魚類產卵的能量儲存利用指標，通常在產卵季時最高，產卵後最低，亦即由肝臟指數變化可以推估生殖期。隆島 (1974) 指出，雌魚的卵巢發達時，肝臟則肥大，此時含有大量的脂肪質，在產卵期時，肝臟的脂肪質含量會減少。在本研究中，雌魚在

1 - 5 月的生殖腺成熟指數及肝臟指數變化趨勢一致，產卵季節裡生殖腺指數及肝臟指數的數值均很高，而非生殖的季節中數值均低。而肥滿度在採樣的 13 個月中，均呈現平緩的走向，無過大的起伏。綜合上述，本研究推測本種魚在產卵時主要是消耗儲存在肝臟的能量，與肥滿度較無相關。

根據蔡 (1993) 所提出之成長方程式，在本研究中雌魚最小性成熟體長為 222 mm，約為 2 歲魚。本種在日本伊紀水道的最小性成熟體長為 240 mm (山口, 1953)；黃海、東海生殖腺成熟度與月別體長關係，最小性成熟體長為 210 - 270 mm (松井與高井, 1951)；臺灣龜山島海域產黑鰻最小性成熟體長為 230 mm (黃, 1982)；本研究雌魚的 50% 性成熟體長為 310 mm，由高緯度至低緯度，本種魚的成熟體長有遞減的現象 (黃, 1982)。而 Fennessy (2000) 在南非東海岸所求得黑鰻雌魚 50% 性成熟體長為 286 mm，可能與兩地的緯度、溫度不同，進而造成性成熟體長的差異。

本研究所檢視的 348 尾雌魚，僅有少數的樣本卵巢內有觀察到水卵，因此本研究在產卵數的推估是以核仁移動期 (含) 以上的卵細胞為代表。發現水卵偏少的原因可能與本研究標本船採樣地點並非產卵場，由於石首魚產卵環境多為沿岸水域 (翁, 2000)，而根據漁業法規第四十四條第四款禁止未滿五十噸拖網漁船於距岸三海里內作業 (全國法規資料庫, 2013)，因為作業地點並不是產卵的地點，因此採到水卵樣本偏少。另外石首魚產卵多為夜間 (Holt *et al.*, 1985; 李, 2002)，而標本船作業時間多為早晨至下午 3 點之白天時段，因此以上各種原因可能造成捕獲的魚體中具有水卵的樣本偏少。孕卵數與卵徑大小是研究魚類下一代生殖的重要因素 (Bagenal, 1973)，其可估算下一代的數量，代表魚類增殖方面的潛能 (黃, 1984)，卵徑對仔魚的存活率也有極大影響 (Miller *et al.*, 1988)。本研究所估計黑鰻的孕卵數範圍為 23,506 - 1,243,852 粒卵，單次產卵數為 $57,576 \pm 37,205$ 粒卵。龜山島海域產黑鰻孕卵數在 35,130 - 1,138,272 之間 (張, 2008)。佐藤 (1974) 在東海海域針對黑鰻的生殖研究中，指出本種成熟水卵卵徑約在 0.75 - 0.95 mm 之間，而本研究所測量到最大的水卵卵徑約在 1.00 mm，兩地差異不大。

漁業生殖生物學研究可提供漁政單位訂定漁

業管理之參考，黑鰻生殖期為 1 - 5 月，生殖盛期為 3 - 5 月，本研究推算 50% 性成熟體長雌魚為 310 mm，為保護黑鰻漁業資源避免過度利用，建議生殖盛期 3 - 5 月應減少漁獲壓力，並於生殖期間訂定禁漁期，給予黑鰻資源維護及復育的時間，方能永續利用。

參考文獻

- 山口義昭 (1953) 紀伊水道域のクログチ (*Nibea nibe* Temminck et Schlegel). 內海區水產研究所研究報告, 4: 93-100.
- 佐藤哲哉 (1974) 東海產クログチの漁業生物學の研究. 西海區水產研究所研究報告, 45: 23-185.
- 吳春基 (1993) 臺灣西南海域產黃腹紅姑魚之生殖生物學研究. 國立臺灣海洋大學漁業研究所 碩士論文, 基隆, 臺灣, 88 pp.
- 李宏泰 (2002) 黑口發音肌生殖適應之季節變化. 國立臺灣海洋大學漁業科學學系 碩士論文, 基隆, 臺灣, 61 pp.
- 李錄州 (2010) 臺灣西南海域產大頭白姑魚之生殖生物學研究. 國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理系 碩士論文, 高雄, 臺灣, 81 pp.
- 林智文 (2007) 臺灣西南沿海產尖尾海鰻之生殖生物學研究. 國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理系 碩士論文, 高雄, 臺灣, 84 pp.
- 松井魁、高井徹 (1951) 東海、黃海產重要魚類の生態學研究. 第二報, クログチ (*Nibea nibe* Jordan and Thompson) の生態學の研究, 日水誌, 16(12): 125-143.
- 翁進坪 (2000) 日本銀身鰻生物聲學之研究. 國立臺灣海洋大學漁業科學研究所 博士論文, 基隆, 臺灣, 84 pp.
- 翁進興 (2003) 澎湖海域日本銀帶鯪之生殖生物學研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學系 碩士論文, 基隆, 臺灣, 101 pp.
- 張晉嘉 (2008) 漁業開發對臺灣東北龜山島海域產黑鰻生活史參數之影響評估. 國立臺灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所 碩士論文, 基隆, 臺灣, 89 pp.
- 隆島史夫 (1974) 魚類の成熟と脂質代謝, 恒星社厚生閣, 76-87.
- 黃火煉、余玉林 (1987) 魚類卵巢發育、卵黃生成及其內分泌控制. 魚類生殖與內分泌之基礎與應用論文專集, 111-125.
- 黃四字 (1984) 臺灣近海皮刀魚成熟度與孕卵數之研究. 臺灣省水產試驗所試驗報告, 37: 93-100.
- 黃貴民 (1982) 臺灣龜山島附近海域產黑口之生殖生物學研究. 國立臺灣海洋大學漁業科學學系 碩士論文, 基隆, 臺灣, 53 pp.

- 黃貴民 (2007) 魚類學. 耀昇企業社編印, 449 pp.
- 劉發煊、陳金城 (1954) 臺灣北部黑口之調查. 中國水產, 24: 23-45.
- 蔡政南 (1993) 臺灣東港附近海域黑口之年齡成長. 國立臺灣海洋大學漁業科學系 碩士論文, 基隆, 臺灣, 51 pp.
- 羅舜仁 (2010) 臺灣西南海域產小鰭鏞齒魚之生殖生物學研究. 國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理系 碩士論文, 高雄, 臺灣, 81 pp.
- Bagenal, T. B. (1973) Fish fecundity and its relation with stock and recruitment. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer., 164: 186-198.
- Fennessy, S. T. (2000) Aspects of the Biology of Four Species of Sciaenidae from the East Coast of South Africa. Estuar. Coast. Shelf Sci., 50: 259-269.
- Holt, G. L., S. A. Holt and C. R. Arnold (1985) Diel periodicity of spawning in sciaenids. Mar. Ecol. Prog. Ser., 27: 1-7.
- Htum, M. H. (1978) The reproductive biology of the dab *Limanda ferruginea* in the North Sea: Seasonal changes in the ovary. J. Fish Biol., 13: 351-359.
- King, M. (1995) Fisheries Biology, Assessment and Management. Fishing News Book, Blackwell Science, Cambridge, Mass. Distributors, 341 pp.
- Lee, C. F., K. M. Liu, W. C. Su and C. C. Wu (2005) Reproductive biology of the common ponyfish *Leiognathus equulus* in the south-western waters off Taiwan. Fish. Sci., 71: 551-562.
- Miller, T. J., J. A. Rice and E. A. Marshall. (1988) Larval size and recruitment in fish: toward a conceptual framework. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 46: 516-521.
- Murty, V. S (1980) Observations on some aspects of biology of the black croaker *Atrubucca nibe* (Jordan and Thompson) from Kakinada. Indian. J. Fish., 27: 66-75.
- Murua, H. and F. Saborido-Rey (2003) Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci, 33: 23-31.
- Wu, C. C., W. C. Su, K. M. Liu, J. S. Weng and L. J. Wu (2012) Reproductive biology of the Japanese butterflyfish *Psenopsis anomala* in the south-western waters off Taiwan. J. Appl. Ichthyol., 28: 209-216.

Reproductive Biology of Black Croaker (*Atrobuca nibe*) in the Waters off Southwestern Taiwan

Li-Ting Hsiao¹, Chao-Ching Chen², Chun-Chi Wu¹, Yi-Hui Chen¹ and Jia-Shin He^{1*}

¹Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute

²Department of Fisheries Production and Management, National Kaohsiung Marine University

ABSTRACT

The black croaker (*Atrobuca nibe*) is one of the important commercial species for trawl fisheries in southwestern Taiwan. Monthly samples of specimens taken from the trawl landings at Tongkang fishing port from July 2012 to July 2013 added up to a total of 871 specimens (348 females and 523 males). The total length (TL) and body weight (BW) of the collected fish ranged from 158 to 480 mm and from 43 to 1247 g, respectively. For females, the relationship between TL and BW was estimated as $BW=2.0 \times 10^{-5} TL^{2.925}$ ($R^2=0.974$, $n = 348$). Based on the macroscopic appearance, histological examination of ovaries, and gonadosomatic index, the spawning season for the black croaker in the coastal waters off southwestern Taiwan likely lasts from January to May and peaks from March to May. The mean fecundity and mean batch fecundity of this species were estimated as $247,426 \pm 227,408$ and $57,576 \pm 37,205$, respectively. The sex ratio (female/total) was 0.40, but females outnumbered males at $TL \geq 300$ mm. The size (in TL) at 50% maturity (L_{50}) was estimated to be 310 mm. Logistic curves describing the relationship between the proportion of maturity at each length interval and TL were estimated as $P = 1/(1+e^{6.29-0.02TL})$.

Key words: *Atrobuca nibe*, reproductive biology, size at maturity

*Correspondence: Coastal and Offshore Resource Research Center, Fisheries Research Institute, No. 6, Yugang N. 3rd Rd., Cianjhen District, Kaohsiung 80672, Taiwan. TEL: (07) 8218103 ext. 221; E-mail: saxgirl42@gmail.com