

## 臺灣東南部海域鱗網帶鯖之生殖生物學研究

許紅虹<sup>1</sup>·王勝平<sup>2</sup>·江偉全<sup>1\*</sup>·陳文義<sup>1</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會水產試驗所東部海洋生物研究中心

<sup>2</sup>國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

### 摘要

本研究於 2009 年 3 月至 2011 年 3 月間,按月至臺東縣新港魚市場採集鱗網帶鯖 (*Lepidocybium flavobrunneum*) 樣本進行生殖生物學研究。總計採得 299 尾雌魚之生殖腺樣本,樣本體長 (FL) 介於 40 ~ 155 cm, 體重 (Rw) 介於 0.8 ~ 45 kg。樣本之生殖腺成熟指數 (GSI) 介於 0.028 ~ 12.95, 顯示在 2 ~ 3 月有一個成熟高峰存在,經由組織學觀察所得卵巢成熟之個體所佔百分比月別變化,亦發現性成熟比例最高的季節為 2 ~ 3 月。根據卵母細胞卵徑分布型態判斷鱗網帶鯖產卵型式為非同步成熟型 (asynchronous), 50% 性成熟體長 ( $L_{50}$ ) 為 106.5 cm, 95% 性成熟體長 ( $L_{95}$ ) 為 129.5 cm。觀察所有樣本卵母細胞發育階段發現, 87% 處於未成熟期 (immature stage), 7% 處於成熟期 (maturing stage), 6% 處於休止期 (resting stage), 未發現有產卵中或剛產完卵階段之樣本, 亦無發現含水卵個體存在。估算總孕卵數 (total fecundity) 及平均相對孕卵數 (relative fecundity) 分別為  $46 \pm 31$  (S.D.) 百萬粒卵及每公克魚體重含有  $2,604 \pm 700$  (S.D.) 粒卵細胞。

關鍵詞：鱗網帶鯖、性成熟體長、生殖季節、孕卵數

### 前言

鱗網帶鯖 (*Lepidocybium flavobrunneum*) 屬於中層大洋性魚種,是高度洄游性魚類之一種 (FAO, 1994), 棲息於熱帶和亞熱帶海域,分佈範圍涵蓋 40°N ~ 40°S (Nishikawa, 1982), 三大洋除北印度洋之外皆有鱗網帶鯖分布,主要棲息於大陸棚以深海域,以甲殼類、頭足類及魚類為食 (Nakamura and Parin, 1993), 具季節性洄游行為,會因攝食和繁殖目的而洄游 (Milessi and Defeo, 2002)。由電子式標識放流研究成果顯示,鱗網帶鯖夜間有 70% 時間棲息於 150 m 以淺海域,白天則有 80% 以上時間棲息於 250 m 以深海域,具明顯之垂直洄游習性 (Kerstetter *et al.*, 2008)。以東北大西洋和西南大西洋被捕獲的數據顯示,鱗網帶鯖在每年冬季和夏季洄游至高生產力的鋒面區

攝食之後,會洄游至低緯度地區產卵 (Milessi and Defeo, 2002)。

鱗網帶鯖是鮪延繩釣漁業混獲魚種之一,尤其在以劍旗魚 (*Xiphias gladius*) 及大目鮪 (*Thunnus obesus*) 為標的魚種之深層式延繩釣作業中,有相當高的混獲率 (Milessi and Defeo, 2002)。臺灣北部、東北部、東部及南部沿近海域皆有鱗網帶鯖棲息分布,在底拖網及延繩釣作業中皆會混獲 (邵, 2013)。近海延繩釣作業標的魚種為鮪類、鯊魚及鬼頭刀 (*Coryphaena hippurus*) 等,經常混獲鱗網帶鯖及薔薇帶鯖 (*Ruvettus pretiosus*) (俗稱粗鱗仔)。由於該兩魚種皆含有特殊的油質,且含量約佔體重的 18 ~ 21%,故統稱為油魚 (oilfish)。鱗網帶鯖魚體油質含有無法被人體消化吸收的蠟酯 (又稱蛇鯖毒素, gempylotoxin), 攝食過量時,這些無法被消化的油,常造成腸胃不適,被誤認為是食物中毒 (Feldman *et al.*, 2005)。油魚之魚卵油質含量高達 17.94%,可經加工成為油魚子,風味媲美烏魚子 (江, 2005), 在南臺灣號稱東港三寶之一,價格不斐。

\*通訊作者 / 臺東縣成功鎮五權路 22 號; TEL: (089) 850-090 轉 408; FAX: (089) 850-092; E-mail: wcchiang@mail.tfrin.gov.tw

目前針對鱗網帶鰩的研究多著重於水產食品領域，關於生物學及生態學之研究則相當有限，僅有 Nishikawa (1982) 描述鱗網帶鰩仔稚魚和幼魚之發育情形與地理分佈，及邱 (2011) 利用耳石探討鱗網帶鰩年齡與成長。本研究主要目的在於探討臺灣東部海域鱗網帶鰩生殖生物學特徵，利用組織學與生殖腺成熟指數分析方法，判別鱗網帶鰩之性成熟階段，並估算孕卵數，研究所得結果將可提供未來進行該魚種資源評估之重要參數。

## 材料與方法

### 一、樣本採集

本研究自 2009 年 3 月至 2011 年 3 月止，至臺東縣新港魚市場進行樣本採集，所得樣本測量記錄尾叉長 (Fork length (FL)，單位：cm)、體重 (Round weight (Rw)，單位：kg) 及生殖腺重 (Wg，單位：g)，並採集生殖腺樣本帶回實驗室進行處理。生殖腺經電子天秤秤重 (精確至 0.01 g) 後，切取厚約 5 cm 之生殖腺，置入 50 ml 樣本瓶中，以 10% 中性福馬林溶液進行固定組織及保存 (Hunter *et al.*, 1985; Cuellar *et al.*, 1996)，以待後續之處理與分析。

### 二、資料分析

#### (一) 體重與體長迴歸關係

鱗網帶鰩樣本魚體重與體長關係式可由下式表示：

$$Rw = aFL^b$$

式中，a 和 b 為係數。

#### (二) 生殖腺成熟指數

生殖腺成熟指數 (Gonadosomatic index, GSI) 計算公式如下 (Eldridge and Wares, 1974; Uosaki and Bayliff, 1999; Armas *et al.*, 2006)：

$$GSI = \frac{Wg}{Rw} \times 10^5$$

式中，Wg 為生殖腺重；Rw 為魚體全重。

### (三) 卵徑測量

利用雙眼立體解剖顯微鏡 (SZM1000)，以彩色 CCD 攝影機截取玻片上全部的卵細胞影像，再以 Image-Pro Plus 5.1 版電腦影像分析軟體進行卵徑測量，每幅卵巢測量 300 ~ 350 個卵細胞卵徑，並將測量所得之卵徑資料繪製成卵徑頻度分布圖，選取最成熟階段卵細胞卵徑平均值代表此樣本之卵徑。觀察卵徑大小與樣本成熟度達生殖活動期 (卵巢成熟階段處於成熟期或產卵期者) 之比例呈邏輯迴歸模式 (logistic regression model) (DeMartini *et al.*, 2000; Chiang *et al.*, 2006)，再以最大似估計法 (maximum likelihood method) 估計關係式各參數 (Norman and Stevens, 2007)，關係式表示如下：

$$P_j = \frac{1}{1 + \exp\left[-\ln(19) \frac{(\overline{D}_j - \overline{D}_{50})}{(D_{95} - \overline{D}_{50})}\right]}$$

式中， $P_j$  表示樣本中第  $j$  尾魚達生殖活動期的機率； $\overline{D}_j$  為第  $j$  尾魚之平均卵徑 ( $\mu\text{m}$ )； $\overline{D}_{50}$  為 50% 達生殖活動期平均卵徑 ( $\mu\text{m}$ )； $D_{95}$  為 95% 達生殖活動期平均卵徑 ( $\mu\text{m}$ )。

### (四) 生殖腺成熟階段

由卵巢組織切片觀察卵細胞發育階段，參考 DeMartini *et al.* (2000)、Arocha (2002) 及 Arocha and Barrios (2009) 對於卵巢發育成熟階段之定義，將卵巢成熟情形區分為如下七個階段：(1) 未成熟期 (immature stage)；(2) 發育期 (developing stage)；(3) 成熟期 (maturing stage)；(4) 完熟期 (ripening stage)；(5) 產卵期 (spawning stage)；(6) 剛產完卵期 (recently spawned stage) 及 (7) 休止期 (resting stage)。本研究定義當卵巢成熟階段達到第 (4) 期 (含) 以上之個體，屬於“性成熟” (sexually mature) 之樣本；成熟階段處於第 (4) ~ (6) 期屬於生殖活動時期 (reproductively active)；成熟階段第 (1) ~ (3) 期及第 (7) 期則屬於生殖休止時期 (reproductively inactive)。

## (五) 性成熟體長

經由生殖腺組織切片及外部型態，判斷樣本是否達性成熟。以邏輯曲線描繪性成熟個體所佔百分比與尾叉長之關係，假設誤差為二項分配 (binomial distribution)，利用最大似估計法估計參數，邏輯曲線公式如下 (Norman and Stevens, 2007; Sun *et al.*, 2009)：

$$\ln\left(\frac{\hat{p}}{1-\hat{p}}\right) = a + bFL + \varepsilon$$

式中， $\hat{p}$  表示成熟個體所佔百分比； $FL$  為尾叉長 (cm)； $a$  及  $b$  為參數； $\varepsilon$  為誤差項 (binomial error)。

## (六) 孕卵數

本研究中未採獲含有水卵之生殖腺樣本，故採用總孕卵數代表臺灣東部海域鱗網帶鰈之孕卵數。採用卵徑頻度分佈法，計算分布圖中最成熟階段之卵細胞數，再以重量法 (Gravimetric method) 換算總孕卵數 (Hunter *et al.*, 1992)，其估算公式如下：

$$F = Wg \times \frac{\beta}{w}$$

式中， $F$  為總孕卵數 (Total fecundity)， $Wg$  為生殖腺重 (Gonad weight)； $\beta$  為小樣本之平均卵細胞數； $w$  為小樣本之組織重 (本研究取 0.01 g)。

由樣本總孕卵數 ( $F$ ) 進一步估算樣本相對孕卵數 (Relative fecundity,  $RF$ ) (Hunter *et al.*, 1992)，其估算公式如下：

$$RF = \frac{F}{Rw}$$

式中， $RF$  表示相對孕卵數。

探討孕卵數估算之樣本數是否具代表性，本研究採用 Hunter *et al.* (1992) 及 Schaefer (1998) 評估方式，估算式表示如下：

$$n - 1 = \frac{(1 - R^2)}{CV(b)^2}$$

式中， $n$  表示樣本數； $R^2$  表示迴歸式之判定係數； $CV(b)$  為  $b$  係數之變異係數。

## 結 果

### 一、體長與體重之迴歸關係

本研究樣本主要由鮪延繩釣及鯊魚延繩釣所混獲，作業海域涵蓋臺東外海、包括綠島、蘭嶼、菲律賓以南等海域 (Fig. 1)。總計採獲鱗網帶鰈雌魚樣本 299 尾，樣本體長 ( $FL$ ) 範圍為 41 ~ 155 cm  $FL$  (mean = 81.05 cm, SD = 18.75 cm)、體重為 0.8 ~ 45 kg (mean = 7.41, SD = 5.78 kg)，雌魚體重與體長之迴歸關係式估計如下 (Fig. 2)： $Rw = 4.86 \times 10^{-6} FL^{3.1872}$  ( $R^2 = 0.932$ ,  $n = 299$ ,  $P < 0.05$ )。

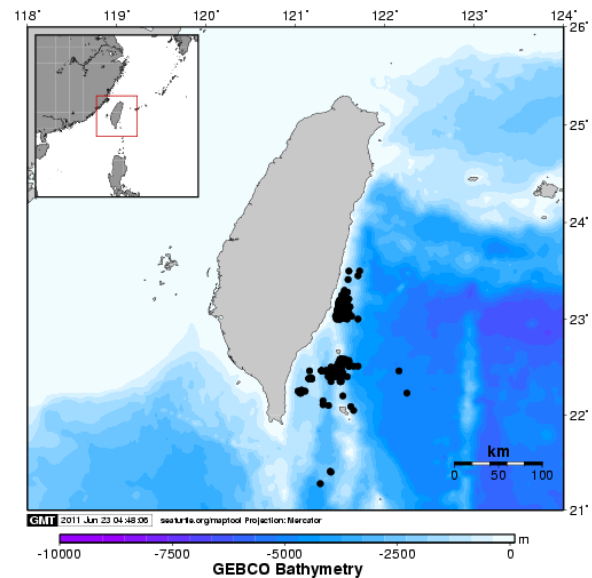


Fig. 1 Sampling areas of escolar (*L. flavobrunneum*) in the waters off southeastern Taiwan.

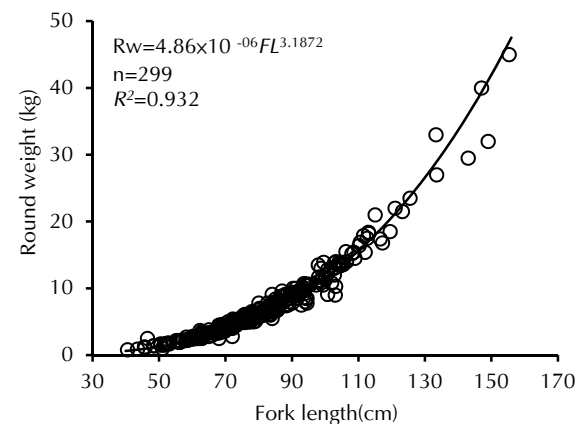
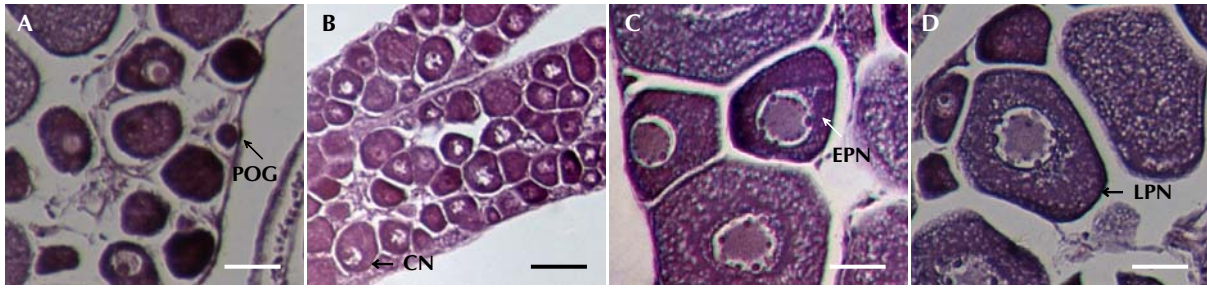
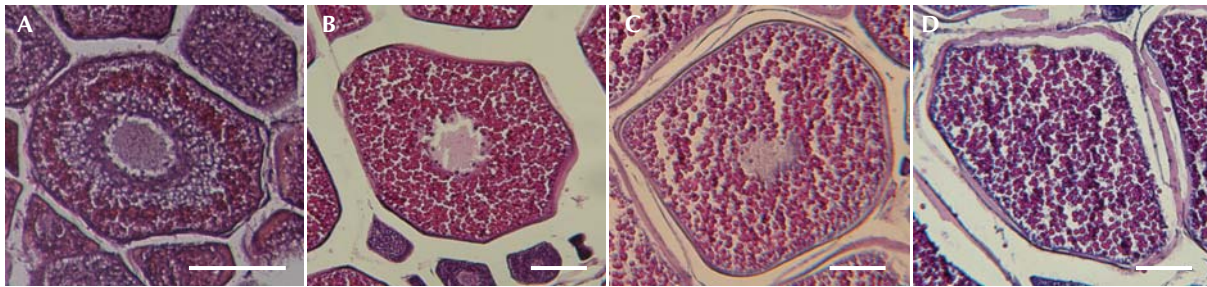


Fig. 2 Relationship between round weight ( $Rw$ ) and fork length ( $FL$ ) of escolar (*L. flavobrunneum*) collected from the waters off southeastern Taiwan.



**Fig. 3** Histological sections of escolar (*L. flavobrunneum*) ovaries illustrating the oocytes at different maturity stages: (A) primitive oogonia (POG), (B) chromatin nucleolar oocyte (CN), (C) early perinucleolar oocyte (EPN), and (D) late perinucleolar oocyte (LPN). Scale bar = 50  $\mu\text{m}$ .



**Fig. 4** Histological sections of escolar (*L. flavobrunneum*) ovaries illustrating the oocytes at different maturity stages: (A) previtellogenic oocytes, (B) vitellogenic oocytes in the primary phase, (C) vitellogenic oocytes in the secondary phase, and (D) vitellogenic oocytes in the tertiary phase. Scale bar = 100  $\mu\text{m}$ .

## 二、生殖腺成熟階段

經由組織切片觀察卵巢卵母細胞發育過程，並依其特徵將卵細胞發育過程區分為六個階段：

### (一) 染色質核仁卵細胞 (Chromatin-nucleolar oocytes, CN) (Fig. 3A)

透過組織切片可觀察到卵母細胞 (primitive oogonia, POG) (約 25  $\mu\text{m}$ )，明顯可見較大細胞核，卵細胞多呈圓型，卵徑範圍為 22 ~ 50  $\mu\text{m}$ ，明顯可見大型細胞核，細胞核中散布核仁，細胞質為強嗜鹼性，被蘇木精染成深藍色 (Fig. 3B)。

### (二) 周邊核仁卵細胞 (Perinucleolar oocytes, PN)

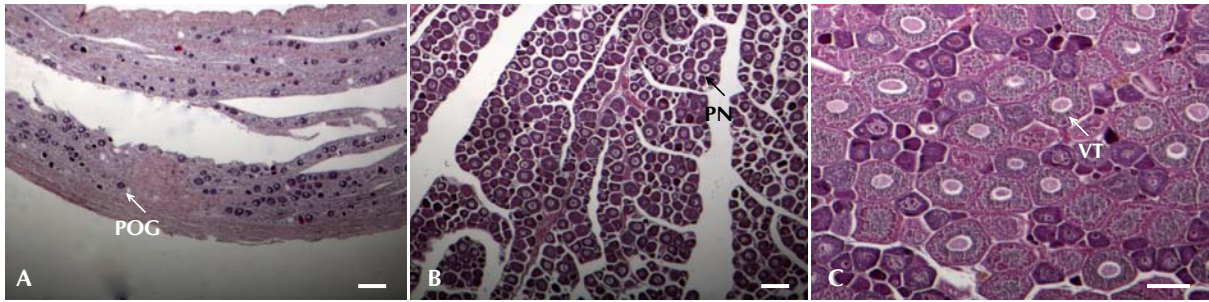
該階段可分為早期周邊核仁卵細胞 (early perinucleolar oocytes, EPN) (Fig. 3C) 與晚期周邊核仁卵細胞 (late perinucleolar oocytes, LPN) (Fig. 3D)。早期卵細胞較小約為 40 ~ 85  $\mu\text{m}$ ，晚期卵細胞較大約為 70 ~ 120  $\mu\text{m}$ ，卵母細胞體積增大，細胞核相對細胞質比例減少。

### (三) 卵黃生成前卵細胞 (Previtellogenic oocytes, PV) (Fig. 4A)

屬卵黃生成 (oogenesis) 階段，該階段細胞質間開始形成卵黃，數量增加，細胞核外圍環繞核仁且核仁體積明顯的變小，細胞質間核仁外可見環繞著核仁外小囊泡細胞，卵徑範圍 110 ~ 198  $\mu\text{m}$ 。

### (四) 卵黃生成卵細胞 (Vitellogenic oocytes, VT)

卵細胞可進一步區分為三個時期：第一期卵黃球卵細胞 (primary yolk oocytes) (Fig. 4B)，細胞質間充滿了卵黃球，卵細胞嗜酸性，被伊紅染成紅色，卵黃球數量漸增，並往核心方向移動，細胞核漸成不規則狀；第二期卵黃球卵細胞 (secondary yolk oocytes) (Fig. 4C)，卵黃球之數量與體積增加，並向細胞核中央集中，細胞核呈不規則狀；第三期卵黃球卵細胞 (tertiary yolk oocytes)，卵黃球數量與體積達到最高且佔滿了整個細胞質間，包含細胞核，呈強嗜酸性被伊紅染成鮮紅色，細胞核呈不規則狀，核仁消失 (Fig. 4D)，此三期卵



**Fig. 5** Histological sections of immature ovaries of escolar (*L. flavobrunneum*) indicating oocytes in advanced developmental stages: (A) Stage 1 - immature, only primitive oogonia (POG); (B) Stage 2 - developing, with perinucleolar oocytes (PN); and (C) Stage 3 - maturing, early vitellogenic oocytes (VT). Scale bar = 100  $\mu\text{m}$ .

**Table 1** Macroscopic and histological criteria for assessing stages of reproductive development in female escolar (*L. flavobrunneum*) (modified from Claereboudt *et al.*, 2005)

Reproductive stage	Macroscopic characteristics	Histological characteristics
I Immature	Ovary glassy, small with compact wall, eggs invisible, pink similar	Tunica thin tightly encases ovarian lamellae, small oocytes imbedded in ovgerous tissue
II Developing	Revascularization, pink	Cocytes expand, cytoplasm stongly basophilic
III Maturing	Revascularization, ovary orange compact, milky similar	Cortical alveoli abundant, coalescing towards the center
IV Ripening	Ovary translucent, ovarian full rich in blood vessel, skin color	Rapid increase in size of oocytes, zona radiata thin, yolk globules abundant
V Resting	Ovary opaque, pink	Small oocytes imbedded in ovgerous tissue, cytoplasm more lightly colored, zona radiata thick

徑大小約為 180 ~ 589  $\mu\text{m}$ 。

由於所採集之樣本未發現處於產卵期 (第五期) 及剛產完卵 (第六期) 的個體, 所以本研究經由組織切片觀察卵巢內各成熟階段的卵細胞發育情形並參考前人對於卵巢分期之描述, 依卵巢外觀及卵細胞成熟發育情形, 分成五個不同成熟階段 (Table 1), 各階段之特徵描述如下:

#### (一) 未成熟期 (Immature stage)

以肉眼無法觀察到卵粒, 亦無法判斷雌雄。組織切片中僅可見卵母細胞 (Fig. 5A); 卵巢重量為 0.23 ~ 47.42 g; GSI 為 0.029 ~ 1.015; 卵徑大小為 22 ~ 55  $\mu\text{m}$ 。

#### (二) 發育期 (Developing stage)

以肉眼無法觀察到卵粒, 卵巢內組織呈片狀。組織切片中主要為染色質核仁期及周邊核仁

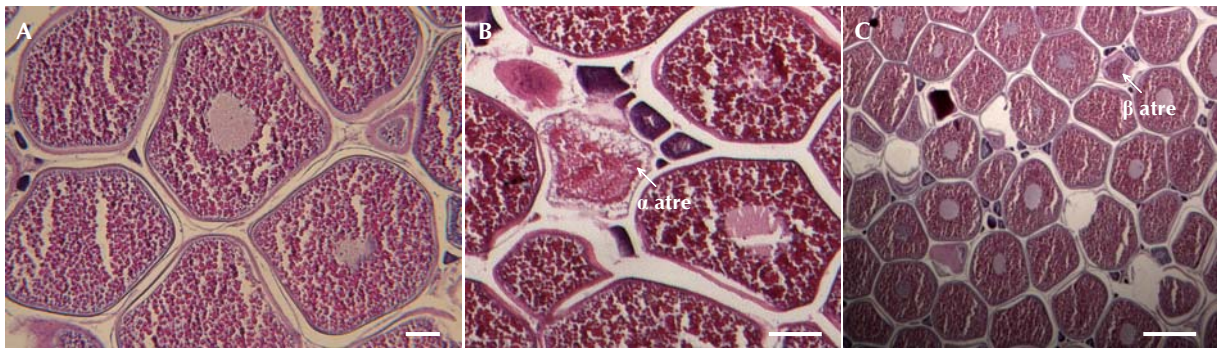
期卵細胞 (Fig. 5B); 卵巢重量為 9.48 ~ 151.86 g; GSI 為 0.127 ~ 2.275; 卵徑大小為 40 ~ 138  $\mu\text{m}$ 。

#### (三) 成熟期 (Maturing stage)

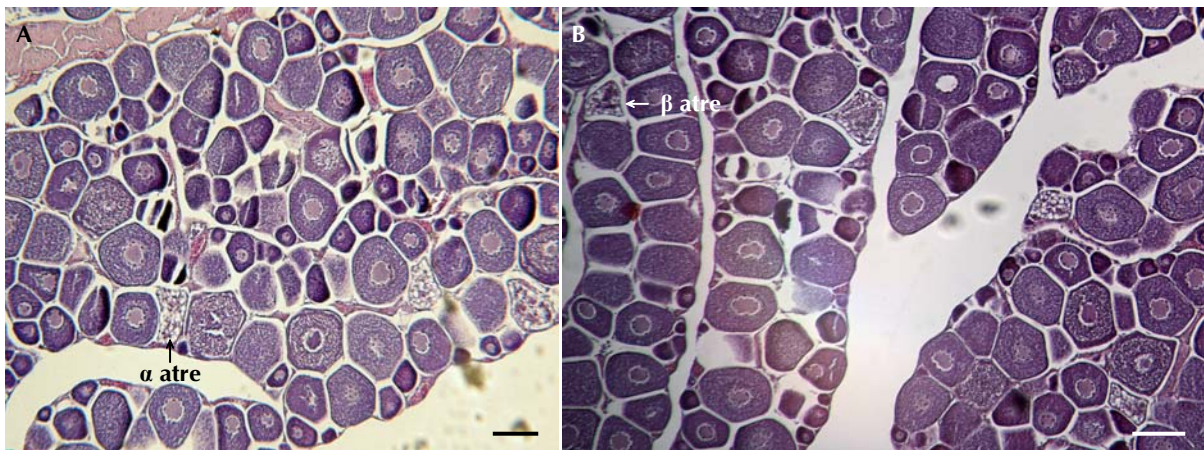
可用肉眼觀察到微細小卵粒。組織切片中, 可觀察到一些處於周邊核仁期卵細胞; 主要以卵黃生成前卵細胞為主, 包含第一、二期卵黃球卵細胞 (Fig. 5C); 卵巢重量為 42 ~ 195 g; GSI 為 0.711 ~ 2.441; 卵徑大小為 111 ~ 280  $\mu\text{m}$ 。

#### (四) 完熟期 (Ripening stage)

肉眼可觀察到卵巢內卵粒。經組織切片可發現, 此時期之卵細胞正處卵黃生成過程, 第三期卵黃球卵細胞出現 (Fig. 6A), 於組織切片中偶可發現退化細胞 (atretic oocyte), 初期退化過程中卵細胞被再吸收及卵黃球被毀壞, 稱為  $\alpha$  atretic 卵細胞 (Fig. 6B), 最後所有卵黃消失, 僅存在一個或



**Fig. 6** Histological sections of mature ovaries of escolar (*L. flavobrunneum*) indicating oocytes in advanced developmental stages: (A) Stage 4 - ripening, potential reproductive with vitellogenic oogenesis (VO); (B) Stage 4 - ripening, with vitellogenic oocytes and  $\alpha$  atretic oocytes ( $\alpha$  atre); and (C) Stage 4 - ripening, with vitellogenic oocytes and  $\beta$  atretic oocytes ( $\beta$  atre). Scale bar = 100  $\mu$ m.



**Fig. 7** Histological sections of mature ovaries of escolar (*L. flavobrunneum*) indicating oocytes in advanced developmental stages: (A) Stage 7 - resting, with  $\alpha$  atretic oocytes ( $\alpha$  atre); and (B) Stage 7 - resting, with  $\beta$  atretic oocytes ( $\beta$  atre). Scale bar = 100  $\mu$ m.

多個較小且緊密的空腔結構，稱為  $\beta$  atretic 卵細胞 (Fig. 6C)；卵巢持續增大重量為 202 ~ 3,800 g；GSI 為 1.804 ~ 12.950；卵徑大小為 210 ~ 589  $\mu$ m。

### (五) 休止期 (Resting stage)

經由組織切片可觀察稀疏卵母細胞輻射帶 (zona radiata) 增厚，第二期卵黃球卵細胞以上之發育階段，卵細胞已不存在組織切片中，卵細胞中出現退化細胞 (Fig. 7A, 7B)，卵巢重量為 44.6 ~ 395.5 g；GSI 為 0.41 ~ 2.12；卵徑大小為 21 ~ 163  $\mu$ m。

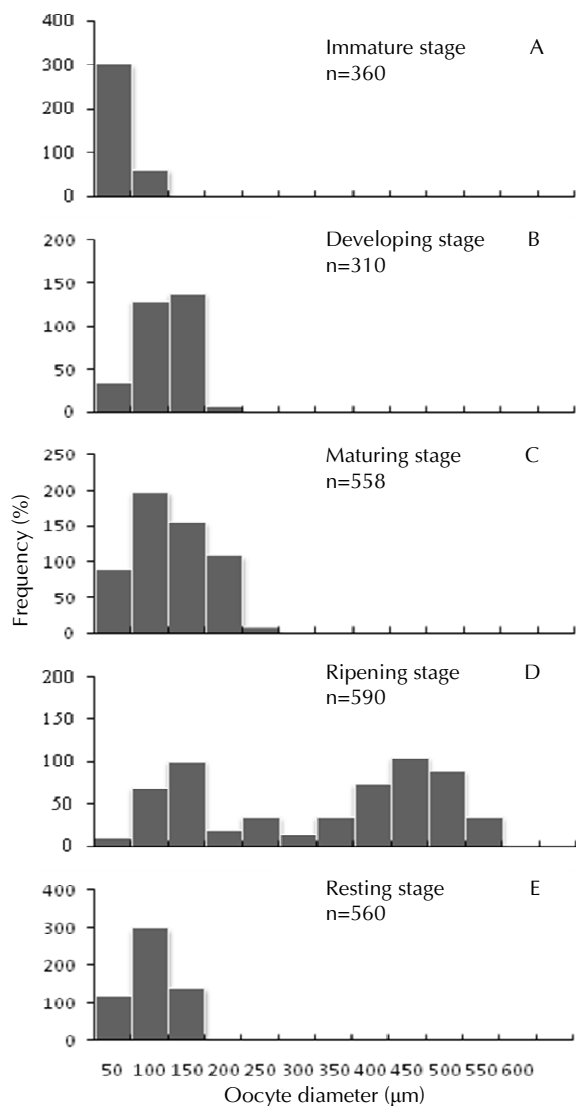
### 三、平均卵徑及成熟卵徑

經由組織學觀察及測量各發育階段卵母細胞之卵徑。未成熟期，卵細胞除了卵母細胞外也出現些許初期染色質核仁卵細胞 (Fig. 8A)；發育

期，除染色質核仁卵細胞外尚有早期周邊核仁卵細胞及晚期周邊核仁卵細胞存在 (Fig. 8B)；成熟中期，卵黃生成前卵細胞期，其中染色質核仁期卵細胞、周邊核仁期卵細胞皆出現 (Fig. 8C)；成熟期，處於卵黃生成卵細胞期，由周邊核仁卵細胞到卵黃生成作用至卵黃生成卵細胞期皆重疊出現，顯示卵巢達生殖活動期當下，皆有卵母細胞仍持續發育 (Fig. 8D)。樣本性成熟達生殖活動期之卵徑 (OD) 邏輯曲線關係式為：

$$P = \frac{1}{\left\{ 1 + \exp \left[ -\ln(19) \frac{(\bar{D}_j - 225.5141)}{(259.9151 - 225.5141)} \right] \right\}}$$

求得 50% 成熟卵徑為 225.5  $\mu$ m；95% 成熟卵徑為 259.9  $\mu$ m。



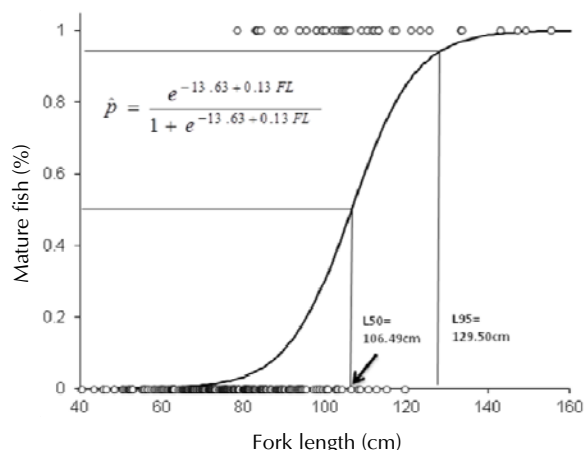
**Fig. 8** Frequency distributions of oocyte diameters for the six maturation stages of escolar (*L. flavobrunneum*) in the waters off southeastern Taiwan (n = the number of oocytes measured).

#### 四、性成熟體長

本研究根據組織切片及外部形態觀察來判斷鱗網帶鰩樣本是否達性成熟，研究結果顯示雌魚達性成熟之最小體長為 78.5 cm FL。並以最大概似估計法 (maximum likelihood method) 套適邏輯曲線，求得雌魚性成熟比率 ( $\hat{P}$ ) 與尾叉長 (FL) 關係式，結果如下：

$$\hat{P} = \frac{e^{-13.63+0.13FL}}{1 + e^{-13.63+0.13FL}} \quad (R^2 = 0.7623, n = 299)$$

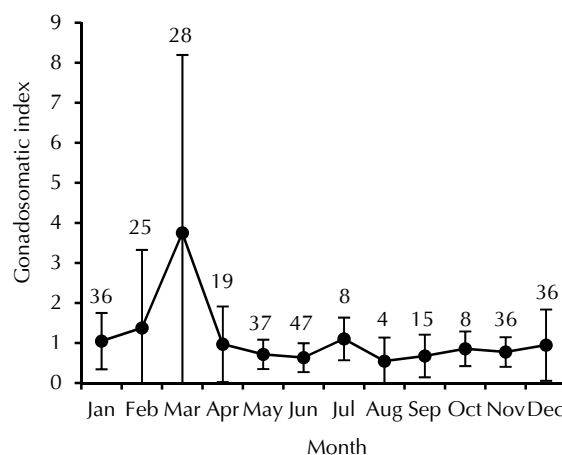
雌魚達 50% 性成熟體長為 106.5 cm FL；達 95% 性成熟體長為 129.5 cm FL (Fig. 9)。



**Fig. 9** Relationship between mature percentage and fork length of female escolar (*L. flavobrunneum*) in the waters off southeastern Taiwan.

#### 五、性成熟季節

雌魚 GSI 範圍為 0.55 ~ 3.75，月別變化如 Fig. 10 所示，12 月至翌年 4 月及 7 月平均值在每月內有所變異，其中尤以 3 月最高且變動幅度最大，而 4 ~ 6 月及 8 ~ 11 月每月內數值變動幅度小。GSI 於 1 ~ 2 月平均值約 1.21，自 3 月達到最高值 3.75，4 月及 6 月下降至約 0.79，至 7 月上升至 1.10，8 ~ 11 月平均值約減少為 0.71，12 月平均值為 0.95。



**Fig. 10** Monthly variations in mean ( $\pm$ SE) gonadosomatic index values of the escolar (*L. flavobrunneum*) in the waters off southeastern Taiwan.

由雌魚樣本每月各生殖腺成熟階段所佔之比例變化結果顯示 (Fig. 11)，雌魚於 12 月至翌年 4 月間及 7 月皆有成熟期樣本出現，其中以 2 月及 3 月所佔的樣本比率最高，為產卵盛期；7 月成熟樣

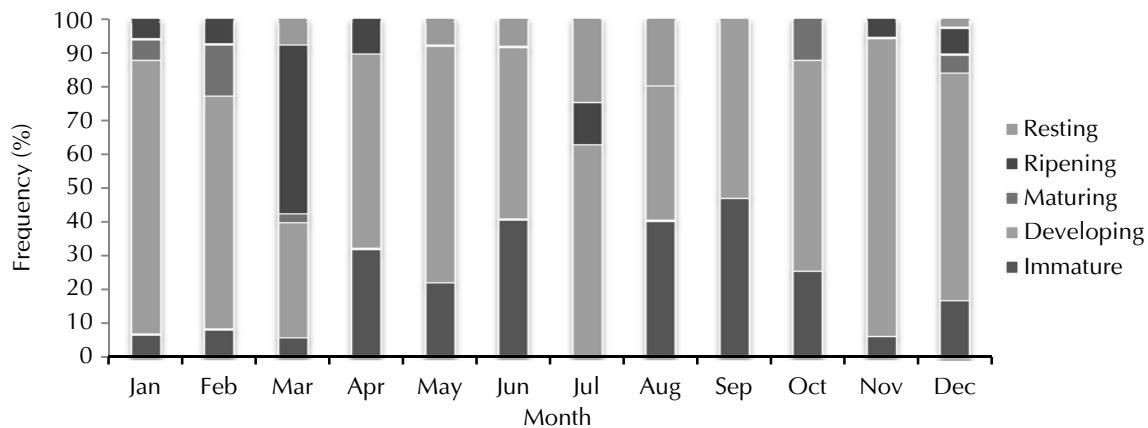


Fig. 11 Monthly changes in the proportion of ovarian maturing stages of escolar (*L. flavobrunneum*) in the waters off southeastern Taiwan.

本僅為 1 尾樣本，而 3 月及 5~7 月樣本之生殖腺出現休止期，除 7 月外均可見未成熟期樣本存在。

## 六、孕卵數

### (一) 總孕卵數與體長關係

由本研究所採得 299 幅卵巢，經組織切片觀察選取卵巢屬成熟期之卵母細胞樣本數 20 幅（樣本尾叉為 74~155 cm；體重 5~45 kg），估算總孕卵數範圍介於 1,231 萬~1.2 億粒之間，平均總孕卵數為  $4,679 \pm 3103$  (S.E.) 萬粒卵。

總孕卵數與尾叉長迴歸關係式表示如下 (Fig. 12)： $F = 3 \times 10^{-5} FL^{3.046}$  ( $n = 20$ ,  $p < 0.05$ ,  $R^2 = 0.8735$ )，顯示總孕卵數會隨著體長增加而呈指數型增加。

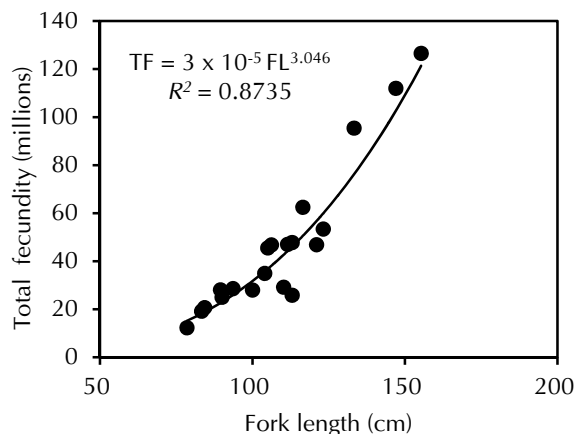


Fig. 12 Relationship between total fecundity and fork length for the escolar (*L. flavobrunneum*) in the waters off southeastern Taiwan.

依 Hunter *et al.* (1992) 及 Schaefer (1998) 所提計算孕卵數所需樣本數的評估方法，進而探討本研究估算孕卵數之樣本數是否符合計算量，估算結果得  $R^2=0.87$ ，假設係數之變異係數為 10% 時，即  $CV(b)=0.1$ ，計算結果為 16，顯示本研究估算孕卵數之樣本 ( $n=20$ ) 具有代表性。

## 討 論

Nishikawa and Warashina (1988) 指出，1978~1980 年，日本東部海域深層延繩釣漁獲鱗網帶鰈之體型組成為 46~157 cm FL，體重組成為 2~48 kg，其中 80~100 cm FL 樣本佔 50% 以上，本研究中 2009~2011 年漁獲鱗網帶鰈之體型組成為 41~155 cm FL，體重組成為 0.8~45 kg，其中亦以 80~100 cm 樣本最多，顯示臺灣東部海域漁獲鱗網帶鰈體型與鄰近之日本東部海域相近，但臺灣東部漁獲較多小於 6 kg 的鱗網帶鰈幼魚。

西南大西洋延繩釣漁業於 1981~1996 年混獲鱗網帶鰈之平均體重為 14.1~23.2 kg (Milessi and Defeo, 2002)，而本研究中鱗網帶鰈平均體重為 7.4 kg，體型大小顯然比西南大西洋樣本小。Schwartz (1997) 記錄 1988 年美國東部海域漁獲鱗網帶鰈之體長組成為 75~157 cm SL，最大重量達 60.3 kg，為目前紀錄體型最大之鱗網帶鰈；Levesque (2010) 分析西北大西洋延繩釣漁業捕獲之鱗網帶鰈相關資料，指出漁獲鱗網帶鰈體長組成為 18~182 cm FL。鱗網帶鰈在體型上的差異除因採集不同海域、月別和年間而有差異，亦與漁



獲深度有關。

Nishikawa (1982) 指出，太平洋及印度洋海域鱗網帶鰈有緯度越高體型越大之趨勢。由臺灣觀察員採集三大洋鱗網帶鰈體型組成中發現，南太平洋鱗網帶鰈樣本之採集水域廣泛分布於南緯 20 度之亞熱帶水域至南緯 40 度之溫帶水域，而本研究所採集臺灣東部海域樣本則皆於熱帶及亞熱帶水域所漁獲，因此導致南太平洋大體型樣本之比例高於臺灣東部海域樣本。而印度洋海域的樣本分別來自於赤道附近的熱帶水域及南緯 30 至 40 度間的溫帶水域，因此體長分布明顯呈現雙峰分布。雖然大西洋的樣本採集海域也是分別分佈於熱帶與亞熱帶水域，但體長頻度並無雙峰分佈的情形 (邱, 2011)，而於日本東部海域的鱗網帶鰈體重組成呈多峰型 (Nishikawa and Warashina, 1988)，因此地域性的差別與採樣漁法的差異，亦皆是造成樣本體型差異之原因。

Levesque (2010) 指出，鱗網帶鰈在墨西哥灣捕獲最大深度在 2,109 m，而佛羅里達州捕獲最大深度為 1,962 m，雖兩個地區之間的捕獲深度相似，但墨西哥灣所捕獲的鱗網帶鰈體型較大，而捕獲數量較多則屬佛羅里達州東部海岸。鱗網帶鰈的生物特性喜棲息於深海大陸棚斜坡 (continental slope)，墨西哥灣近海為沿大陸陸坡，而佛羅里達州東海岸海底大陸陸坡幅度較小，棲息海域之不同、不同系群亦可能造成捕獲鱗網帶鰈體型差異的原因之一。

鱗網帶鰈雌雄於外觀上並無差異 (Nakamura and Parin, 1993)，故本研究利用組織學方法觀察，以準確判斷樣本性別。本研究採樣中僅有 1 尾雄性樣本，體長為 76 cm、體重為 4.9 kg，精巢發育屬成熟中期 (Maturing stage)。Lorenzo and Pajuelo (1999) 指出，帶鰈科紫金魚 (*Promethichthys prometheus*) 雌雄比為 1.74:1，雄魚棲息水層主要為 600~800 m；雌魚則為 300~500 m，受限於漁具的捕獲深度，以雌魚漁獲較多。西北大西洋延繩釣漁業捕獲鱗網帶鰈，雌雄比為 1.86:1，亦顯示雌魚有較高的漁獲率 (Levesque, 2010)。而臺灣東部延繩釣漁撈作業深度多僅達 30~80 m，並未有深層延繩釣的作業型態，或許如此造成雌雄漁獲比例懸殊。

生殖細胞和生殖腺之發育均為連續性之過

程，故刻意將其分期有一定的難度，尤其在性成熟階段的判定。目前除了前人使用之外觀型態學 (Macromorphology) 方法判定外，更需配合組織學的方法來判斷達性成熟魚體體長範圍，主要原因為卵巢內有不同發育階段的卵母細胞，在生殖季節但仍處於未成熟階段及休止階段狀態下的卵母細胞無法被準確的判斷出，故以組織學的方法觀察卵巢內卵母細胞的發育情形，依卵母細胞生成型態正確的判斷生殖腺成熟發育階段。本研究以上述之方法判定最小性成熟體長為 78.5 cm，並估算得臺灣東部海域鱗網帶鰈 50% 性成熟體長為 106.5 cm，年齡約 8 歲 (邱, 2011)，平均卵徑達 250  $\mu\text{m}$  以上屬性成熟階段 (卵黃生成期)。目前針對鱗網帶鰈生殖學相關研究幾乎闕如，僅有 Lorenzo and Pajuelo (1999) 針對紫金魚進行初步生殖特徵研究，指出最小成熟紫金魚為 48 cm，顯然相較於鱗網帶鰈要小許多。

判斷生殖腺發育情形及是否達到性成熟，生殖腺成熟度指數、卵徑大小均是快速判斷之指標，但並無法正確區分未成熟期或休止期之樣本，如此可能導致性成熟之誤判 (Wang *et al.*, 2003; Chiang *et al.*, 2006)。組織學方法可確實觀察生殖細胞之發育過程，精準地將生殖腺成熟階段分期，為判斷性成熟最精確之方法。本研究利用組織學方法和觀察卵巢外部型態分析生殖腺成熟過程，並將生殖腺成熟度指數及卵徑變化結合，將臺灣東部海域鱗網帶鰈之生殖腺發育成熟過程分期，以提供日後研究者參考判斷。估算性成熟體長也會因採集海域不同及海洋環境上差異如水溫、餌料、棲息地而造成性成熟體型上的差異。由於臺灣東部海域非鱗網帶鰈產卵場，所蒐集樣本多為未成熟期或發育期，成熟期之樣本數較少，在這情況下有可能會低估性成熟體長。

本研究中未發現含有水卵階段的卵母細胞，若單以 GSI 判斷生殖季節可能不適合，而根據組織學方法判斷生殖腺成熟階段月別變化，從 12 月至翌年 4 月皆有成熟中或成熟階段的樣本出現，且各月別皆有出現退化的卵母細胞，顯示生殖季節在此期間之後。Milessi and Defeo (2002) 分析不同海域鱗網帶鰈之漁獲資料，亦指出鱗網帶鰈會遷移到低緯度地區產卵，因此推測臺灣東部海域並非鱗網帶鰈產卵海域，產卵場可能是在南方較

低緯度海域。

Nishikawa (1982) 指出，在赤道西太平洋、南部水域和東印度洋皆有捕獲鱗網帶鯖仔稚魚。捕獲仔、稚魚的表水溫為 26.9 ~ 29.2 °C。仔魚主要棲息於海表層下，而稚魚則分布在海表層，仔稚魚隨著成長做垂直方向移動。其主要分布範圍僅限於該群島或較大島嶼沿岸海域，因而判斷該地區沿岸海域為鱗網帶鯖產卵場。Nishikawa and Warashina (1988) 分析在日本 26 ~ 36 °N 及 132 ~ 162 °E 海域所捕獲之鱗網帶鯖漁獲資料，漁獲高峰隨季節變化，主要發生在春季 (4 ~ 6 月) 和秋季 (9 ~ 11 月)，推測鱗網帶鯖產卵季可能在秋季至春季。由東北大西洋和西南大西洋捕獲鱗網帶鯖漁獲峰度隨季節性變動，可能與攝食和繁殖行為有關 (Milessi and Defeo, 2002)。Levesque (2010) 指出，西北大西洋鱗網帶鯖之漁獲量組成在年間之變動顯示有季節的差異，最大捕獲量在 5 月及 11 月，該捕獲的峰度可能與季節性繁殖或攝食行為相關，雖然沒有具體資料顯示與生殖有關，但從 8 月捕獲最小體長為 18 cm FL，推測這尾魚日齡約在 1 至 2 個月之間 (Nishikawa and Warashina, 1988)。

估算單次孕卵數有直接估算法或估計卵徑大小達一定程度之卵徑頻度法，通常卵徑頻度分布會有一個或多個峰型，若將最成熟階段卵細胞視為一次產出卵數，在判定上較為主觀，而達最成熟階段卵細胞產出也並非一次完全被排出，觀察經組織切片後的卵細胞可發現成熟卵細胞與退化細胞並存，顯示以卵徑頻度法會造成孕卵數估算偏差，另採用樣本不同大小間及卵細胞分期的標準不同，皆會造成孕卵數估算之差異 (Hunter *et al.*, 1985; Schaefer, 1996)。本研究中並無發現處於移動核卵細胞期及水卵期 (產卵期)，及剛產完卵期樣本，所以無法以水卵法估計單次孕卵數，因此以選取屬成熟階段卵細胞，進行估算總孕卵數。通常水卵樣本取得不易可能原因為：(1) 卵細胞在達到水卵階段後，很快被排出體外，在卵巢內停留時間短，故水卵樣本不易取得；(2) 雌魚於特定時間產卵，與漁船作業時間不同，故取得之含水卵卵巢樣本少 (Hunter *et al.*, 1985; Schaefer, 1987, 1996)；(3) 魚類被捕獲時可能受外力影響立即將水卵排出體外；(4) 採樣海域並非本種的產卵場。

本研究結果顯示，臺灣東部海域鱗網帶鯖生殖腺成熟階段皆屬發育期，未有水卵，亦顯示臺灣東部海域鱗網帶鯖生殖腺為製作「油魚子」最佳材料。本研究利用卵徑頻度法首次針對帶鯖科魚類孕卵數進行估算，探究鱗網帶鯖最具盛名之「油魚子」孕卵數，估算所得之孕卵數代表生殖腺內含卵黃生成期階段之卵細胞數，未來仍須針對鱗網帶鯖進行更大範圍且連續性的生物性樣本採樣，才能有效掌握鱗網帶鯖生殖生物學特徵，提供未來進行該魚種資源評估之重要參數。

## 參考文獻

- 江爾蕓 (2005) 臺灣產烏魚、油魚及鮪魚的魚卵脂質成分之比較. 國立臺灣海洋大學食品科學研究所碩士論文, 62pp.
- 邱惠君 (2011) 利用耳石進行三大洋鱗網帶鯖之年齡與成長研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學研究所碩士論文, 106 pp.
- 邵廣昭 (2013) 臺灣魚類資料庫 網路電子版 <http://fishdb.sinica.edu.tw>, (2013-10-28).
- Armas, R. G., K. T. Alexander and H. H. Agustín (2006) Evidence of billfish reproduction in the southern Gulf of California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 79: 705-717.
- Arocha, F. (2002) Oocyte development and maturity classification of swordfish from the north-western Atlantic. *J. Fish Biol.*, 60: 13-27.
- Arocha, F. and A. Barrios (2009) Sex ratios, spawning seasonality, sexual maturity, and fecundity of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic. *Fish. Res.*, 95: 98-111.
- Chiang W. C., C. L. Sun, S. Z. Yeh, W. C. Su, D. C. Liu and W. Y. Chen (2006) Sex ratios, size at sexual maturity and spawning seasonality of sailfish *Istiophorus platypterus* from eastern Taiwan. *Bull. Mar. Sci.*, 79: 727-737.
- Cuellar, N., G. R. Sedberry and D. M. Wyanski (1996) Reproductive seasonality, maturation, fecundity, and spawning frequency of the vermilion snapper, *Rhomboplites aurorubens*, off the southeastern United States. *Fish. Bull.*, 94: 635-653.
- Claereboudt, M. R., J. L. McIlwain, H. S. Al-Oufi and A. A. Ambu-Ali (2005) Patterns of reproduction and spawning of the kingfish (*Scomberomorus commerson*) in the coastal waters of the Sultanate of Oman. *Fish. Res.*, 73: 273-282.

- DeMartini, E. E., J. H. Uchiyama and H. A. Williams (2000) Sexual maturity, sex ratio, and size composition of swordfish, *Xiphias gladius*, caught by the Hawaii-based pelagic longline fishery. *Fish. Bull.*, 98: 489-506.
- Eldridge, M. B. and P.G. Wares (1974) Some biological observations of *billfish* taken in the eastern Pacific Ocean 1967-1970. *In* Proceedings of International Billfish Symposium (Part 2): Review and Contributed papers (R. S. Shomura and F. Williams eds.), NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF 675: 89-101.
- FAO (1994) World review of highly migratory species and straddling stocks. FAO Fisheries Technical Paper No. 337, Rome, 70 pp.
- Feldman, K. A., S.B. Werner, S. Cronan, M. Hernandez, A. R. Horvath, C. S. Lea, A. M. Au and D. J. Vugia (2005) A large outbreak of scombroid fish poisoning associated with eating escolar fish (*Lepidocybium flavobrunneum*). *Epidemiol. Infect.*, 133: 29-33.
- Hunter, J. R., N. C. Lo and R. J. Leong (1985) Batch fecundity in multiple spawning fishes. *In* An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish, NOAA Tech. Rep., NMFS 36: 67-77.
- Hunter, J. R., B. J. Macewicz, N. C. Lo and C. A. Kimbrell (1992) Fecundity, spawning, and maturity of female Dover sole *Microstomus pacificus*, with and evaluation of assumptions and precision. *Fish. Bull.*, 90: 101-128.
- Kerstetter, D. W., P. H. Rice, D. Snodgrass and E. D. Prince (2008) Behavior of an escolar, *Lepidocybium flavobrunneum*, in the Windward Passage as determined by pop-up satellite archival tagging. *Gulf Caribb. Res.*, 20: 1-6.
- Levesque, J. C. (2010) Evolving Fisheries: Today's bycatch is tomorrow's target catch - escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) catch in the U.S. pelagic longline fishery. *Open Fish Sci. J.*, 3: 30-41.
- Lorenzo, J. M. and J. G. Pajuelo (1999) Biology of a deep benthopelagic fish, roudi escolar *Promethidithys prometheus* (Gempylidae), off the Canary Islands. *Fish. Bull.*, 97: 92-99.
- Millessi, A. C. and O. Defeo (2002) Long-term impact of incidental catches by tuna longlines: the black escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) of the southwestern Atlantic Ocean. *Fish. Res.*, 58: 203-213.
- Nakamura, I. and N. V. Parin (1993) FAO Species Catalogue (Vol. 15): Snake Mackerels and Cutlassfishes of the World (Families Gempylidae and Trichiuridae). FAO Fisheries Synopsis, Rome, 136 pp.
- Nishikawa, Y. (1982) Early development of the fishes of the family Gempylidae, Larvae and juveniles of escolar, *Lepidocybium flavobrunneum*. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 19: 1-13.
- Nishikawa, Y. and I. Warashina (1988) Escolar, *Lepidocybium flavobrunneum*, commercially fished in the waters adjacent to the Pacific coast of Japan. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 25: 145-162.
- Norman, B. and J. Stevens (2007) Size and maturity status of the whale shark (*Rhincodon typus*) at Ningaloo Reef in Western Australia. *Fish. Res.*, 84: 81-86.
- Schaefer, K. M. (1987) Reproductive biology of black skipjack, *Euthynnus lineatus*, an eastern Pacific tuna. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.*, 19(2): 169-260.
- Schaefer, K. M. (1996) Spawning time, frequency, and batch fecundity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, near Clipperton Atoll in the eastern Pacific Ocean. *Fish. Bull.*, 94: 98-112.
- Schwartz, F. J. (1997) Size, body component weights, and fatty acid profiles of the escolar, *Lepidocybium flavobrunneum* (Pisces, Gempylidae) caught in the Atlantic Ocean of the mid-south east coast USA. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.*, 113: 9-15.
- Schaefer, K. M. (1998) Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.*, 21(5): 205-221.
- Sun, C. L., Y. J. Chang, C. C. Tszeng, S. Z. Yeh and N. J. Su (2009) Reproductive biology of blue marlin (*Makaira nigricans*) in the western Pacific Ocean. *Fish. Bull.*, 107: 420-432.
- 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.
- Wang, S. P., C. L. Sun and S. Z. Yeh (2003) Sex ratios and sexual maturity of swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the waters of Taiwan. *Zool. Stud.*, 42: 529-539.

## Reproductive Biology of the Escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) in the Southeastern Waters off Taiwan

Hung-Hung Hsu<sup>1</sup>, Sheng-Ping Wang<sup>2</sup>, Wei-Chuan Chiang<sup>1\*</sup> and Wen-Yie Chen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eastern Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

<sup>2</sup>Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University

### ABSTRACT

The reproductive biology of the escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) was examined through monthly samples collected from the Shinkang fish market of Taitung county from March 2009 to March 2011. A total of 299 length-weight measurements were collected (fork lengths ranged from 40-155 cm and round weights ranged from 0.8-4.5 kg), and gonads were sampled. The gonadosomatic index (GSI) ranged from 0.028-12.95, with monthly changes in the GSI indicating that the mature stage peaked from February to March. Observations of the histology of the monthly variation in gonads also indicated that the greatest proportion of mature females occurred from February to March. Based on the variation in the diameters of the oocytes, the spawning pattern of the escolar is considered asynchronous. The estimated 50% length-at-maturity ( $L_{50}$ ) was 106.5 cm and the 95% length-at-maturity ( $L_{95}$ ) was 129.5 cm. In the total sample, 87% of the oocytes were immature, 7% were mature, and 6% were spent or at the rest stage. As concluded from the absence of hydrated oocytes in the samples, no spawning or recently spawned specimens were observed. The estimated total fecundity was  $46 \pm 31$  (S.D.) million eggs, and the relative fecundity was  $2,604 \pm 700$  (S.D.) eggs/g.

**Key words:** escolar, *Lepidocybium flavobrunneum*, size-at-maturity, spawning season, fecundity

---

\*Correspondence: 22 Wu-Chuan Rd., Chengkung, Taitung 961, Taiwan. TEL: (089) 850-090 ext. 408; FAX: (089) 850-092; E-mail: wcchiang@mail.tfrin.gov.tw