

漁撈行為對台灣東北部海域 刺鯧生殖特徵之影響

陳威克、莊世昌、吳全橙、吳繼倫

水產試驗所海洋漁業組

前言

拖網漁業對漁業資源的影響，包括魚種組成改變 (Frid et al., 2004)、大型魚族群量減少 (Shin et al., 2005)、魚體變小、性成熟提早及產卵期縮短 (Kaiser et al., 2002) 等。長期的漁撈活動尤其會對物種的生殖特性如性成熟體長、肥滿度、產卵期及孕卵數等造成劇烈影響 (Hutchings, 2005)。

龜山島海域為台灣東北部重要的拖網漁場 (Wang et al., 2007)，大溪漁港則為其漁業重鎮，漁業資源經過多年的開發之後，底棲魚類的群聚結構，已經發生改變，漁獲優勢魚種轉變為中小型魚種為主 (吳，2002)。此外，主要經濟性魚種如赤鯨 (*Dentex tumifrons*)、黑口 (*Atrubucca nibe*)、大眼鯛 (*Priacanthus macracanthus*) 等之生殖特性均已產生變化 (彭，2007；張，2008；王，2008)，且年漁獲量與 20 年前比較有大幅減少的趨勢 (陳，2009)。根據漁業年報統計資料顯示，台灣的刺鯧 (*Psenopsis anomala*) 年漁獲量從 1986 年最高的 11 噸持續下降到 2010 年的 3.17 噸。Watanabe and Yatsu (2006) 指出，漁獲量與 CPUE 之下降可能與漁獲死亡率增加、年級群加入量降低以及可獲得之食物減

少有關，顯示龜山島海域之刺鯧族群量出現減少的趨勢，且可能與長期之漁撈行為有關。有鑑於此，希望能藉由比較現今與 1995 年刺鯧族群之生殖特徵如：性比、生殖季節、肥滿度、孕卵數及產卵數等之變化，來探討漁獲壓力對台灣東北部海域刺鯧生殖特徵之影響。

材料方法

一、樣本來源與處理

本研究使用的樣本係從 2008 年 2 月至 2009 年 1 月間，按月至宜蘭縣大溪漁港採樣，樣本於現場採集後隨即冰藏帶回實驗室，並進行後續的處理工作。量測全長、尾叉長、體重、去內臟重等。隨後挑選新鮮樣本進行解剖，取出生殖腺及肝臟，並分別進行重量量測。秤重後之生殖腺，隨即浸泡於 10% 之福馬林溶液中固定，以為後續卵徑量測、孕卵數估算等其他研究之用。

二、資料分析

(一) 體長體重關係式

本研究利用概似比率檢定法 (Likelihood ratio test) 來檢定雌、雄間體長與體重關係是否具有差異 (Cerrato, 1990)。體

長與體重關係式以冪函數表示如下：

$$BW = a FL^b$$

BW：體重(g)，FL：尾叉長(mm)，a、b：常數值。

(二) 性比

性比以雌魚占雄和雌魚總數的比例表示： $S = \frac{F}{F + M} \times 100\%$ ，並以卡方檢定 (Chi-square test) 性比是否為 1:1。

(三) 生殖研究

生殖季節之判定，依據 GSI 及 HSI 指標，並配合雌性卵徑月別變化與成熟度變化，以推估產卵期。

1. 生殖腺指數 (Gonadosomatic index, GSI) (Kikawa, 1957)

$$GSI = \frac{GW}{W} \times 10^2$$

GW：生殖腺重 (g)，W：去內臟重 (g)。

2. 肝臟指數 (Hepatosomatic index, HSI)

$$HSI = \frac{LW}{W} \times 10^2$$

LW：肝重 (g)，W：去內臟重 (g)。

3. 肥滿度 (Condition factor, CF)

$$CF = \frac{BW}{FL} \times 10^5$$

BW：體重 (g)，FL：尾叉長 (mm)。

4. 群成熟率 (Group maturity rate, GMR)

$GMR = \frac{\text{成熟個體數}}{\text{總個體數}} \times 100\%$ ，成熟階段的判定根據 Wang and Chen (1989) 之結果。

5. 孕卵數 (Fecundity) 與產卵數 (Batch fecundity)

本種雌魚之卵巢左右成對，形狀及大小大致相同，同一卵巢不同部位間卵數與卵徑頻度分布並無顯著差異 (Wang and Chen,

1995)，為求計算卵數時之一致性與減少誤差，本研究採取左側卵巢之中部作為採卵之部位。卵數之計算採用 Hunter et al. (1985) 所提出之重量法估計卵巢內之孕卵數，其方法是以單位重量之一小塊 (0.05 g) 卵巢組織之卵數及透明卵粒數來推估整個卵巢內之孕卵數及產卵數，計算公式如下：

$$\text{孕卵數} = \left(\frac{0.05\text{g 卵塊中卵徑 } 0.02\text{ mm 以上之卵粒數}}{0.05\text{g 卵塊重}} \right) \times \left(\frac{\text{卵巢重 (g)}}{0.05\text{g 卵塊重}} \right)$$

$$\text{產卵數} = (0.05\text{g 以上卵塊之透明卵粒數}) \times \left(\frac{\text{卵巢重 (g)}}{0.05\text{g 卵塊重}} \right)$$

結果

一、體長與體重關係

本研究共採集刺鯧 725 尾，其中雌魚 237 尾，雄魚 488 尾，尾叉長介於 131.8—204.8 mm 間，體重介於 52.28—237.23 g 之間。雌雄別尾叉長與體重迴歸關係式如下：

雌魚： $BW = 2.2 \times 10^{-5} FL^{3.02}$ ($n = 236, r^2 = 0.99, p < 0.01$)

雄魚： $BW = 5.4 \times 10^{-5} FL^{2.83}$ ($n = 488, r^2 = 0.99, p < 0.01$)

經概似比率檢定法 (Likelihood ratio test) 檢定雌雄間迴歸關係並無顯著差異 ($p < 0.05$)，因此將雌雄魚之資料合併處理。其迴歸關係式則表示如下：

$BW = 9.7 \times 10^{-6} FL^{3.17}$ ($n = 724, r^2 = 0.99, p < 0.01$)

二、性比

刺鯧性比之月別變化情形，顯示僅 2008 年 4 月雌魚樣本數比雄魚多 (圖 1a)。性比之月別變化經卡方檢定結果顯示，除了在 5—7

月、9月、11-1月性比有顯著差異之外、其他月份均無顯著差異，而全年度總樣本中雌雄性比 (33%) 亦呈現顯著之差異，且雄魚多於雌魚。

刺鯧性比與尾叉長間之變動關係圖 (圖 1b)，由圖可知，雄性在尾叉長較小之個體中，所佔之比率較高，而隨著尾叉長之增加，雌性所佔之比例也隨之增加。魚體小於 170 mm 的個體以雄魚較多，而大於 170 mm 以上的魚體則以雌魚居多。

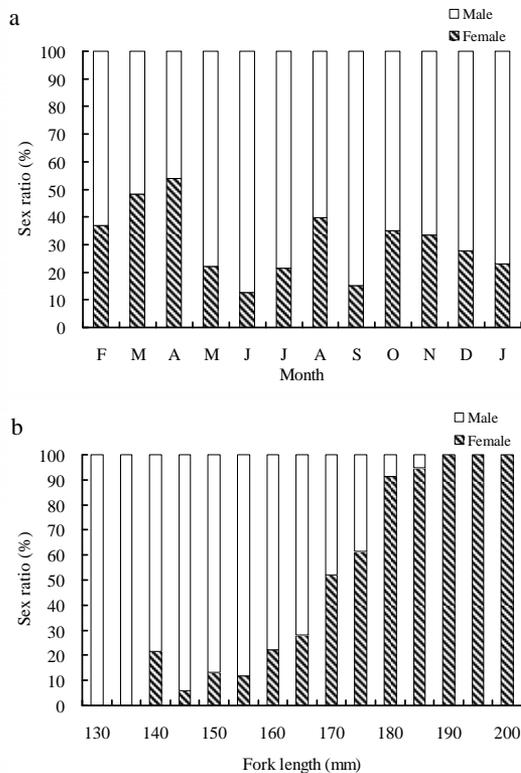


圖 1 月別(a)與體長別(b)性比變化圖

三、生殖腺指數

刺鯧生殖腺指數之月別變化情形如圖 2a 所示，顯示雌性個體的 GSI 值由 3 月開始上升，於 5 月達最高峰，隨後開始下降，而於

8 月以後降至相對低點。雄性刺鯧之 GSI 值週期大約與雌魚相同，但變動幅度較低，同樣在 5 月達到最高峰，隨後開始下降。由此 GSI 之月別變化情形推斷本種魚之生殖季節在每年 3-8 月之間，5-8 月則為其產卵高峰期。

四、肝臟指數

雌魚的 HSI 月別變動如圖 2b 所示，自 1 月的 0.71 開始逐漸增加，至 6 月的 2.48 達最高峰，並持續到 9 月，隨後開始下降。雄魚肝臟指數月別變動不大，平均值介於 0.63-1.12 之間。此外，雌魚各月份之 HSI 值均有高於雄魚的現象，在生殖季節尤為明顯。

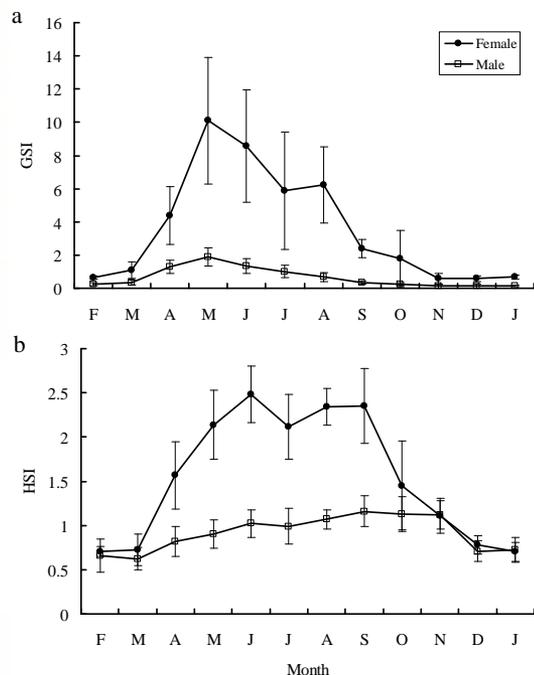


圖 2 雌雄生殖腺指數(a)與肝指數(b)月別變化圖

五、肥滿度

刺鯧的肥滿度 (CF) 隨著月份有不同的變化，2 月開始下降，至 5 月達相對低值，

隨後持續上升，10月為另一高峰，之後又開始下降，雌、雄兩性間的變動趨勢大體一致。

六、群成熟率

雌、雄刺鯧群成熟率的月別變化有相同的趨勢(圖3)，4-7月間成熟率均達80%以上，其他月份則低於40%，11-2月則無雌性成熟個體的出現。

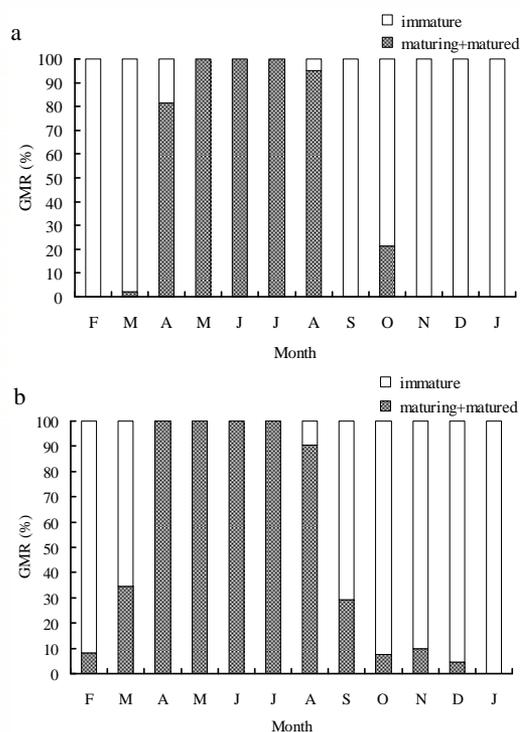


圖3 雌(a)、雄(b)群成熟度月別變化圖

七、卵徑之頻度分布

由刺鯧卵徑頻度分布之月別變化情形可以看出，在2月時卵徑以0.5 mm為主；到3月時，已有部分魚體具有0.7 mm以上之卵粒；4月時，大型卵所佔比例明顯增加，5月時則可觀測到大型之透明卵粒(>0.7 mm)，為全年最高值，次一高峰之卵粒則以0.5 mm為主。6-7月的卵徑頻度均維持在0.5-0.8 mm之間，8月後鮮少有0.8 mm以

上之卵粒出現。由上可知刺鯧之最大卵徑由3月開始增加，至5月達最大值，並於8月以後開始下降。

八、孕卵數與產卵數

本研究以32幅卵巢來估計孕卵數與產卵數，其所對應之樣本尾叉長為158.7-193.3 mm，體重為66.41-149.59 g，生殖腺指數則介於6.58-16.48之間，推估本魚種之孕卵數約在44,039-162,851粒之間，產卵數則在12,505-57,321粒之間。孕卵數(F)、產卵數(BF)與體重(BW)之關係式如下：

圖4a)

BF = 339.8 × BW - 3824.1 (r² = 0.27, n = 32, 圖4b)

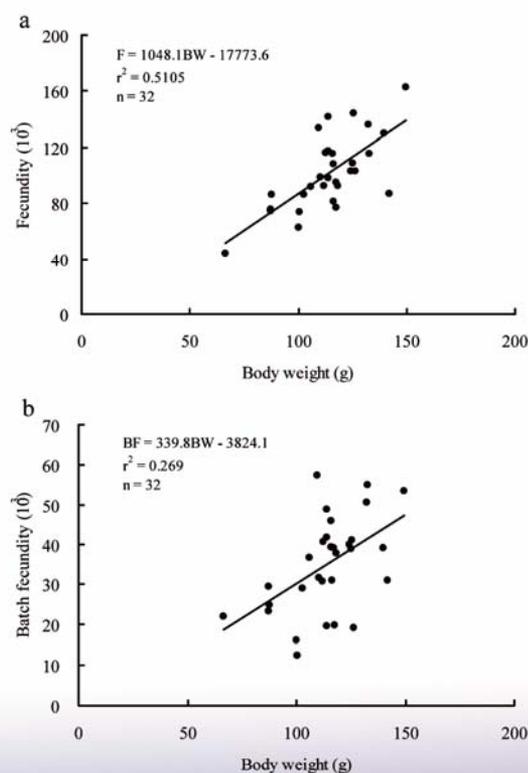


圖4 孕卵數(a)、產卵數(b)與體重關係圖

討論

由本研究刺鯧性比與尾叉長之關係 (圖 1b) 顯示, 隨著尾叉長增加, 性比有增加的趨勢, 超過 170 mm 即有雌魚多於雄魚的現象, 且尾叉長超過 180 mm 以上之樣本, 幾乎全為雌魚, 此與 Wang and Chen (1995) 的結果相同, 此情形亦常見於許多其他的魚類 (Imoto et al., 1997; Murua et al., 2006; Taro and Minamia, 2007)。魚類之性比有隨著體長增加而增大之現象, 其原因包括雌、雄成長上的差異、壽命的長短、成熟後之死亡率不同、性轉變或是分群洄游以及不同採集地點所致 (Jean and Lee, 1984; Young et al., 1985; Ismen, 2004)。將結果與 Wang and Chen (1995) 和陳 (2009) 進行比較, 在生殖腺指數月別變化部分, 與上述兩者相較並無太大差異, 皆在 3 月逐漸上升, 5 月達到最高峰, 9 月降回相對低值。在肝臟指數月別變化部分亦無太大差異, 均於產卵前的 3 月開始上升, 並於生殖季節結束後開始下降。在肥滿度指數月別變化部分, 與陳 (2009) 較相似, 皆以 9 月最高, 而 2-7 月較低, 且在秋季之後呈現下降的趨勢, 與 Wang and Chen (1995) 魚體肥滿度在秋、冬季均維持高峰之結果不同。由於肥滿度會隨著環境中餌料生物之消長、溫度變化或生活史中不同的發育階段而變化 (Kjesbu, 1994; Heyman et al., 2005; Ohtomi and Sakata, 2006), 此趨勢顯示本種主要的攝食季節在生殖季節前後, 且產卵期間可能有降低或停止攝食的情形, 而產卵期間肥滿度的下降亦顯示產卵之能量需求主要來自於肌肉。本研究由卵巢外觀、卵徑以及生殖腺指

數等觀察, 推斷龜山島海域刺鯧之生殖期約在 3-8 月, 高峰期為 5-8 月。此結果與 Wang and Chen (1995) 和陳 (2009) 推測之產卵期相同, 顯示其生殖季節並無太大改變。

孕卵數與卵徑大小是評估魚類生殖潛能之重要因素 (Bagenal, 1973), 產卵數可估算下一代之數量, 卵徑大小對仔魚之活存率也有極大影響 (Miller et al., 1988)。本研究推估之孕卵數在 44,039-162,851 粒之間, 平均為 $101,006 \pm 4,575$ 粒, 少於陳 (2009) 的 $166,396 \pm 65,954$ 粒, 但與 Wang and Chen (1995) 之結果相近 ($104,440 \pm 23,659$ 粒)。成熟期主要卵群之卵徑 0.5 mm 與最大卵徑 0.9 mm 亦大於陳 (2009) 之 0.3 mm 與 0.8 mm, 而與 Wang and Chen (1995) 之結果相符。顯示孕卵數沒有增加, 卵徑大小亦無改變, 但由於刺鯧之最小性成熟體長有變小跡象, 故推測刺鯧之生殖特徵與過去略有不同。

由本研究可以得知, 近年來台灣東北部海域刺鯧之年產量與 CPUE 出現下降趨勢, 而此變動已對刺鯧之生殖特徵產生影響。CPUE 下降所引起之密度相依效應促使成長加速, 進而導致性成熟體長之下降; 然而生殖季節、孕卵數與卵徑大小並無明顯改變。總結來說, 目前刺鯧族群面臨漁獲壓力時所產生之反應仍屬表現型上之適應, 尚未發現生殖特徵改變之證據, 但由於野生族群被過度開發初期容易出現補償效應而模糊了族群在生殖特徵上之變異, 故龜山島海域進行之漁業開發行為仍可能已對刺鯧族群造成衝擊, 待持續蒐集資料加以證實。漁政單位亦需思考如何減緩漁獲壓力對生態系之影響, 以達到永續利用之目標。