

利用平衡石分析東海南部劍尖槍鎖管之季節成長差異

王凱毅¹·陳瑞谷¹·廖正信²·李國添²·吳繼倫¹·李明安²·張可揚^{1*}

¹行政院農業委員會水產試驗所海洋漁業組

²國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

摘要

劍尖槍鎖管 (*Uroteuthis edulis*) 是臺灣北部火誘網漁業主要目標物種之一，同時也是東海南部重要的經濟頭足類之一。過去對該物種的生殖及日齡成長已有研究，但對於終年均會產卵的劍尖槍鎖管來說，探究其季節群的個體成長差異有其必要性。本研究利用平衡石分析 2008 年 12 月至 2009 年 11 月間各季節孵化的劍尖槍鎖管成長之差異。結果顯示除了夏季孵化群外，各季所孵化的雌及雄鎖管成長是以指數型為最佳 ($r^2 > 0.31$)，日齡則均在 250 天以內。春生群與冬生群的鎖管可成長至較大體型 (ML > 300 mm)，而夏生群的鎖管普遍較小 (ML < 150 mm)，且冬生群的成長較春、夏及秋生群為快。推測當冬生群成長至 180 天時正處於春、夏時期，此時的棲息水溫正逐漸變暖，而使冬生群其後之成長快於其他三季孵化群。

關鍵詞：東海南部、劍尖槍鎖管、成長

前言

全世界除極區外，主要的陸棚海域均棲息一至數種的鎖管物種 (loliginid squid) (FAO, 1984; Jackson, 2004)。在這些海域已有超過 10 種鎖管被沿岸國家有系統的捕撈 (Boyle and Rodhouse, 2005)，因此，了解鎖管物種基礎的生物學特徵，例如年齡及成長等，將有益於探討其生態系統及漁業管理 (Jackson, 2004)。自從了解頭足類平衡器官中之平衡石形成機制與日周期有關，其微結構已被拿來作為管魷類之日齡判定的有用工具 (Jackson and Choat, 1992; Arkhipkin, 2005; Schwarz and Perez, 2010)，此外，更可解析該資源的年齡結構。近 20 年來，很多鎖管物種之成長及生活史，已利用平衡石為工具被廣泛研究 (Jackson, 2004; González *et al.*, 2010)。

台灣東部、南部海域由於水深較深，不適合喜好淺海環境之鎖管物種生存，而北部及西部海

域均為東海大陸棚一端，有著豐富的鎖管資源，也成為重要的漁業之一。台灣捕獲鎖管的漁業包含火誘網漁業 (以棒受網漁船為最多)、拖網漁業及休閒漁業等。根據數位典藏國家型科技計畫 (<http://catalog.digitalarchives.tw>)、Lu (1998) 及邵等 (2008) 的調查結果指出，台灣的鎖管種類有劍尖槍鎖管 (*Uroteuthis edulis*)、火槍鎖管 (*Loliolus beka*)、神戶鎖管 (*L. sumatrensis*)、尤氏槍鎖管 (*L. uyii*)、中國槍鎖管 (*U. chinensis*)、杜氏槍鎖管 (*U. duvacelii*)、詩博加槍鎖管 (*U. sibogae*) 和萊氏擬烏賊 (*Sepioteuthis lessoniana*) 等種類。大多數的鎖管種類具有地區性分布，其中以劍尖槍鎖管分布較廣且生物量最豐，過去 50 年來一直是我國重要經濟魚種之一 (鄭等, 1999; 宋等, 2008; 王, 2002; 王等, 2010)。

過去的研究報告指出，劍尖槍鎖管在東海南部 (台灣北部陸棚海域) 有豐富的資源量 (張等, 2007)，該物種終年產卵 (Wang *et al.*, 2008)，且生命週期短 (約九個月)、成長快 (Natsukari *et al.*, 1988; Wang *et al.*, 2010)。每年春及夏季於東海陸棚進行索餌洄游，到了秋季往南洄游至彭佳嶼周邊進行產卵 (廖, 2000; 張等, 2010)。儘管該物種

* 通訊作者 / 基隆市和一路 199 號 ; TEL: (02) 2462-2101#2303; FAX: (02) 2462-3110; E-mail: kychang@mail.tfrin.gov.tw

在生殖、產卵場及族群結構已被部份的研究並解析，但對於生命週期不長且終年均有繁殖的劍尖槍鎖管而言，複雜的族群結構是不容易全盤了解 (Collins *et al.*, 1999; Šifner and Vrgoc 2004 Sukramongkol *et al.*, 2007)。也由於這些特性，造成鎖管所棲息的环境一發生改變，應能立即在生物特徵與資源量上反映出來 (李, 2004)。因此，本研究嘗試究明不同季節孵化群，其個體、日齡及成長上的差異，並尋找適當的成長參數，作為未來資源評估的參考。此外，由於鎖管棲息的环境差異明顯，我們也嘗試解釋環境的差異所造成季節孵化群的成長影響。

材料與方法

一、標本採集

本研究利用農委會水產試驗所海富號試驗船進行拖網作業以採集鎖管樣本，另以隨機方式自棒受網漁船 (三艘) 及海釣船 (一艘，以一支釣漁法為主) 漁獲中採集樣本，並冷藏或冷凍保存，返航後攜回實驗室做後續處理。研究期間 (2008/12 ~ 2009/11) 每個月至少就各樣本來源中，採集到一次鎖管樣本，每次至少 100 尾，共計採樣 35 次，採樣位置如 Fig. 1，總樣本數為 4,261 尾。

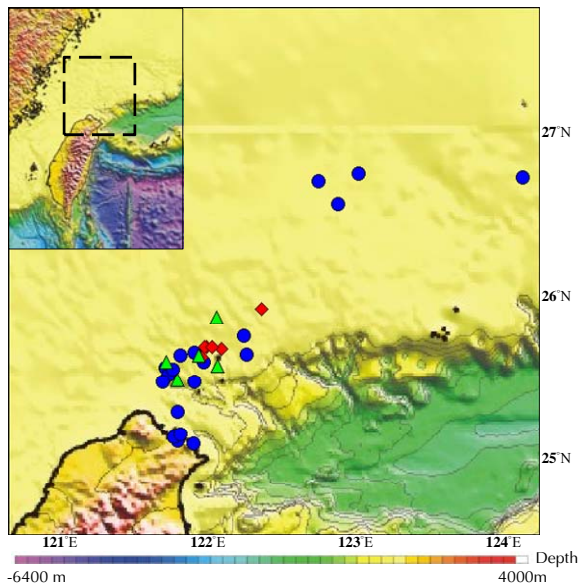


Fig. 1 Sample localities of *U. edulis* in the southern East China Sea. Blue circle: torch-light net; green triangle: trawler; red diamond: pole-and-line boat.

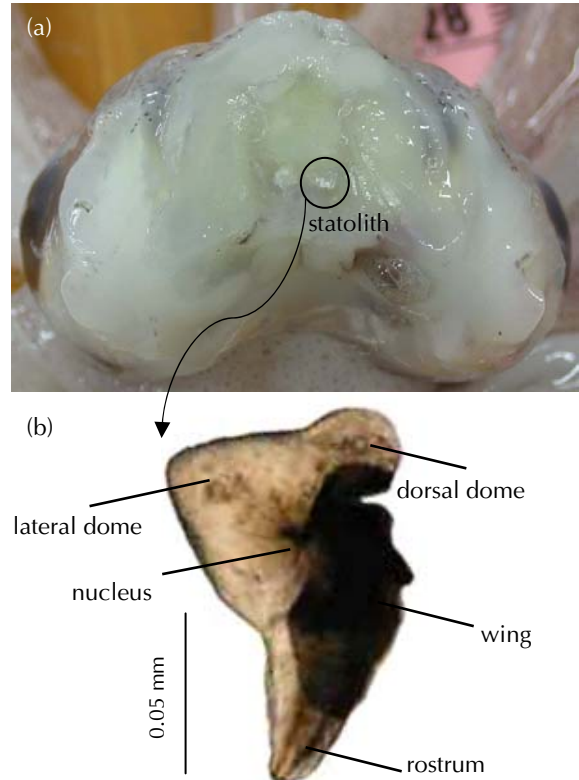


Fig. 2 (a) Location of statolith; (b) Statolith.

二、生物測量

採得之樣本攜回實驗室後，由外部形態與腕部吸盤角質環 (sucker ring) 鑑定其物種 (陳等, 2009; Sin *et al.*, 2009)，並進行鎖管的形態形質測量，包括外套長 (mantle length, ML)、溼重量 (wet body weight, BW)、胃內容物重 (stomach content weight, SW) 及判定性別 (sex)。長度與重量分別以準確度為 0.05 mm 的游標尺 (Mitutoyo, Japan) 及 0.01 g 的電子秤 (Precisa XS-3250C, Switzerland) 測量。在性成熟判定方面，採用 Lipinski (1979) 的生殖腺外觀發育情形給予性成熟劃分，其中 stage V 定義為已成熟的鎖管。

三、平衡石之製備與日輪計數

鎖管的平衡石 (statolith) 位於頭腹側後端且充滿著內淋巴液 (endolymph) 的平衡囊 (statocyst) 中 (Fig. 2)。平衡石可分四個部分，分別是背區 (dorsal dome)、側區 (lateral dome)、喙部 (rostrum) 和翼區 (wing) (Fig. 2)。平衡石中心為結晶沈積的起點。平衡石生長紋包含明紋與暗

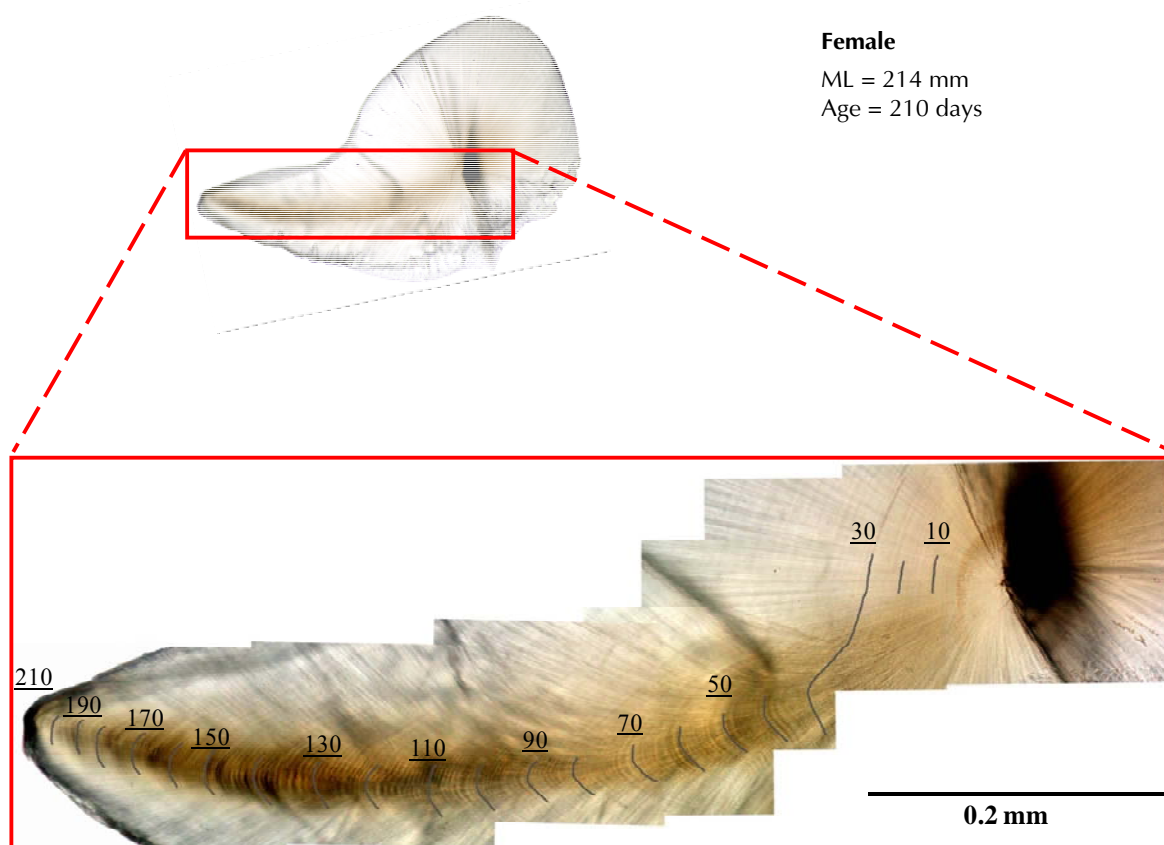


Fig. 3 Daily growth increments in transversely sectioned statolith of a female *U. edulis*.

紋，明紋 (light rings) 主要成分為碳酸鈣，暗紋 (dark rings) 主要成分為有機物質 (Arkhipkin, 2005)。同物種鎖管的平衡石在形態上是一致的，因此可用來鑑定物種 (奈須等, 1991)。此外，平衡石除了在生理上平衡感覺以外，還具有規律的日週期沈積的顯微結構，經由 Natsukari *et al.* (1988) 的研究已知劍尖槍鎖管平衡石上的顯微構造，一輪代表一天 (Fig. 3)。本研究利用採集到的生物樣本，每月選取部分樣本進行日齡資料的查定，實驗流程依序為平衡石的潔淨、包埋、切割、研磨及計數輪紋數等步驟，詳述說明請參考 Natsukari *et al.* (1988) 及 Wang *et al.* (2010) 的報告。

四、成長方程式之套適

為探討劍尖槍鎖管從幼魚時期到已成熟時期的成長情形，將日齡、ML 與 BW 的資料，套用六組最常用的成長方程式：linear, power, exponential, von Bertalanffy, logistic 和 Gompertz 成長方程式。最適成長方程式以最高的解釋率 (r^2) 來決定，同

時考慮其參數，如極限體長等是否合理予以研判。因 ML 與 BW 有高度的相關性 (95% 以上)，本文的成長僅用 ML 來分析。為了增加雌、雄鎖管的日齡與 ML 範圍，因此幼魚 (unsexed) 的資料也加入在各性別的成長分析。

五、表層海水溫度

鎖管的產卵及索餌場等表層海水溫度 (Sea surface temperature, SST) 變化可能與其成長有關 (Boyle and Rodhouse, 2005)。因此，我們以劍尖槍鎖管的產卵及索餌場海域 SST 變化，探討在不同季節孵化鎖管之成長差異。SST 資料取自國立台灣海洋大學聲光遙測中心之高解析度 HPRT 衛星遙測系統，此系統每日接收 4~6 次 NOAA12、14、15、16 及 17 號繞極衛星之 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) 表面海洋溫度資料，空間解析度為 1.1 km × 1.1 km，精準度可達 0.1°C (Lauritson *et al.*, 1979)，擷取時間為劍尖槍鎖管孵化的時間範圍內 (2008 年 5 月至 2009 年 7 月)，擷

取範圍為 25°N ~ 26°N、121.50°E ~ 123°E (此後稱鎖管漁場)。由於日別的表面海洋溫度容易受到氣候的影響，而低估了真正的海水溫度，因此，本研究是以周別海水溫度資料，分析四季的變化形。

六、統計分析

本研究利用變積分析 (Analysis of Covariance, ANCOVA)，檢定雌、雄鎖管在各季節孵化群之成長速率 (斜率) 是否具有顯著差異，並以 Tukey's honest significant difference (HSD) (Tukey, 1953) 檢定各季節孵化之 Stage V 鎖管平均 ML 是否有顯著差異，其中季節區分依序以 12 ~ 2 月為冬季、3 ~ 5 月為春季、6 ~ 8 月為夏季、9 ~ 11 月為秋季。四季的台灣北部海域表層海水溫度以 *t*-test 檢定是否有顯著差異。以上所有的統計分析及各種成長方程式之套適均以 SAS 9.0 (Statistic Analysis System) 統計軟體運算。

結 果

一、鎖管物種組成

物種鑑別結果顯示，除了劍尖槍鎖管外，另有中國槍鎖管與杜氏槍鎖管兩種被混獲，其中 2009 年 7 月的沿岸海域 (25.14°N, 121.82°E) 兩次採樣混獲比例高達 70% 以上，而其他時間或海域所採的生物樣本全部均為劍尖槍鎖管，本研究僅分析劍尖槍鎖管之樣本。

二、日齡組成

本研究總計成功取得 2,188 尾鎖管的日齡資料，其 ML 的範圍為 21 至 423 mm，其中未知性別為 21 ~ 71 mm，雌性為 35 ~ 300 mm，雄性為 37 ~ 423 mm。日齡的範圍為 75 ~ 241 天，其中未知性別為 75 ~ 161 天，雌性為 87 ~ 239 天、雄性為 101 ~ 241 天 (Table 1)。雌、雄鎖管的最大日齡分別為 239 天與 241 天 (均已達性成熟)，因此估計臺灣東北部陸棚海域的劍尖槍鎖管之最長壽命應達八個月以上。

三、不同季節捕獲之鎖管年級群、ML 及孵化月份

冬季所捕獲鎖管之 ML 多在 150 mm 以下，日齡範圍為 90 ~ 220 天，從日齡反推個體孵化月份顯示雌鎖管主要孵化於 9 ~ 10 月間，雄鎖管則是孵化於 6 ~ 10 月間 (Fig. 4)。春季捕獲的鎖管其 ML 亦以 150 mm 以下為主，日齡則在 100 ~ 180 天之間，主要孵化月份在前一年 11 ~ 12 月間。夏季捕獲的鎖管其 ML 可達至 300 mm 以上，日齡在 120 ~ 220 天之間，主要的孵化月份為當年的 2 ~ 3 月。秋季捕獲的雌鎖管其 ML 範圍在 50 ~ 300 mm 之間，雄鎖管則是 120 ~ 430 mm 之間，體型明顯大於雌鎖管，日齡範圍在 120 ~ 240 天之間，該季鎖管主要孵化在當年的 3 ~ 5 月間。體型較大的鎖管 (ML > 200 mm) 在夏、秋季最常出現，而冬、春季主要捕獲的是以體型較小 (ML < 200 mm) 的個體為主。由於各季節均有鎖管孵化，且環境對於鎖管的成長影響相當大，因此後續將鎖管以孵化季節區分為各季節孵化群來分析。

四、成長方程式

以不同性別個體 ML 的成長來看，雌、雄鎖管的最佳成長方程式均為指數型 (Fig. 5) (Table 2)。ANCOVA 檢定結果顯示雌、雄鎖管在成長上無顯著差異 ($F = 0.8, P = 0.37$)。各季節孵化群被捕獲時的 ML 與日齡關係如 Fig. 6 所示，其中鎖管 ML 超過 200 mm 的個體以冬生群最多，春及秋生群次之，夏生群只有一尾 ML 超過 200 mm 的雌鎖管被捕獲，體型最大的鎖管個體是在冬生群 (423 mm)。各季節孵化群除夏生群是以 power 方程式為最佳成長方程式外，其餘冬、春及秋生群均以 exponential 為最佳，解釋程度在 73% 以上 (Table 2)。

把 ML 取自然對數轉換並配合日齡資料，可得到直線的線性關係，其斜率可代表成長速率，並可用以比較各季孵化群的成長差異 (Jackson *et al.*, 2005)。結果顯示冬生群的雌和雄鎖管成長速率明顯快於春、夏及秋生群 (Table 3)；而秋生群鎖管成長速率又明顯高於春、夏生群；春、夏生群的成長速率則沒有顯著差異 (Fig. 7)。此外，僅冬生群之雌、雄鎖管成長速率有顯著差異。

Table 1 Samples of *U. edulis* caught in the southern East China Sea between December 2008 and November 2009

| Year | Month | Number of individuals | | | ML range (mm) | | | Age range (days) | | | Fishing method |
|-------|-------|-----------------------|------|----|------------------|------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| | | F | M | U | F (mean) | M (mean) | U (mean) | F (mean) | M (mean) | U (mean) | |
| 2008 | | | | | | | | | | | |
| | Dec. | 20 | 58 | 5 | 45-143 (79) | 42-217 (138) | 34-53 (46) | 95-214 (151) | 91-210 (157) | 98-114 (103) | L |
| 2009 | | | | | | | | | | | |
| | Jan. | 17 | 61 | | 46-131 (79) | 44-161 (99) | | 103-199 (144) | 101-220 (170) | | L |
| | Feb. | 33 | 34 | 2 | 47-99 (67) | 47-92 (65) | 43-53 (49) | 87-147 (121) | 102-139 (122) | 104-107 (105) | L |
| | Mar. | 32 | 45 | 3 | 35-93 (63) | 40-96 (60) | 35-54 (43) | 123-152 (137) | 113-149 (132) | 108-123 (115) | L |
| | Apr. | 78 | 63 | 5 | 38-104 (68) | 37-123 (73) | 21-51 (36) | 91-167 (139) | 115-168 (146) | 75-121 (97) | L |
| | May | 91 | 108 | 1 | 50-176 (81) | 57-206 (94) | 48 | 99-201 (140) | 107-190 (152) | 105 | L |
| | Jun. | 56 | 68 | | 122-252 (177) | 131-246 (173) | | 147-216 (188) | 161-216 (185) | | P |
| | Jul. | 82 | 84 | | 63-268 (133) | 61-309 (136) | | 139-224 (178) | 130-226 (175) | | L&P |
| | Aug. | 284 | 323 | 41 | 59-280 (121) | 51-305 (122) | 40-71 (60) | 117-235 (166) | 106-226 (163) | 108-161 (133) | L&P&T |
| | Sep. | 174 | 175 | 5 | 45-300 (147) | 50-423 (154) | 22-63 (37) | 93-239 (176) | 127-241 (177) | 78-148 (103) | L&P&T |
| | Oct. | 30 | 52 | | 60-111 (82) | 64-119 (85) | | 155-214 (178) | 152-225 (182) | | L |
| | Nov. | 63 | 95 | | 67-130 (87) | 66-157 (91) | | 124-199 (169) | 131-213 (177) | | L |
| Total | | 960 | 1166 | 62 | 35-300 (104) | 37-423 (106) | 21-71 (47) | 87-239 (163) | 101-241 (165) | 75-161 (123) | |

F, Female; M, Male; U, Unsexed; ML, mantle length; L, torch-light net; P, pole and line boat; T, Trawler

Table 2 Models and parameters estimated for the growth of *U. edulis*

| Sex | Hatching season | Model | n | a | b | r ² |
|----------------|-----------------|-------------------|------|--------|--------|----------------|
| All-combined | All | Exponential model | 2188 | 11.963 | 0.0133 | 0.64 |
| Female+Unsexed | All | Exponential model | 1022 | 11.217 | 0.0136 | 0.71 |
| Male+Unsexed | All | Exponential model | 1228 | 11.936 | 0.0132 | 0.62 |
| Female+Unsexed | | | | | | |
| | Winter | Exponential model | 404 | 10.912 | 0.0144 | 0.82 |
| | Spring | Exponential model | 409 | 17.51 | 0.0104 | 0.39 |
| | Summer | Power model | 48 | 0.0913 | 1.3608 | 0.84 |
| | Autumn | Exponential model | 165 | 11.427 | 0.0131 | 0.83 |
| Male+Unsexed | | | | | | |
| | Winter | Exponential model | 418 | 9.6741 | 0.0155 | 0.79 |
| | Spring | Exponential model | 501 | 23.394 | 0.0085 | 0.31 |
| | Summer | Power model | 116 | 0.1275 | 1.2989 | 0.73 |
| | Autumn | Exponential model | 189 | 11.996 | 0.0127 | 0.83 |

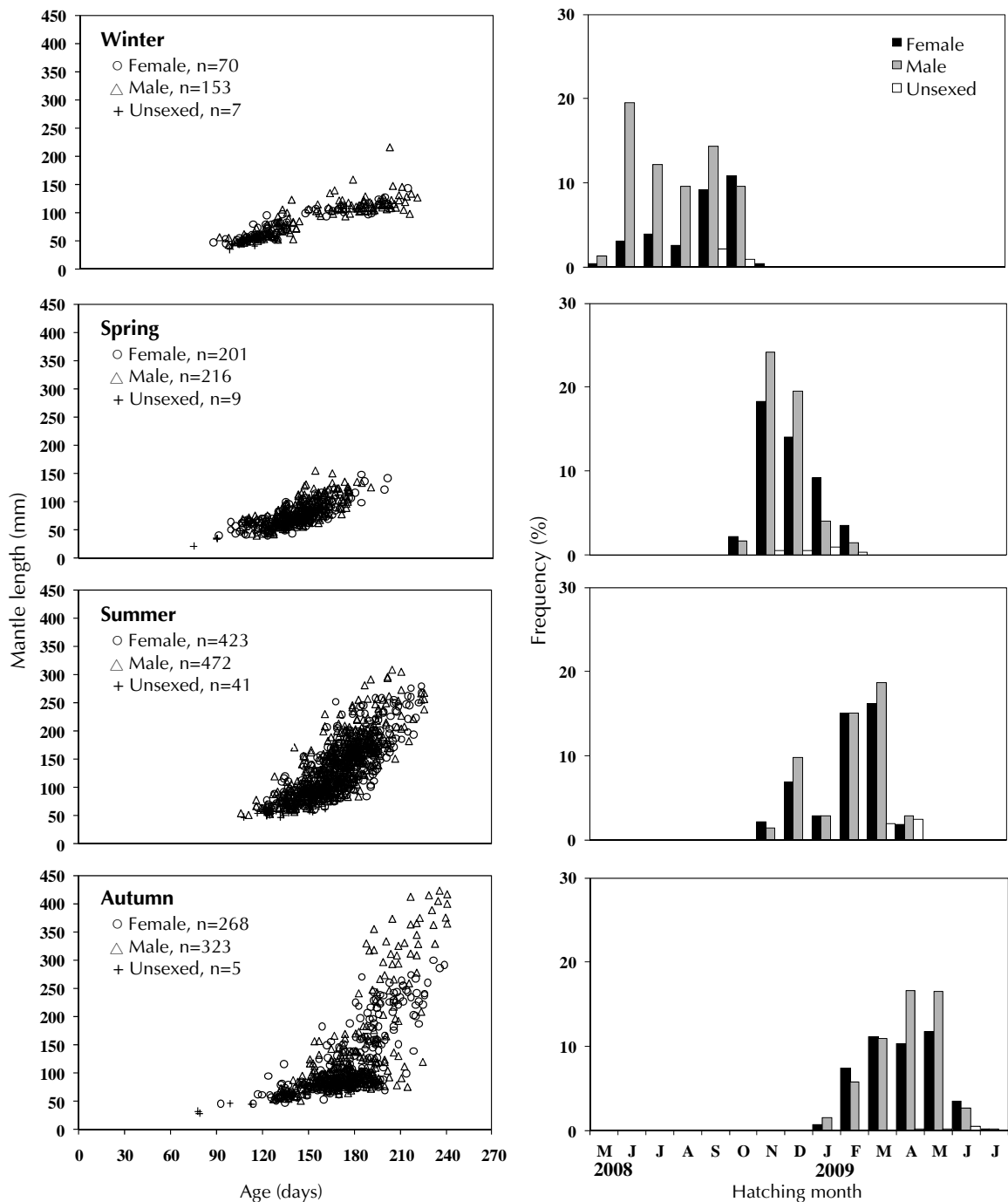


Fig. 4 Relationships of mantle length and number of increments (left) and hatching month (right) compositions of *U. edulis* grouped according to capture season.

五、各季節孵化群之性成熟個體比較

從上述結果得知不同季節孵化群會有明顯的成長差異，進一步對成熟個體 (stage V) 的鎖管，比較不同孵化群之雌、雄鎖管平均 ML，結果如 Fig. 8 所示。冬、春及秋生群的成熟雌鎖管，平均

ML 均為 210 mm 以上，僅夏生群的雌鎖管平均 ML 在 114 mm 左右；冬生群的雄鎖管，其平均 ML 明顯大於春、夏及秋生群，雖然夏生群之平均 ML 為 115 mm，但統計檢定結果與春及秋生群並無顯著差異。

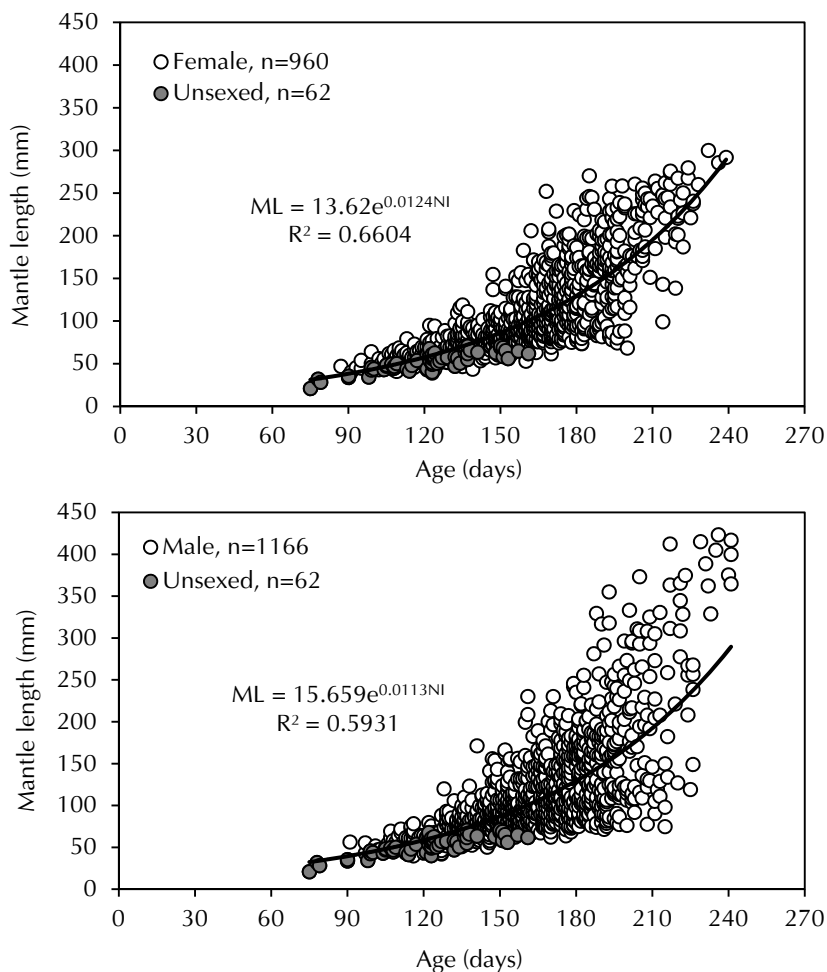


Fig. 5 Relationships between mantle length (ML) and number of increments (NI) for female (up) and male (down) *U. edulis*.

Table 3 Comparison of the slope of the separate lines regression model fitted to log transformed ML at age data for each seasonal hatching group of *U. edulis*

| Sex | Hatching season | df | F - value | p - value |
|----------------|------------------|-----|-----------|-----------|
| Female vs Male | Winter | 811 | 4.83 | 0.0282* |
| | Spring | 913 | 3.3 | 0.0612 |
| | Summer | 158 | 2.7 | 0.1022 |
| | Autumn | 345 | 0.37 | 0.5437 |
| Female | Winter vs Spring | 806 | 32.3 | < 0.0001* |
| | Winter vs Summer | 443 | 16.09 | < 0.0001* |
| | Winter vs Autumn | 559 | 4.22 | 0.0405* |
| | Spring vs Summer | 453 | 0.15 | 0.7014 |
| | Spring vs Autumn | 569 | 10.01 | 0.0016* |
| | Summer vs Autumn | 206 | 10.26 | 0.0016* |
| Male | Winter vs Spring | 921 | 99.76 | < 0.0001* |
| | Winter vs Summer | 526 | 92.71 | < 0.0001* |
| | Winter vs Autumn | 597 | 18.69 | < 0.0001* |
| | Spring vs Summer | 621 | 0.08 | 0.7714 |
| | Spring vs Autumn | 692 | 24.61 | < 0.0001* |
| | Summer vs Autumn | 297 | 44.62 | < 0.0001* |

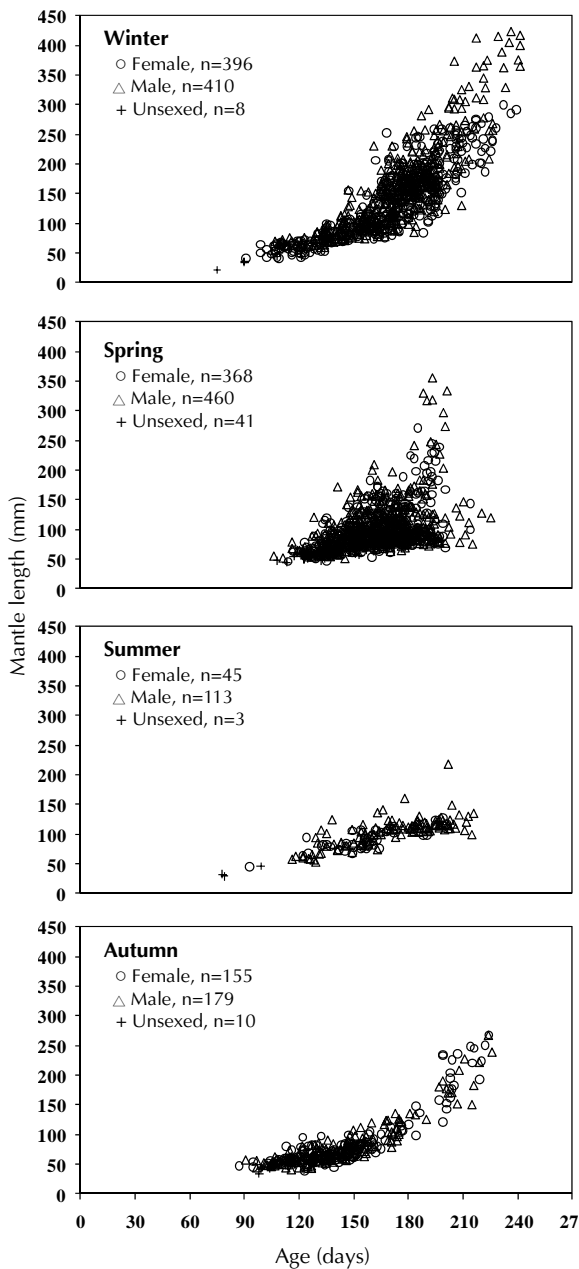


Fig. 6 Relationship between age and mantle length for *U. edulis* grouped according to hatching season.

六、鎖管漁場表層海水溫度變化

本研究劍尖槍鎖管孵化期間 (2008/05 ~ 2009/07) 之鎖管漁場表層海水溫度變化在 19.6 ~ 29.9°C 之間 (Fig. 9)。冬、春、夏及秋季的平均周溫依序為 22.9°C、24.5°C、28.7°C、27.3°C，經 *t*-test 檢定各季節間的平均水溫，結果均有顯著差異 ($p < 0.01$)。此外，冬季的水溫在 19.6 ~ 25.2°C 之間，夏季的水溫在 25.9 ~ 29.9°C 之間，顯示夏季的最低溫仍較冬季的最高溫高。

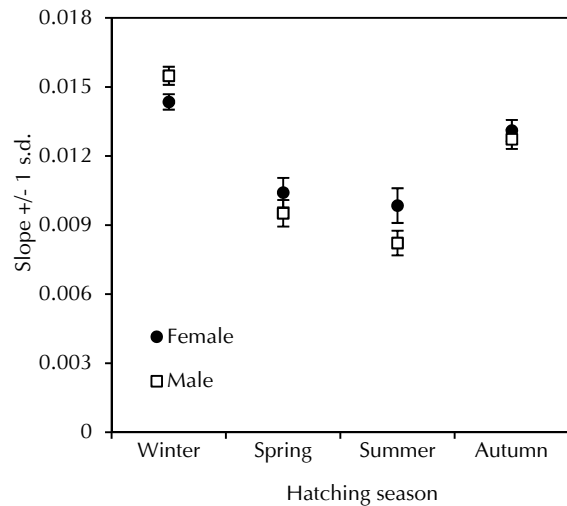


Fig. 7 The mean slope of the separate lines regression model fitted to log transformed mantle length at age data for each seasonal hatching group of *U. edulis*. Error bar indicate \pm S.D.

討 論

本研究顯示，以劍尖槍鎖管平衡石所計數出的日齡最多為 241 天，屬於中度生活史 (moderate lifespan, 生活史在 200 天到 1 年間) 的物種 (Jackson, 2004)。其與短生活史 (short lifespan, 生活史少於 200 天) 及延長生活史 (extended lifespan, 生活史長於 1 年) 的鎖管種類的差異，主要在於體型與棲息海域的不同。短生活史的鎖管物種大部分棲息於熱帶海域，屬於體型較小的鎖管種類，如 *L. noctiluca* (max ML \approx 9 cm)、*D. plei* (max ML \approx 20 cm) 等 (Jackson and Choat, 1992; Jackson and Forsythe, 2002)；而延長生活史的鎖管種類，主要棲息於較冷的溫帶海域，屬於體型較大的種類，如 *L. forbesi* (max ML \approx 74 cm)、*L. vulgaris reynaudii* (max ML \approx 41 cm) 等 (Martins, 1982; Lipinski and Durholtz, 1994)。本研究中的劍尖槍鎖管則是主要棲息於亞熱帶至溫帶海域的物種，體型最大約 50 cm (Natsukari *et al.*, 1988)，其他中度生活史的鎖管種類另有 *L. vulgaris*、*Doryteuthis pealeii* 等 (Natsukari and Komine, 1992; Brodziak and Macy, 1996)。由於鎖管的生命周期相較於其他如鮪魚、鯊魚及旗魚等魚類均來的短，使得這些生物在生殖及成長上，對多變的周遭環境，如年間或季節性變化，會有適當的因

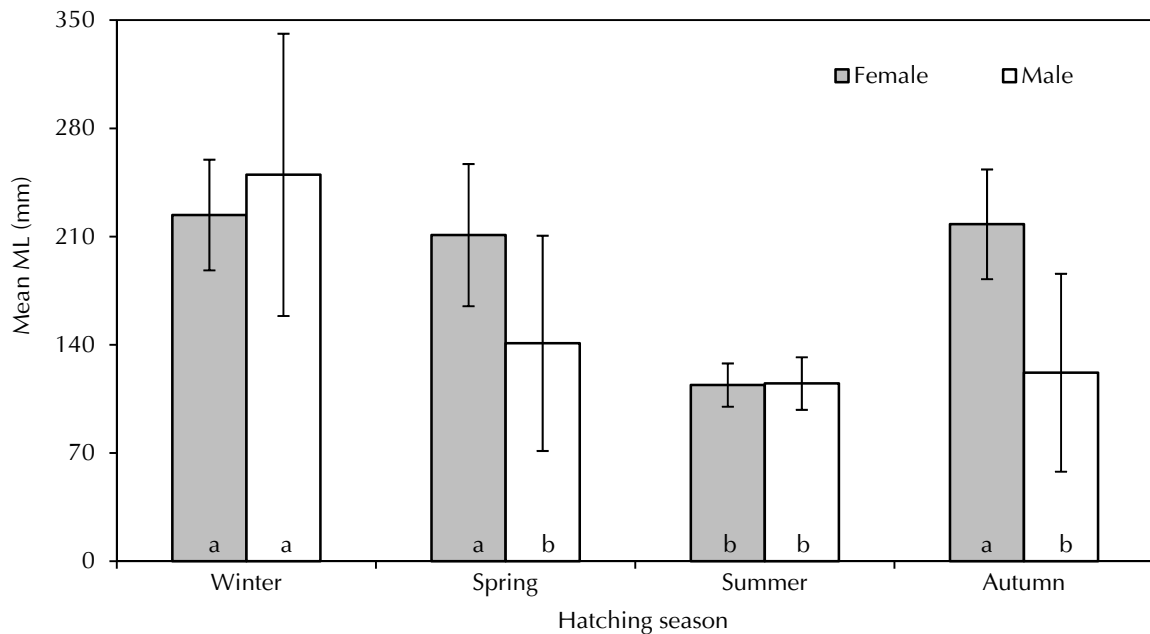


Fig. 8 The mean ML of the stage V squids for each seasonal hatching group of *U. edulis*. To compare the mean ML of the four hatching season groups by Tukey's honest significant difference analysis ($p < 0.05$). Error bar indicate \pm S.D.

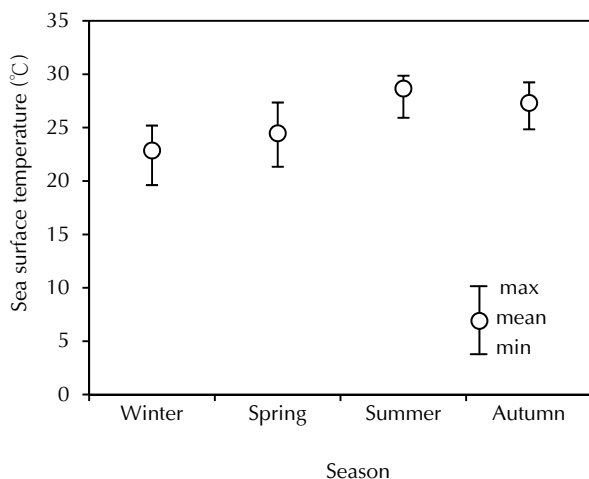


Fig. 9 Seasonal variation of SST in the squid's fishing ground between May 2008 and July 2009.

應條件 (Jackson and Domeier, 2003; Jackson *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2007; Keyl *et al.*, 2011), 因此適合做為環境監測的生物指標 (Jackson, 2004)。

Natsukari *et al.* (1988) 針對生長在溫帶海域 (日本南部海域) 的劍尖槍鎖管研究顯示, 該海域鎖管的成長描述是以 logistic 為最適方程式, 然而本研究及先前於 2002 ~ 2004 年研究同海域鎖管之結果 (Wang *et al.*, 2010) 顯示, 東海南部的劍尖槍鎖管最適成長方程式為指數型, 隨著年齡的增加一直增長其體型, 而以雄鎖管較明顯。會有這樣

的差異, 原因可能是環境溫度 (海水溫度) 的不同所造成。由於海水水溫會隨著季節、緯度與深度而變化, 對大部份的頭足類來說, 在一個適溫範圍內, 較高的溫度將加快個體的成長率 (Boyle, 1987; Forsythe, 2004), 因此位居亞熱帶海域的南東海劍尖槍鎖管, 其成長與溫帶海域的族群有所不同。這種同種類因棲息於不同海域所造成的成長差異, 同樣也出現在另一管魷類中 (Miyahara *et al.*, 2006)。

然而, 即使是同一海域的鎖管個體, 也會有生長速率的不同, 本研究顯示冬生群鎖管成長到 180 天之後, 個體成長速率逐漸加快, 這種成長速率隨著生物個體的增大而增快是管魷類的生物特性之一 (Boyle, 1987)。不同年級群 (age-classes) 的成長差異是因為生物因子 (包含年齡、性別、個體大小及餌料豐度等)、非生物因子 (溫度、光度及鹽度等) (Boyle, 1987) 及系群間所造成的影響 (González *et al.*, 1996), 而本研究顯示冬生群較其他三季節群成長快, 原因可能是當冬生群成長至 180 天後, 正處於夏、秋時期, 此時的棲息水溫偏高 (最低為 24.9°C, 平均為 28.2°C), 而夏生群成長至 180 天時正處於冬、春季時期, 此時的棲息水溫偏低 (最高為 27.4°C, 平均為 23.8°C), 因而影響鎖管的成長。此外, 在餌料方面, 陳等 (2009)

提出劍尖槍鎖管 ML 在 50 ~ 70 mm 之間的個體是捕食甲殼類為主；ML 在 80 mm 以上的個體，則是捕食鯖、鰱、沙丁魚及鮭的仔稚魚為主，而東海南部之橈腳類與仔稚魚在夏、秋時期是最豐盛的季節，因而提供了豐富的餌料生物。棲息環境溫度的提升再加上含有豐富的餌料生物，解釋冬生群在日齡 180 天以後的快速成長，到了夏、秋兩季成為較大的個體。

過去生殖腺指數 (Gonadosomatic index, GSI)、性成熟比例及孵化月份的研究，均顯示東海南部的劍尖槍鎖管終年均有繁殖，但以春、秋兩季為最主要繁殖期 (Wang *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2010)。本研究在 2008 年 12 月至 2009 年 11 月所進行的生物採樣分析，與過去的研究結果相同。進一步分析不同季節孵化群之成熟個體平均 ML，結果顯示夏生群的成熟體長較小，而冬生群則有較大的成熟體長。Moreno *et al.* (2005) 發現在理想環境溫度 (如夏天，暖期) 下孵化的槍鎖管，在遭遇較不理想的環境溫度 (如冬天，冷期) 前，將出現快速的體成長 (somatic development) 並達到最小的成熟體長現象。而在冷期孵化的個體會比在暖期孵化的個體大，原因是前者在進入理想環境溫度時，早已成長至最小成熟體長並繼續進行體成長，到了理想環境溫度時才從體成長轉變到生殖成長。相似的研究結果在其他管魷類也被證實 (Pecl and Moltchanivskyj, 2006; Boavida-Portugal *et al.*, 2010)，說明了頭足類棲息於動態環境裡所發展出的普遍特徵。

因應管理上的需要，探討鎖管不同季節群之生殖及成長有其必要性，本研究指出體型較大的鎖管族群主要出現在夏、秋季時期，而這些鎖管群多在冬、春季時期孵化 (主要在冬季)。由於劍尖槍鎖管產卵場已於 2010 年 9 月時，經由水產試驗所海富號試驗船在彭佳嶼北方海域進行拖網實驗，採集到大量鎖管卵塊而證實 (張等, 2010)，卵塊裡的幼生經 DNA 比對已證實為劍尖槍鎖管 (未發表資料)。冬季時鎖管產卵場由於天候、海況均不佳，常為各漁業漁船之休漁期，可保護冬生群免於被捕獲，進而間接的保護了鎖管資源。

建 議

劍尖槍鎖管以臺灣北部及東北部陸棚海域為主要棲地，本身容易受到季節性的影響而造成在生殖與成長上的不同，對於該物種的資源量有一定的影響。我國自從 1998 年鎖管漁獲量達到二萬公噸之後，到了 2009 年，產量已不足 4000 mt (漁業署, 1959 ~ 2009)，此一結果或許與 1997 年 11 月長江三峽大壩進行第一次截流有關，其後在 2002 年 11 月也進行了第二次截流。截流後造成東海陸棚海域的基礎生產力明顯下降 (Gong *et al.*, 2006)，這或許導致了鎖管漁場的餌料生物減少而造成資源量的下降。此外，大尺度的氣候變遷 (聖嬰、反聖嬰與全球暖化現象等)，造成鎖管棲地環境的改變，並影響黑潮暖水進入東海陸棚海域的強弱 (李, 2004)，相信對鎖管資源量也有所衝擊。而除了我國在東海捕撈劍尖槍鎖管外，中國大陸在 2003 年開始，也逐年投入大量的漁船在該海域進行捕撈 (沈等, 2008)，對於台灣漁船的漁獲也會有一定影響。因此，為能掌握劍尖槍鎖管資源的變動，國際間相關學者定期進行學術交流與資料分享，對於共同維護鎖管漁業的永續及發展有其必要性。

謝 辭

本研究經費由行政院農業委員會水產試驗所 99 農科-10.2.1-水-A1(4) 計畫項下支助，研究期間承蒙蘇所長偉成、蘇副所長茂森及劉主任秘書燈城不斷鼓勵並提供建議，謹此誌之。另承國立海洋大學曾萬年教授實驗指導及水產試驗所海洋漁業組同仁吳副研究員全橙、王友慈博士、陳威克博士及陳助理研究員郁凱提供論文意見與分析方法，海富號船長王船長瑞霖及全體船員協助採樣工作，特此表示謝意。

參考文獻

- 王友喜 (2002) 東海南部劍尖槍鎖管漁業生物學特性. 海洋漁業, 24(4): 169-172.
- 王凱毅, 張可揚, 李國添, 廖正信 (2010) 南東海劍尖槍鎖管體型與生殖狀況之時空變化. 水產研究, 18(1): 13-32.

- 李國添 (2004) 氣候變遷對沿近海漁業之影響. 行政院農業委員會漁業署九十三年度試驗研究計畫研究報告, 48 pp.
- 宋海棠, 丁天明, 徐開達 (2008) 東海頭足類的數量分布與可持續利用. 中國海洋大學學報, 38(6): 911-915.
- 沈長春, 蘇新紅, 洪明進 (2008) 閩東漁場光誘魷魚敷網漁業現況及其主要漁獲品種生物學特徵. 2008年臺灣海峽漁業資源共同養護管理研討會, 33-39.
- 奈須敬二、奧谷喬司、小倉通男 (1991) イカ: その生物から消費まで. 成山堂書店, 330 pp.
- 邵廣昭, 彭鏡毅, 吳文哲 (2008) 2008 臺灣物種多樣性—II. 物種名錄. 行政院農業委員會林務局, 1000 pp.
- 陳新軍, 劉必林, 王堯耕 (2009) 世界頭足類. 海洋出版社, 714 pp.
- 張可揚, 王凱毅, 陳人平, 吳繼倫 (2010) 劍尖槍鎖管產卵場及卵數估計研究. 臺灣省水產學會九十九年度學術論文發表會論文摘要集, 基隆, 台灣, CO-21.
- 張秋華, 程家驊, 徐漢祥, 沈新強, 俞國平, 鄭元甲 (2007) 東海區漁業資源及其可持續利用. 復旦大學出版社, 730 pp.
- 漁業署 (1959-2009) 中華民國臺灣地區漁業年報. 行政院農業委員會漁業署, 台北.
- 廖正信 (2000) 臺灣東北部海域聲光遙測資料結構特性之模糊劃分及其應用之一例. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學系博士學位論文, 173 pp.
- 鄭元甲, 凌建忠, 嚴利平, 周金官, 沈錦松 (1999) 東海區頭足類資源現狀與合理利用的探討. 中國水產科學, 6(2): 52-56.
- Arkhipkin, A. I. (2005) Statoliths as 'black boxes' (life recorders) in squid. Mar. Freshw. Res., 56: 573-583.
- Boavida-Portugal, J., A. Moreno, L. Gordo and J. Pereira (2010) Environmentally adjusted reproductive strategies in females of the commercially exploited common squid *Loligo vulgaris*. Fish. Res., 106: 193-198.
- Brodziak, J. K. T. and W. K. III Macy (1996) Growth of long-finned squid, *Loligo pealeii*, in the northwest Atlantic. Fish. Bull., 94: 212-236.
- Boyle, P. R. (1987) Cephalopod Life Cycles. Academic Press, London, Vol. 2: 135-156.
- Boyle, P. R. and P. G. Rodhouse (2005) Cephalopods: Ecology and Fisheries. Blackwell, Oxford, 452 pp.
- Chen, X. J., X. H. Zhao and Y. Chen (2007) Influence of El Niño / La Niña on the western-spring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the northwestern Pacific Ocean. ICES J. Mar. Sci., 64: 1152-1160.
- Collins, M. A., P. R. Boyle, G. J. Pierce, L. N. Key, S. E. Hughes and J. Murphy (1999) Resolution of multiple cohorts in the *Loligo forbesi* population from the west of Scotland. ICES J. Mar. Sci., 56: 500-509.
- FAO (1984) Cephalopods of the world. FAO Species Catalogue. FAO Fisheries Synopsis No.125, Vol.3, 277 pp.
- Forsythe, J. W. (2004) Accounting for the effect of temperature in nature: from hypothesis to practice. Mar. Freshw. Res., 55: 331-339.
- Gong, G. C., J. Chang, K. P. Chiang, T. M. Hsiung, C. C. Hung, S. W. Duang and L. Codispodi (2006) Reduction of primary production and changing of nutrient ratio in the East China Sea: Effect of the Three Gorges Dam? Geophys. Res. Lett., 33: L07610, doi: 10.1029/2006GL025800.
- González, A. F., B. G. Castro and A. Guerra (1996) Age and growth of the short-finned squid *Illex coindetii* in Galician waters (NW Spain) based on statolith analysis. ICES J. Mar. Sci., 53: 802-810.
- González, Á. F., J. Otero, G. J. Pierce and Á. Guerra (2010) Age, growth, and mortality of *Loligo vulgaris* wild paralarvae: implications for understanding of the life cycle and longevity. ICES J. Mar. Sci., 67: 1119-1127.
- Jackson, G. D. (2004) Advance in defining the life histories of myopsid squid. Mar. Freshwater Res., 55: 357-365.
- Jackson, G. D. and J. H. Choat (1992) Growth in Tropical Cephalopods: An Analysis Based on Statolith Microstructure. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49: 218-228.
- Jackson, G. D. and M. L. Domeier (2003) The effects of an extraordinary El Niño / La Niña event on the size and growth of the squid *Loligo opalescens* off Southern California. Mar. Biol., 142: 925-935.
- Jackson, G. D. and J. W. Forsythe (2002) Statolith age validation and growth of *Loligo plei* (Cephalopoda: Loliginidae) in the north-west Gulf of Mexico during spring / summer. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 82: 677-678.
- Jackson, G. D., S. Wotherspoon and B. L. McGrath-Steer (2005) Temporal population dynamics in arrow squid *Nototodarus gouldi* in southern Australian waters. Mar. Biol., 146: 975-983.
- Keyl, F., J. Argüelles and R. Tafur (2011) Interannual variability in size structure, age, and growth of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) assessed by modal progression analysis. ICES J. Mar. Sci., 68(3): 507-518.
- Lauritson, L., G. J. Nelson and F. W. Porto (1979) Technique for data extraction and calibration of

- TIROS-N/NOAA series satellite radiometers for direct readout users. NOAA Tech. Men. NESS 107, U. S. Dep. Commerce, Washington, D. C., 73pp.
- Lipinski, M. (1979) Universal maturity scale for the commercially important squids (Cephalopoda: Teuthoidea). The results of maturity classification of *Illex illecebrosus* (Le Sueur 1821) population for years 1973-1977. ICNAF. Res. Doc., 79/11/38 Ser. No. 5364.
- Lipinski, M. R. and M. D. Durholtz (1994) Growth of *Loligo vulgaris reynaudii* d'Orb., 1845 (Cephalopoda: Loliginidae) statoliths from South African waters. *Antarct. Sci.*, 6: 215-222.
- Lu, C. C. (1998) Diversity of cephalopoda from the waters around Taiwan. *Phuket Mar. Biol. Cent. Spec. Publ.*, 18(2): 331-340.
- Martins, H. R. (1982) Biological studies of the exploited stock of *Loligo forbesi* (Mollusca: Cephalopoda) in the Azores. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 62: 799-808.
- Miyahara, K., T. Ota, T. Goto and S. Gorie (2006) Age, growth and hatching season of the diamond squid *Thysanoteuthis rhombus* estimated from statolith analysis and catch data in the western Sea of Japan. *Fish. Res.*, 80: 211-220.
- Moreno, A., J. Pereira and M. Cunha (2005) Environmental influences on age and size at maturity of *Loligo vulgaris*. *Aquat. Living Resour.*, 18: 377-384.
- Natsukari, Y. and K. Komine (1992) Age and growth estimation of the European squid, *Loligo vulgaris*, based on statolith microstructure. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 72: 271-280.
- Natsukari, Y., T. Nakanose and K. Oda (1988) Age and growth of loliginid squid *Photololigo edulis* (Hoyle, 1885). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 116: 177-190.
- Pecl, G. T. and N. A. Moltschanivskyj (2006) Life history of a short-lived squid (*Sepioteuthis australis*): resource allocation as a function of size, growth, maturation, and hatching season. *ICES J. Mar. Sci.*, 63: 995-1004.
- Schwarz, R. and J. A. A. Perez (2010) Growth model identification of short-finned squid *Illex argentes* (Cephalopod: Ommastrephidae) off southern Brazil using statoliths. *Fish. Res.*, 106: 177-184.
- Šifner, S. K. and N. Vrgoc (2004) Population structure, maturation and reproduction of the European squid, *Loligo vulgaris*, in the Central Adriatic Sea. *Fish. Res.*, 69: 239-249.
- Sin, Y. W., C. Yau and K. H. Chu (2009) Morphological and genetic differentiation of two loliginid squids, *Uroteuthis (Photololigo) chinensis* and *Uroteuthis (Photololigo) edulis* (Cephalopoda: Loliginidae), in Asia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 369: 22-30.
- Sukramongkol, N., K. Tsuchiya and S. Segawa (2007) Age and maturation of *Loligo duvauceli* and *L. chinensis* from Andaman Sea of Thailand. *Rev. Fish. Biol. Fisheries*, 17: 237-246.
- Tukey, J. W. (1953) Some selected quick and easy methods of statistical analysis. *Tran. NY Acad. Sci. Ser. II* 16: 88-97.
- Wang, K. Y., C. H. Liao and K. T. Lee (2008) Population and maturation dynamics of the swordtip squid (*Photololigo edulis*) in the southern East China Sea. *Fish. Res.*, 90: 178-186.
- Wang, K. Y., K. T. Lee and C. H. Liao (2010) Age, growth and maturation of swordtip squid (*Photololigo edulis*) in the southern East China Sea. *J. Mar. Sci. Tech.*, 18(1): 99-105.

Seasonal Growth Differences of *Uroteuthis edulis* in the Southern East China Sea, Based on Statolith Analysis

Kae-Yih Wang¹, Ruei-Gu Chen¹, Cheng-Hsin Liao², Kuo-Tien Lee², Chi-Lun Wu¹,
Ming-An Lee² and Ke-Yang Chang^{1*}

¹Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

²Department of Environmental Biology and Fishery Science, National Taiwan Ocean University

ABSTRACT

Uroteuthis edulis is one of the main target species of the torch-light fishery in northern Taiwan. It is also an important commercial cephalopod in the southern East China Sea. In the past, studies on reproduction and growth were conducted. The study was to exam the seasonal variability on growth of squid that spawns throughout the year. The result showed that the exponential function ($r^2 > 0.31$) was the best fit for the growth of female and male, excepting summer hatched group. The maximum age observed was 241 days. The spring hatched group and the winter hatched group had large size (ML > 300 mm) and the size of the summer hatched group was generally small (ML < 150 mm). The ML of winter hatched group grew faster than the spring, summer and autumn hatched groups. It is possible that the winter hatched group experienced the warmer water temperature of spring and summer at about 180-days-old, which caused the group to grow faster than the other three hatched groups after 180 days life time.

Key words: East China Sea, *Uroteuthis edulis*, growth

*Correspondence: Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Road, Keelung 202, Taiwan.
TEL: (02) 2462-2101#2303; Fax: (02)2462-3110; E-mail: kychang@mail.tfrin.gov.tw