

臺灣西南海域大頭白姑魚雌魚之生殖生物學研究

何珈欣·黃星翰·吳伊淑·賴繼昌*·翁進興

行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

摘要

大頭白姑魚 (*Pennahia macrocephalus*) 為臺灣西南海域拖網漁業主要漁獲經濟魚種之一，但對於此魚種相關研究較為缺乏，本文針對其生殖生物學進行研析。調查期間為 2015 年 4 月至 2016 年 3 月，共採集 1,322 尾樣本，性比為 (雌魚數/全部樣本數) 0.57 有顯著差異 ($p < 0.05$)，雌魚尾叉長範圍為 114.4 - 213.3 mm，體重範圍為 20.5 - 152.1 g。雌魚尾叉長 (FL) 與體重 (BW) 之迴歸關式為 $BW = 6.0 \times 10^{-6} FL^{3.1688}$ ($r^2 = 0.952$, $n = 761$, $p < 0.05$)。根據肉眼觀察生殖腺外觀、組織切片、卵徑頻度及生殖腺指數等，本魚種生殖期為 4 - 10 月，高峰為 6 - 7 月，孕卵數為 19,298 - 176,882 粒卵，單次產卵數為 65 - 12,387 粒卵。雌魚 50% 性成熟體長為 178.7 mm，9 月採有水卵，推估臺灣西南部附近海域為大頭白姑魚產卵場。

關鍵詞：大頭白姑魚、拖網漁業、50%性成熟體長、生殖腺指數

前言

大頭白姑魚 (*Pennahia macrocephalus*) 俗稱帕頭、加網 (澎湖)，隸屬於石首魚科 Sciaenidae，彭納石首魚屬 (沈, 1993; 陳, 2004)。臺灣西南與澎湖地區將同屬的白姑魚 (*P. argentata*)、斑鰭白姑魚 (*P. pawak*)、截尾白姑魚 (*P. anea*) 統稱為帕頭、加網。主要棲息於近沿海之砂泥底質中下層水域，分布於印度-西太平洋區，西起馬來半島、沙勞越及爪哇，東至臺灣海峽及在臺灣西部、北部及澎湖海域 (邵, 2020)。大頭白姑魚為臺灣西南海域拖網漁業常見之漁獲魚種，終年均可漁獲，其肉質細嫩鮮美，魚價每公斤達 150 - 350 元，更為臺灣海峽拖網漁船之主要漁獲來源 (陳, 1959; 曾與劉, 1971)，但依據行政院農業委員會漁業署漁業年報統計資料顯示，其漁獲量自 1993 年的 6,346 mt 逐年降至 2018 年的 656 mt，顯示近 20 年來白口於沿近海漁獲量有減少之趨勢。目前在國內方面研究，僅有年齡成長 (蔡, 2008) 及生殖生物學 (李, 2010)，其他相關研究則尚付闕如。國外部份，未

有關本魚種之研究文獻，僅有日本沿近海域與中國廣西北部灣 (Beibu Gulf) 同屬的白姑魚之全長與體重關係 (Yoon *et al.*, 2013)、攝食習性 (Kume *et al.*, 2015)、生殖生物學及年齡成長等方面研究 (Yamaguchi *et al.*, 2004, 2006; Yunrong *et al.*, 2009)。

生殖生物學之研究為資源評估管理之重要基礎 (翁, 2003)，過去李 (2010) 雖有針對大頭白姑魚進行生殖生物學方面研究，生殖期為 5 - 10 月，但研究中仍未明確指出該魚種成熟位置及作業漁場，因此本研究將探討大頭白姑魚於臺灣西南海域之生殖生物特性並搭配標本船之作業漁場位置，運用組織學方式，顯微鏡觀察生殖腺發育情形、生殖腺指數、卵徑頻度等進行生殖期等相關研究，做為日後對大頭白姑魚資源進行解析及管理之基礎參考資料。

材料與方法

一、樣本採集

本研究自 2015 年 4 月至 2016 年 3 月止，按月至高雄蚵仔寮漁港及屏東東港魚市場隨機採樣，所採集之樣本為船上裝有航跡記錄器 (voyage data recorder) 之 20 - 50 噸級小型單船拖網漁船。

*通訊作者 / 高雄市前鎮區漁港北三路 6 號, TEL: (07) 821-8103 轉 212; FAX: (07) 821-8205; E-mail: cclai@mail.tfrin.gov.tw

樣本以碎冰冰藏後攜回中心實驗室進行解剖，分別量測其尾叉長 (fork length, FL, 單位: mm)、體重 (body weight, BW, 單位: g)、生殖腺重 (gonad weight, GW, 單位: g)。另將生殖腺浸泡在 10% 福馬林 (formalin) 溶液中進行固定，作為日後進行組織切片、孕卵數估計及卵徑大小測定用。

二、資料分析

(一) 尾叉長與體重關係

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：

$$BW = a \times FL^b$$

式中，a 和 b 為係數

(二) 生殖腺指數

生殖腺指數 (gonadosomatic index, GSI) 計算公式如下 (Uosaki and Bayloff, 1999; Armas *et al.*, 2006)：

$$GSI = GW / BW \times 10^5$$

式中，GW 為生殖腺重；BW 為體重

(三) 群成熟度 (group maturity rate)

依據林 (2007)、羅 (2010)，將生殖腺發育分為未成熟 (immature)、成熟中 (maturing)、已成熟 (matured) 和排卵 (ovulation) 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，排卵階段則是有水卵或排完卵之濾泡。

(四) 性比

性比 (sex ratio, %) 計算方式為雌魚佔總樣本數之比率，分別分析月別性比及不同體長組別之性比，計算式如下：

$$\text{性比} = \frac{\text{雌魚數量}}{\text{雌魚數量} + \text{雄魚數量}} \times 100\%$$

(五) 孕卵數與單次產卵數

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

$$F = \frac{0.05 \text{ g 卵巢中卵徑} \geq 0.1 \text{ mm 之卵數}}{0.05 \text{ g 卵巢重}} \times \text{卵巢重}$$

$$BF = \frac{0.05 \text{ g 卵巢中之透明卵卵徑} \geq 0.3 \text{ mm 之卵數}}{0.05 \text{ g 卵巢重}} \times \text{卵巢重}$$

(六) 50% 性成熟體長 (size at 50% maturity)

本研究大頭白姑魚最大體長 210 mm，屬於小型魚，若體長組距小於 10 mm 可能受人為誤差而影響無太大意義，但取的範圍過大結果會受影響，因此本研究以 10 mm 作為體長組距進行分析，透過組織切片、GSI 及卵徑大小，來計算組距內生殖線達性成熟的比率，再利用 logistic curve (King, 1995) 算性成熟率達 50% 的尾叉長大小，其計算式如下：

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

式中，Pr 為成熟百分比、FL 為尾叉長 (mm)、a、b 為常數

(七) 作業漁場及魚群成熟期分布調查

根據標本船當日作業海域之 GPS 船位記錄器所記錄之地理位置資訊，確認漁獲海域及標示出魚群成熟期位置。

結 果

一、尾叉長與體重關係

雌魚 761 尾，尾叉長範圍為 114.4 - 213.3 mm，體重為 20.5 - 152.1 g，雌魚全長體重關係式如下： $BW = 6 \times 10^{-6} FL^{3.1688}$ ($r^2 = 0.952$, $n = 761$) (Fig.1)。

二、卵徑大小月別變化

大頭白姑魚之月別卵徑頻度分布變動如 Fig. 2 所示，卵徑大小介於 0.06 - 0.83 mm 之間，2015 年 4 月起已有大於 0.5 mm 之卵粒出現，6 月 0.1 mm 卵徑比例降低，大型卵徑之比率增加，更有卵徑達

0.6 mm 之卵粒出現，9 月達高峰期，出現最大卵徑達 0.83 mm。10 月份開始卵徑開始縮小，至 2016 年 3 月卵徑小於 0.2 mm 所占比例達 70% 以上。

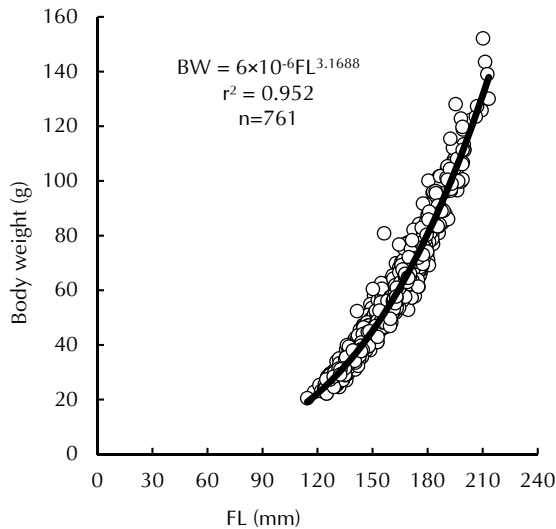


Fig. 1 Relationship between body weight (BW) and fork length (FL) of female *Pennahia microcephalus* specimens.

三、卵細胞成熟階段

經由組織切片 163 尾雌魚的卵巢卵母細胞發育過程，並參考翁 (2003)、Lee *et al.* (2005)、Wu *et al.* (2012) 等研究的判斷標準，將卵細胞發育分成下列八個階段：

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

卵粒非常小，肉眼無法清楚看出，外型大致呈圓形，卵徑在 0.02 - 0.07 mm 之間，細胞質被蘇木精染成深紫色，呈嗜鹼性 (Fig. 3A)。

(二) 周邊核仁期 (peri-nucleolus stage, Pn)

卵徑較前一階段大，有一個大且明顯的細胞核，卵徑在 0.05 - 0.10 mm 之間，呈嗜鹼性 (Fig. 3B)。

(三) 卵黃胞期 (yolk vesicle stage, Yv)

卵粒變大，外觀呈圓形或橢圓形，開始出現油滴及卵黃胞，卵徑在 0.10 - 0.18 mm 之間 (Fig. 3C)。

(四) 初級卵黃期 (primary yolk stage, Ys1)

卵徑持續增大，細胞質中遍佈較小的油滴和卵黃球，卵徑在 0.18 - 0.24 mm 之間 (Fig. 3D)。

(五) 次級卵黃期 (secondary yolk stage, Ys2)

此階段油滴大小開始增加，並往細胞核周圍聚集，細胞質中卵黃球數量增加，卵徑在 0.23 - 0.27 mm 之間 (Fig. 3E)。

(六) 第三級卵黃期 (tertiary yolk stage, Ys3)

此階段卵黃球開始合併成卵黃團，油滴大小及數量持續增加，卵徑在 0.28 - 0.32 mm 之間 (Fig. 3F)。

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

此階段卵黃球合併為卵黃團，油滴大小增加，細胞核向動物極移動或消失不見，卵徑在 0.32 - 0.41 mm 之間 (Fig. 3G)。

(八) 完熟期 (mature stage, Re)

此階段卵粒形狀呈不規則，油滴融合為大油滴，卵徑 ≥ 0.41 mm，本魚種最大卵徑為 0.86 mm (Fig. 3H)。

四、生殖腺成熟階段

從卵巢的外觀、GSI 與組織切片觀察的結果，將卵巢分為四個不同的成熟階段：

(一) 未成熟階段 (immature stage)

此階段卵巢呈細小線狀，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， $GSI \leq 1.02$ ，卵徑範圍在 0.02 - 0.10 mm 之間。

(二) 成熟中階段 (maturing stage)

卵巢逐漸增大，肉眼可以看到細小的卵粒；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 1.02 - 3.50 之間，卵徑範圍在 0.10 - 0.32 mm 之間。

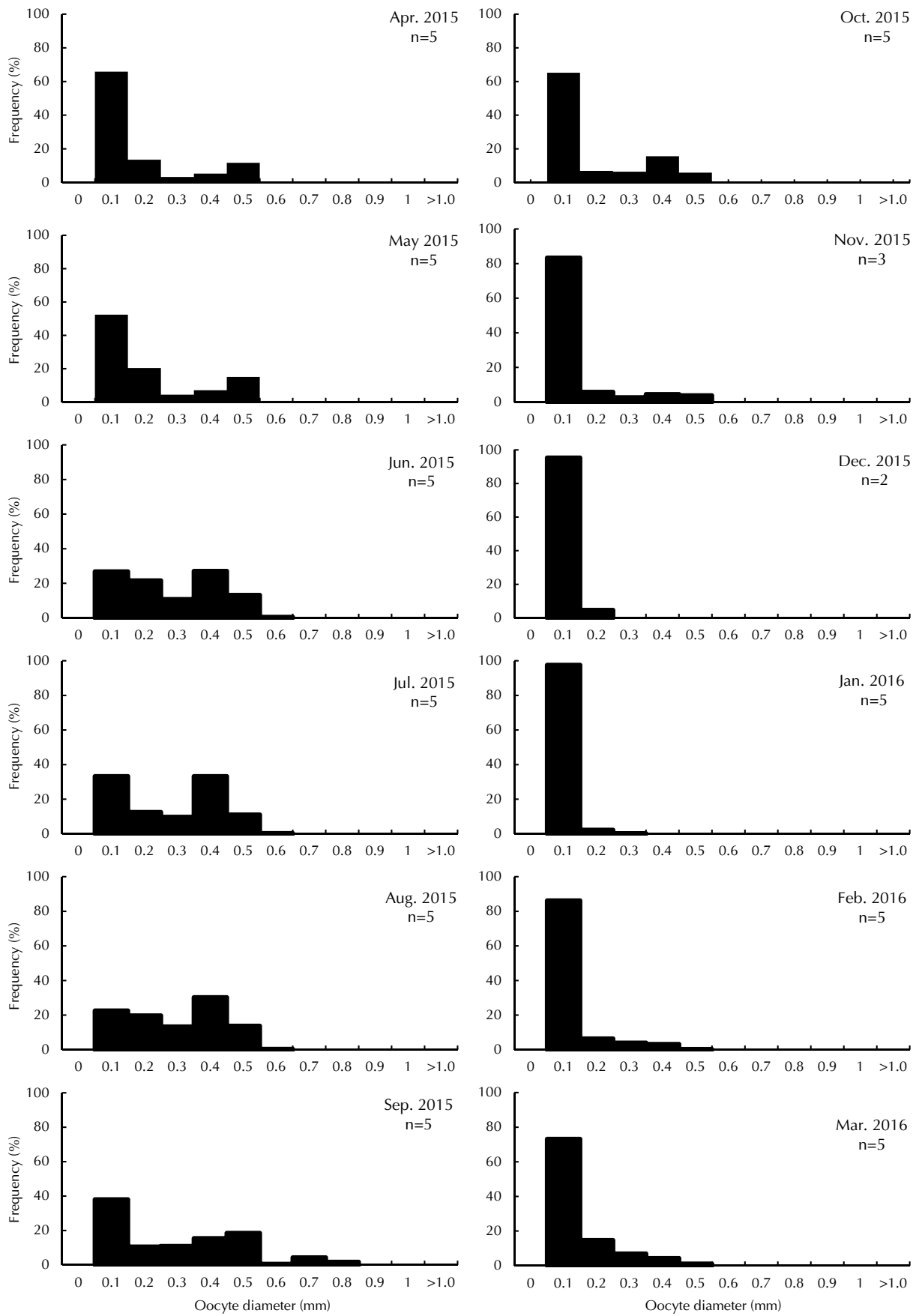


Fig. 2 Monthly changes in the frequency distribution of oocyte diameters.

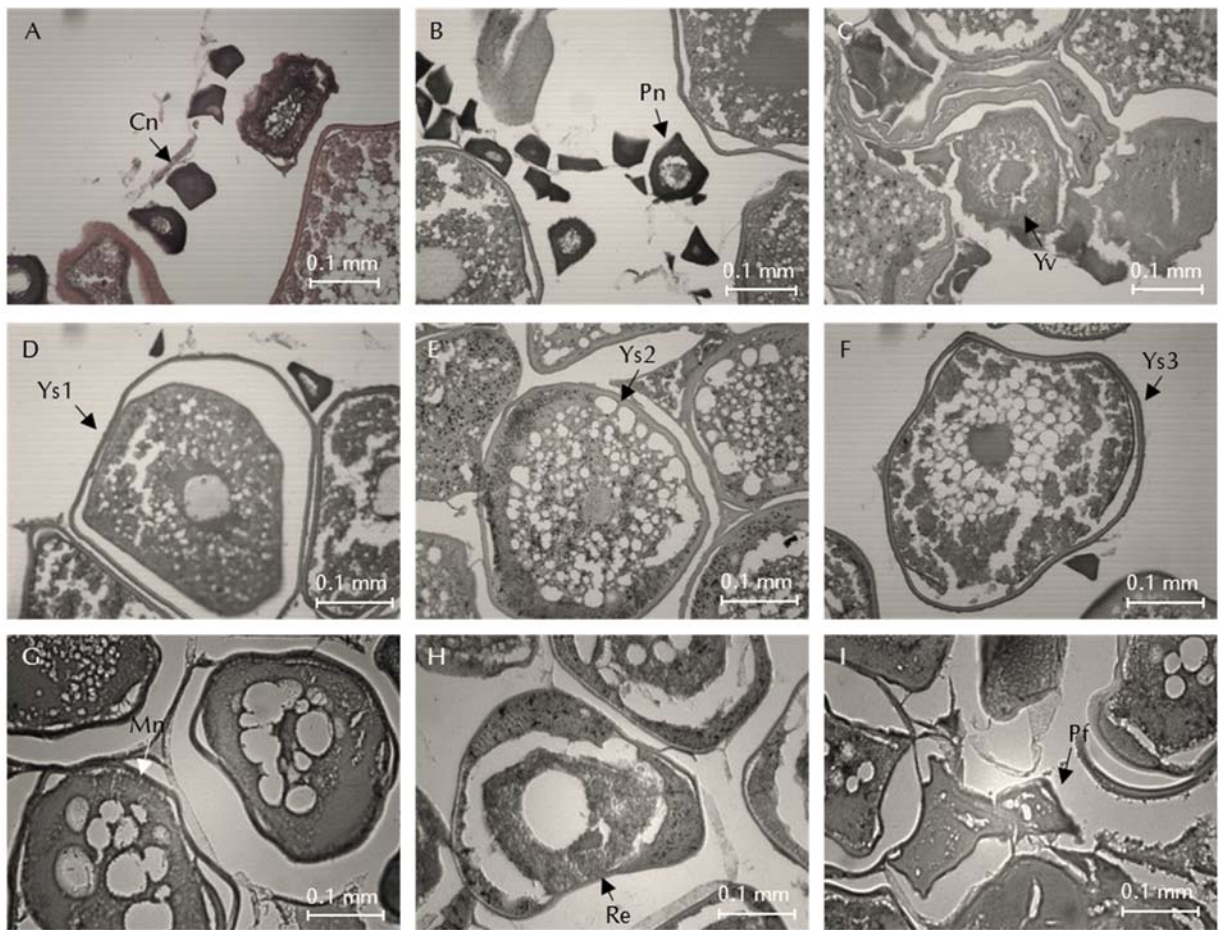


Fig. 3 Histological observations of the oocyte of *Pennahia microcephalus*. (A) chromatin-nucleolus stage (Cn), (B) peri-nucleolus stage (Pn), (C) yolk vesicle stage (Yv), (D) primary yolk stage (Ys1), (E) secondary yolk stage (Ys2), (F) tertiary yolk stage (Ys3), (G) migratory nucleus stage (Mn), (H) ripe egg stage (Re), (I), post-ovulatory follicles stage (Pf).

(三) 已成熟階段 (matured stage)

卵巢明顯變大，肉眼可以看到明顯的卵粒；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 ≥ 3.60 ，卵徑 ≥ 0.41 mm。

(四) 排卵階段 (ovulation stage)

卵粒已完全透明，吸收水分形成水卵狀，卵巢內成熟卵粒將分離並準備排出體外。

五、GSI 與群成熟度月別變化

雌魚 GSI 平均值範圍介於 0.37 - 2.38 間，月別變化如 Fig. 4 所示，自 2015 年 4 月至 9 月 GSI 維持在較高值 1.48 以上，其中 6 月及 7 月指數最

高，分別為 2.38 及 2.28；10 月之後開始下降，12 月達最低 0.16，2016 年 1 月 - 3 月 GSI 仍然維持在較低值約 0.5。

雌魚樣本每月份各生殖腺成熟階段所佔比例變化如 Fig. 5。雌魚於 2015 年 4 月開始出現性成熟個體，比例為 10%，之後逐漸增加，6 - 7 月成熟比例達最高，分別為 25.71%、27.78%，9 月採集到水卵佔 12.5%，至 10 月後無成熟個體。

六、性比

(一) 月別性比變化

本研究總共採集 1,322 尾樣本，其中雌魚 761 尾、雄魚 561 尾，性比為 0.57。性比之月別變化如 Table 1，除了 2015 年 4 月及 2016 年 1 月之

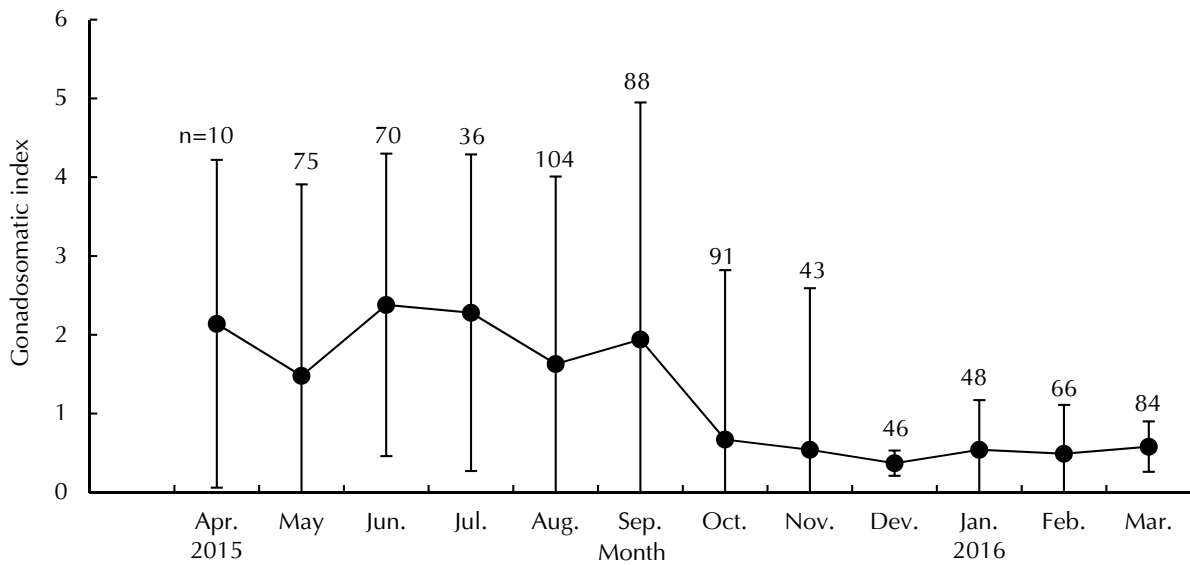


Fig. 4 Monthly variations of GSI of female *Pennahia macrocephalus* specimens collected from April 2015 through March 2016 (bars \pm standard deviation).

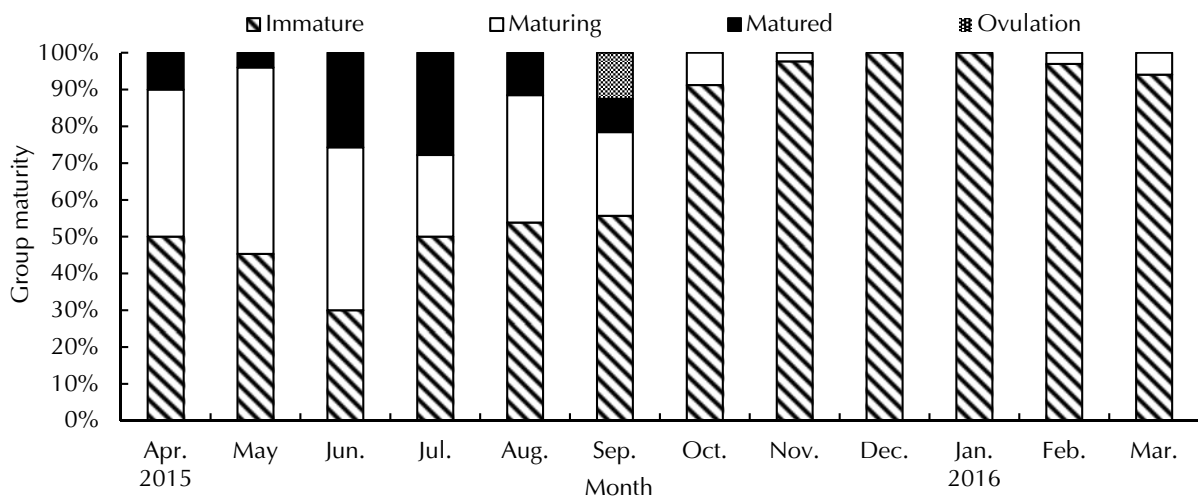


Fig. 5 Monthly variations of group maturity rate of female *Pennahia microcephalus* specimens.

外，每月雌魚樣本數均比雄魚多。性比月別分布經卡方檢定結果顯示 5、8 及 9 月雌雄魚有顯著差異 ($p < 0.001$)，採集之總樣本數性比亦有顯著差異 ($p < 0.001$)，雌魚樣本數比雄魚多。

(二) 尾叉長別性比變化

本研究僅有組距 130 mm 雄魚所佔比例大於雌魚，其餘雌魚所佔比例皆大於 50% (Table 2)，本種性比會隨著尾叉長的增加而增加，經卡方檢定結果，顯示雌雄差異顯著 $p < 0.001$ (Table 2)，大體型雌魚數量高於雄魚。

七、性成熟體長

組織切片及外部型態觀察，FL 達 165.6 mm 即有成熟個體出現，套用 Logistic 曲線公式，雌魚性成熟比率 (\hat{p}) 與 FL 關係式結果如下：

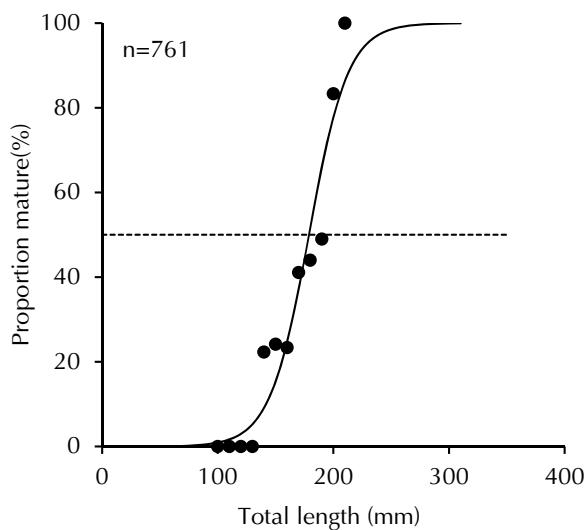
$$\text{Pr} = 1 / (1 + e^{10.59 - 0.0593\text{FL}})$$

將 $\text{Pr} = 0.5$ 代入此關係式求得雌魚 50% 性成熟體長為 178.7 mm FL (Fig. 6)。

Table 1 *Pennahia macrocephalus* specimens collected from April 2015 through March 2016

Year	Month	Female	Male	Sex ratio(%)	χ^2	p
2015	April	10	19	34.5	2.8	0.0947
	May	75	37	67.0	12.9	0.0003*
	June	70	50	58.3	3.3	0.0679
	July	36	32	52.9	0.2	0.6276
	August	104	61	63.0	11.2	0.0008*
	September	88	45	66.2	13.9	0.0002*
	October	91	63	59.1	5.1	0.0241
	November	43	39	52.4	0.2	0.6587
	December	46	41	52.9	0.3	0.5919
2016	January	48	50	49.0	0.04	0.8399
	February	66	53	55.5	1.4	0.2334
	March	84	71	54.2	1.1	0.2964
Total		761	561	57.4	29.3	$p < 0.001^*$

*Significant at 5% level

**Fig. 6** Cumulative relative frequency of maturity among female specimens collected from the Taiwan Strait. L at 50% of maturity (L50) is indicated by the dotted vertical line.

八、孕卵數與單次產卵數

(一) 孕卵數

以組織切片觀察結果，選取成熟期之卵巢 21 幅 (FL 介於 140.8 - 213.3mm；體重 36.6 - 152.1 g，孕卵數為 19,298 - 176,882 粒，平均孕卵數為 80,957 ± 41,406 粒卵。

(二) 單次產卵數

由生殖腺指數高峰期 4 - 9 月期間選取 19 尾雌魚，尾叉長為 140.8 - 213.3 mm 之間，體重為 36.56 - 152.13 g 之間，計算單次產卵數範圍為 65 - 12,387 粒卵，平均產卵數為 5,481 ± 4,154 粒卵。

九、生殖期及產卵場推估

大頭白姑魚 GSI 在 2015 年 6 - 7 月時較其餘月份為高，達 2.0 以上；10 月時開始下降，持續至 2016 年 4 月，GSI 維持約 0.5 左右。生殖腺成熟度的月別變化，2015 年 4 - 9 月均有出現完熟期，其中 6 - 7 月成熟魚所占比例最高。綜合以上結果，判斷臺灣西南海域所產大頭白姑魚之生殖期在 4 - 10 月，高峰為 6 - 7 月。

臺灣西南海域底拖網標本船漁獲大頭白姑魚漁場分佈如 Fig. 7 所示，VDR 資料顯示，本魚種主要作業漁場分佈於臺南至梓官之沿岸至 150 m 深之海域、梓官至林園之 50 至 100 m 深之海域、林園至東港之沿岸至 50 m 深之海域及東港至楓港之間 50 - 200 m 深海域，且該些海域可採集到生殖腺成熟之標本魚，因此推估西南海域應為大頭白姑魚產卵場。

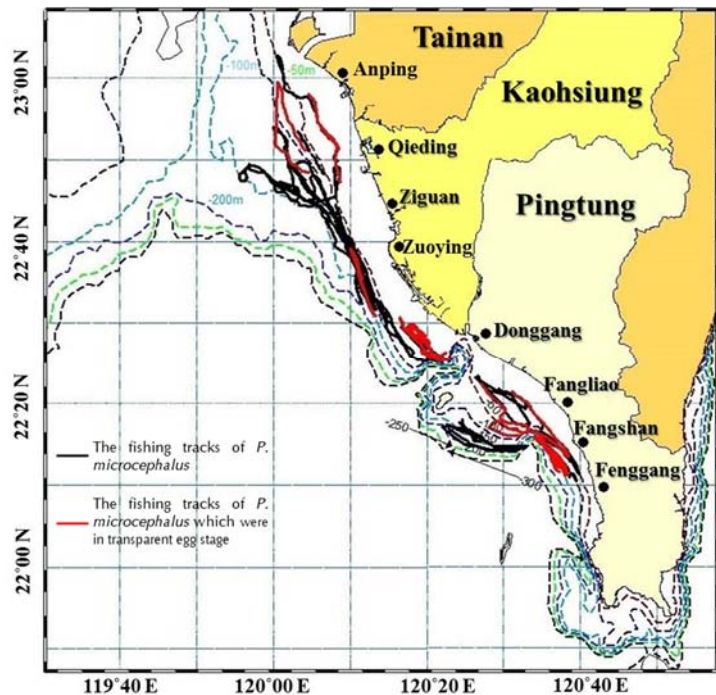


Fig. 7 The fishing grounds distribution of *Pennahia microcephalus* specimens caught by trawler in the southwestern waters of Taiwan.

討 論

一、尾叉長頻度分布

本研究所漁獲的樣本中，尾叉長超過 200 mm 僅有 10 尾，最大體型 213 mm 在產卵盛期所捕獲，蔡 (2008) 在臺灣西南海域進行大頭白姑魚年齡與成長研究所採得最大體長為 180 mm，極限體長為 227 mm。吳 (2002) 指出長期漁獲壓力下魚種平均體長會有變小的趨勢，本研究與前人研究採樣水域相同但體長大小略有差異，可能因不同時期漁獲壓力不同所致，未來將再探討其成長速度及極限體長是否因漁獲壓力而有所變動。

二、產卵形式

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 (Wallace and Selman, 1981; Weat, 1990)，Murua and Saborido-Rey (2003) 認為魚類的產卵型式可分為三種：(1) 同步成熟型 (synchronous)；(2) 分批同步成熟型 (group-synchronous)；(3) 非同步成熟型 (asynchronous)。其中非同步成熟型為卵巢內存在各種不同成熟階段卵細胞，一年可產多次卵且產卵期長。再由 GSI

月別變化、月別成熟度及卵徑頻度變化判定其生殖期為 4 - 10 月。而由組織切片觀察卵巢中，發現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，並有濾泡與卵黃共存之卵巢，顯示單一產卵期的產卵次數超過一次，綜合上述，推斷大頭白姑魚的產卵形式為非同步成熟型。Yamaguchi *et al.* (2006) 位於日本 Ariake Sound 海域白姑魚、Yoshida *et al.* (1997) 日本大阪灣黃姑魚、吳 (1992) 臺灣西南海域黃腹紅姑魚及李 (2010) 西南海域大頭白姑魚其產卵模式與本魚種相同。

三、生殖期

李 (2010) 指出臺灣西南海域大頭白姑魚生殖期為 5 - 10 月，高峰為 7 - 9 月，與本研究生殖期為 4 - 10 月不同，推估可能原因為樣本誤差，李 (2010) 標本採集漁場為高雄永安至茄萣外海，本研究樣本漁場包含屏東東港及高雄蚵仔寮漁港外海至茄萣，可能因作業海域不同所致。生殖腺成熟狀態會受到環境影響及緯度而不同 (Schilling *et al.*, 2019)，海水溫度也會影響魚類生殖及產卵行為 (Lam, 1983)。顯示生殖期與海水溫度有密切關係，本研究尚未蒐集水溫方面資料，

Table 2 Sample numbers of both female and male specimens and sex ratios of *Pennahia macrocephalus* samples in different length categories

Length(mm)	Female	Male	Sex ratio(%)	χ^2	p
100	0	0	0	0.00	-
110	0	1	0	1.00	-
120	2	2	50	0.00	-
130	31	34	48	0.14	0.7083
140	88	66	57	3.14	0.0764
150	103	82	56	2.38	0.1229
160	149	94	61	12.45	0.0004*
170	154	129	54	2.21	0.1371
180	128	78	62	12.14	0.0005*
190	61	56	52	0.21	0.6468
200	37	19	66	5.79	0.0161
210	4	0	100	4.00	-
220	4	0	100	4.00	-

*Significant at 5% level

規劃未來進行其他經濟性魚類研究時每月赴研究海域投放 CTD，蒐集各水層溫度及鹽度再搭配結合期成熟期進行分析。

四、性比

本魚種為雌雄異體生活史模式，性比顯示雌魚數量多於雄魚，性比為 57%，具顯著差異 ($p < 0.05$)，尾叉長大於 150 mm 性比以雌魚為優勢。Claereboudt *et al.* (2005) 指出，雄魚成長速度快但雌魚壽命相對較長，因此雌魚捕獲量高於雄魚。殷 (1998) 指出，由於雄魚性成熟早於雌魚，因此在性成熟小型個體中，雄魚佔較多，而大型個體以雌魚為優勢。此外，雌魚所佔之比例會隨著全長增加而增加，其原因包含了雌雄魚壽命長短、性別轉變、單向洄游進出及不同採集地點所致 (Fumio, 1960); 李 (2010) 指出，影響大頭白姑魚性比差異可能與生殖活動有關，本研究於生殖期 3、8、9 月性比有顯著差異 (Table 2)，與上述研究者結果相似。Claereboudt *et al.* (2005) 指出，不同作業漁具漁法會影響性比，但臺灣西南海域針對本魚種作業漁法目前以拖網為主，因此無法比較，將來可蒐集其他海域漁法進行來比較。

五、50% 性成熟體長

李 (2010) 指出大頭白姑魚 50% 性成熟體長為 159 mm，本研究則為 178.7 mm。影響魚類性成熟的因子多，包含環境 (水溫、餌料豐度、成長發育季節等) 及漁獲壓力 (Jonsson *et al.*, 1991; 林, 2013)。吳 (2014) 指出，可能因緯度較低環境較好成熟體型較小，因此緯度越往南之海域魚類有越早熟之趨勢。大頭白姑魚目前國外無相關生殖期文獻，因此在其他海域成熟體長是否有類似杜氏叫姑魚之情形有待往後深入之調查。

六、漁場及產卵場分布

石首魚科大多在夜間及沿岸海域產卵 (Holt *et al.*, 1985; 翁, 2000; Yamaguchi *et al.*, 2006)，如美國波紋絨石首魚 (*Micropogonias undulatus*) 產卵場在薩皮克灣河口 (Welsh and Breder, 1923)，中國黃唇魚 (*Bahaba taipingensis*) 及大黃魚 (*Larimichthys crocea*) 產卵場聚集於沿岸河口處 (Sadovy and Cheung, 2003)。本研究雖有掌握大頭白姑魚成熟期位置，但僅有在 9 月時發現 11 尾卵巢內觀察到水卵，推測的原因可能標本船作業時

間及地點所致，因本海域拖網漁船作業時間多為凌晨 3、4 點至下午時段，又依據漁業署訂定之「臺灣地區拖網漁船禁漁區位置及有關限制事宜」規定禁止拖網漁船於距岸 3 哩內拖曳網具作業或投網、揚網，因此本標本船作業地點僅能在 3 哩外，可能在產卵場邊緣非主要產卵場，因此造成捕獲具有水卵樣本偏少情形，此現象與蕭 (2014) 在黑鰻研究成果相似，因拖網禁漁區的限制可能導致採捕到水卵樣本偏少情形。

結 論

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，大頭白姑魚生殖期在 4 - 10 月，高峰為 6 - 7 月，本研究推算 50% 最小性成熟體長雌魚為 178.7 mm，為保護大頭白姑魚漁業資源避免過度利用，建議在生殖期高峰時應減少漁獲壓力，並訂定禁漁期及劃定保護區給予大頭白姑魚資源維護及復育的時間，方能讓此資源永續利用。

參考文獻

- 吳春基 (1992) 臺灣西南海域產黃腹紅姑魚之生殖生物學研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學研究所 碩士論文, 81 pp.
- 吳宗翰 (2002) 臺灣北部及東北部海域底拖魚類群聚結構之研究. 國立臺灣海洋大學海洋生物研究所研究所 碩士論文, 111 pp.
- 吳春基, 黃建智, 翁進興, 吳龍靜 (2014) 臺灣西南海域花斑蛇鰻之生殖生物學研究, 水產研究, 22(1): 23-41.
- 李錄州 (2010) 臺灣西南海域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研究所 碩士論文, 81 pp.
- 蕭琍婷 (2014) 臺灣西南海域黑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研究所 碩士論文, 74 pp.
- 林芳妤 (2013) 臺灣西南沿海產小牙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研究所 碩士論文, 78 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, 84pp.
- 沈世傑、李信徹、邵廣昭、莫顯喬、陳春暉、陳哲聰 (1993) 臺灣魚類誌. 國立臺灣大學動物學系印行, 383 pp.
- 殷名稱 (1998) 魚類生態學. 水產出版社, 537 pp.
- 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, 84 pp.
- 翁進興 (2003) 澎湖海域日本銀帶鰻之生殖生物學研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 碩士論文, 85 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, 89 pp.
- 邵廣昭 (2020) 臺灣魚類資料庫網路電子版 <http://fisjdb.sinica.edu.tw>.
- 曾萬年, 劉錫江 (1971) 東南海區臺灣海峽產白口魚之年齡與成長. 臺灣水產學會刊, 1(1): 21-38.
- 陳春暉 (2004) 澎湖的魚類. 行政院農業委員會水產試驗所特刊 3, 379 pp.
- 陳金城 (1959) 臺灣手抄網漁業及其資源之初步調查。第三報，主要魚種之漁場漁期洄游狀態. 中國水產, 74: 4-11.
- 蔡宗緯 (2008) 臺灣西南海域產大頭白姑魚之年齡與成長研究. 國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理研究所 碩士論文, 61 pp.
- 羅舜仁 (2010) 臺灣西南海域產小鰭鰻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, 81 pp.
- Armas, R. G., K. T. Alexander and H. H. Agustin (2006) Evidence of billfish reproduction in the southern Gulf of California, Mexico. Bull. Mar. Sci., 79: 705-717.
- Claereboudt, M. R., J. L. McIlwain, H. S. Al-Oufi, A. A. Ambu-Ali (2005) Patterns of reproduction and spawning of the kingfish (*Scomberomorus commerson*, Lacépède) in the coastal waters of the Sultanate of Oman. Fish. Res., 73: 273-282.
- Fumio, M. (1960) Fishery Biology of the Yellow-tail, *Seriola quinqueradiata*, Inhabiting in the Waters Surrounding Japan. Mem. Fac. Agr. Kinki Univ., p. 300.
- Holt, G. L., S. A. Holt and C. R. Arnold (1985) Diel periodicity of spawning in sciaenids. Mar. Ecol. Prog. Ser., 27: 1-7.
- Jonsson, N., B. Jonsson and L. P. Hansen (1991) Energetic cost of spawning of male and female Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) J. Fish Biol., 39: 739-744.
- King, M. (1995) Fisheries Biology, Assessment and Management. John Wiley and Sons Ltd, Oxford, UK., p. 341.
- Kume, G., N. Yagishita, K. Furumitsu, H. Nakata, T. Suzuki, M. Handa and A. Yamaguchi (2015) The role of molecular methods to compare distribution

- and feeding habits in larvae and juveniles of two co-occurring sciaenid species *Nibea albiflora* and *Pennahia argentata*. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 167: 516-525.
- Lam, T. J. (1983) 2 Environmental influences on gonadal activity in fish. *In Fish Physiology* (W. S. Hoar, D. J. Randall, E. M. Donaldson eds.), Vol. 9 (Part B): 65-116.
- 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(3): 551-562.
- Murua, H. and F. Saborido-Rey (2003) Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.*, 33: 23-31.
- Sadovy, Y. and W. L. Cheung (2003) Near extinction of a highly fecund fish: the one that nearly got away. *Fish Fish.*, 4: 86-99.
- Schilling, H. T., J. M. Smith, J. Stewart, J. D. Everett, J. A. Hughes and I. M. Suthers (2019) Reduced exploitation is associated with an altered sex ratio and larger length at maturity in southwest Pacific (east Australian) *Pomatomus saltatrix*. *Mar. Env. Res.*, 147: 72-79.
- Uosaki, K. and W. H. Bayliff (1999) A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1988-1992. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.*, 21(6): 275-439.
- Wu, C. C., W. C. Su, K. M. Liu, J. S. Weng and L. J. Wu (2012) Reproductive biology of the Japanese butterfish *Psenopsis anomala* in the south-western waters off Taiwan. *J. Appl. Ichthyol.*, 28: 209-216.
- Wallace, R. A. and K. Selman (1981) Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Ame. Zool.*, 21: 325-343.
- Welsh, W. W. and C. M. Breder (1923) Contributions of life histories of Sciaenidae of the eastern United States coast. *Bull. US Bur. Fish.*, 39: 141-201.
- Weat, G. (1990) Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Aust. J. Mar. Fre. Res.*, 41: 199-222.
- Yamaguchi A., T. Taikai and K. Gen (2006) Reproductive cycle, sexual maturity and diel-reproductive periodicity of white croaker, *Pennahia argentata* (Sciaenidae), in Ariake Sound, Japan. *Fish. Res.*, 82: 95-100.
- Yamaguchi, A., G. Kume, T. Higuchi and T. Takita (2004) Geographic variation in the growth of white croaker, *Pennahia argentata*, off the coast of northwest Kyushu, Japan. *Environ. Biol. Fishes*, 71: 179-188.
- Yoon, H. S., Y. K. An, J. H. Hwang, H. S. Lim, W. K. Lee, K. H. Han, S. H. Lee and S. D. Choi (2013) Length-weight relationships for 14 fish species of the Suer River estuary in southern Korea. *J. Appl. Ichthyol.*, 29: 468-469.
- Yoshida, S., N. Tsubota and K. Tsuji (1997) Fisheries biology of the white croaker, *Argyrosomus argentatus* (HOUTTUYN), in Osaka Bay. *Bull. Osaka Pref. Fish. Exp. Stat.*, 10: 51-58.
- Yunrong, Y., W. Y. Fang, L. H. Sheng, L. Z. Lu and J. X. Shi (2009) Using otolith weight to predict the age of *Pennahia macrocephalus* in the mouth of the Beibu Gulf. *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 27 (2) : 342-349.

Reproductive Biology of Big-head Pennah Croaker (*Pennahia macrocephalus*) in the Waters off Southwestern Taiwan

Jia-Shin He, Jian-Zhi Huang, Yi-Shu Wu, Chi-Chang Lai* and Jinn-Shing Weng

Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The big-head pennah croaker (*Pennahia macrocephalus*) is an important commercial species for trawl fisheries in southwestern Taiwan. Nevertheless, the reproductive biology of the population in the region is poorly understood. In this study, a total of 1,322 specimens were collected from April 2015 through March 2016, and the sex ratio (0.57) was significantly different from 0.5 ($p < 0.05$). For females, the fork length (FL) and body weight (BW) of the collected fish ranged from 114.4 to 213.3 mm and from 20.52 to 152.13 g, respectively. The relationship between FL and BW was estimated as $BW = 7.0 \times 10^{-6} FL^{3.1734}$ ($R^2 = 0.95$, $n = 768$, $p < 0.05$). On the basis of progressive changes in ovary size, ovary histology, oocyte diameter, and gonadosomatic index, the spawning season was estimated to extend from April through September, peaking between June and July. The fecundity (F) and batch F (BF) were estimated to range from 19,298 to 17,688 and from 65 to 12,387 eggs per fish, respectively. Based on a logistic model, the FL size at 50% of maturity was 178.7 mm for the female specimens. Hydrated and postovulatory oocytes were collected from April through October, suggesting that the waters off southwestern Taiwan are a spawning ground for *P. macrocephalus*.

Key words: *Pennahia macrocephalus*, trawl fishery, size at 50% maturity, gonadosomatic index

*Correspondence: Coastal and Offshore Resource Research Center, Fisheries Research Institute, No. 6, Yugang N. 3rd Rd., Cianjhen District, Kaohsiung 80672, Taiwan. TEL: (07) 8218103; E-mail: cclai@mail.tfrin.gov.tw