

臺灣海峽南部中國槍鎖管豐度與海表溫度異常之關係

王凱毅¹·廖正信²·張可揚¹·李國添^{2*}

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

中國槍鎖管 (*Uroteuthis chinensis*) 是臺灣海峽火誘網漁業目標物種之一，過去對該物種的生物學及資源評估已多有研究，然而了解中國槍鎖管棲地的環境因子變化對其資源的影響係有助於以生態系為基礎的漁業管理。本研究利用 2005 ~ 2012 年衛星遙測資料，研究臺灣海峽年間與季節間海表溫度 (sea surface temperature, SST) 異常與湧昇面積消長變化對中國槍鎖管單位努力漁獲量 (catch per unit effort, CPUE) 之影響。結果顯示 2005 ~ 2009 年間，臺灣海峽海表溫度出現相對高溫，顯示此時湧昇面積相對較小且 CPUE 較低，而 2010 ~ 2012 年間，臺灣海峽 SST 則呈現相對低溫，顯示此時湧昇面積相對較大且 CPUE 較高。

關鍵詞：臺灣海峽、湧昇、中國槍鎖管

前言

槍鎖管科 (Loliginidae) 是屬於二、三級消費者的海洋生物，在世界三大洋之陸棚海域均有分布，其數量的變動對各級海洋生物的數量變動都有著直接或間接的影響，在海洋生態系佔有不可或缺的地位，目前已被開發利用的物種已超過 10 餘種 (Boyle and Rodhouse, 2005; 陳等, 2009)，中國槍鎖管 (*Uroteuthis chinensis*) 就是其中之一。

中國槍鎖管是西太平洋主要的經濟性鎖管物種之一，分布範圍北起日本，經臺灣及菲律賓群島，向南延伸到澳洲北部海域，往西可達印度東邊海域 (Jereb and Roper, 2010)。根據文獻指出，該鎖管種已在東海、南海和阿曼達海域被商業漁船進行捕撈或混獲 (Sukramongkol *et al.*, 2007; 俞等, 2009; 張等, 2013)。在臺灣，捕獲中國槍鎖管之海域，主要位於澎湖群島至臺灣淺灘海域之間 (黃, 2009)，過去 50 年來一直是我國重要經濟性頭

足類之一，同時也是我國漁獲量第二大的鎖管物種 (第一大是劍尖槍鎖管 *U. edulis*)。除我國的棒受網漁船外，另有中國大陸之漁船會對中國槍鎖管在臺灣海峽與南海海域進行商業性捕撈 (張等, 2008)。

根據漁業署漁業年報的統計資料顯示 (漁業署, 1959 ~ 2012)，在 1979 年時，澎湖海域所捕獲之鎖管產量達史上高峰 (8,696 mt)。隨後，產量逐年下降，年產量於 1996 年至 2012 年期間已減至 1,000 mt 以下。而中國大陸方面，福建省的中國槍鎖管產量在 2000 ~ 2008 年間為 25,251 ~ 47,669 mt 之間 (戴等, 2011)。此外，過去的研究報告指出，中國槍鎖管為臺灣海峽產量最大之鎖管物種，可達總產量之 70 ~ 90% (戴等, 2004; 張等, 2009; 沈, 2012)，因此除有多位學者對該物種進行有關生物學、食性及資源狀況等研究外 (歐, 1983; 黃, 2004; 張等, 2008; 李和孫, 2011)，也曾對外部形態進行分析了解 (Sin *et al.*, 2009; Liao *et al.*, 2010)。

中國槍鎖管具有生命週期短 (1 年內)、個體成長快速且各季均有生殖群進行產卵行為等生物特性 (陳等, 2009; 張等, 2014)，因此資源量易受棲地的環境變化所影響 (Boyle and Rodhouse, 2005)，然

*通訊作者/基隆市中正區北寧路 2 號, Tel: (02) 2462-2192 ext. 5031; Fax: (02) 2463-5941; E-mail: tienlee@mail.ntou.edu.tw

臺灣海峽地處南海暖流、黑潮支流與大陸沿岸冷流流經之處，再加上地形的關係，形成多處海域具有湧昇現象 (Hu *et al.*, 2003)。這些海流之季節性交匯與消長情形、湧昇之強弱現象等環境變化，相信對中國槍鎖管資源有潛在的影響，但過去的研究對中國槍鎖管棲地環境與其資源豐度關係並無多加探討。

本論文是首次利用海洋環境參數分析中國槍鎖管資源的變化，利用衛星遙測之技術所得之海表溫度數值與影像資料，計算鎖管棲地之海表溫度離均差與湧昇面積等環境參數，配合我國棒受網漁船在澎湖至臺灣淺灘海域捕撈中國槍鎖管之漁獲量加以分析。除有助於了解海洋環境對鎖管漁獲量之影響外，也嘗試解釋環境參數彼此間的相關性，所得的結果期能做為擬定中國槍鎖管養護管理措施之基礎參考資料。

材料與方法

一、資料蒐集

(一) 漁業活動資料

本研究係於 2005 年至 2012 年期間，委請實際在澎湖周邊海域作業之棒受網漁船船長填寫作業報表，報表內含有作業時間、作業地點、漁獲魚種、漁獲量等資料。每年所調查的標本船從 6 至 32 艘不等。

(二) 海表溫度 (Sea surface temperature, SST) 數值與影像圖

此資料係取自國家實驗研究院臺灣海洋科技研究中心之高解析 HPRT 衛星遙測系統，此系統以每日接收 4 ~ 6 次 NOAA12、14、15、16 及 17 號繞極衛星之 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) 海表溫度資料，其每一圖素 (pixel) 代表 $1.1 \text{ km} \times 1.1 \text{ km}$ ，溫度精準度可達 0.1°C (Lauritson *et al.*, 1979)，擷取時間為 2005 ~ 2012 年，擷取範圍是以臺灣海峽為中心之海域 ($21^\circ \sim 25^\circ\text{N}$, $116^\circ \sim 122^\circ\text{E}$)。

二、資料處理

(一) 漁業資料的處理

單位努力漁獲量 (catch per unit effort, CPUE) 的計算，是以標本船每一個月出海作業之總漁獲量 (kg)，除以總作業天數 (boat-day)，以最簡略之方式來估算標本船之 CPUE (kg/boat-day)，其公式如下：

$$CPUE_i = Catch_i / Effort_i$$

$CPUE_i$ ：第 i 個月的單位努力漁獲量 (kg/boat-day)

$Catch_i$ ：第 i 個月的標本船之總漁獲量 (kg)

$Effort_i$ ：第 i 個月的標本船出海作業之總天數 (boat-day)

(二) 海表溫度異常 (Sea surface temperature anomaly, SSTA)

以 2005 ~ 2012 年之研究期間，計算出這八年 5 ~ 11 月間之 SST 平均值後，再把各年 5 ~ 11 月之 SST 平均值減去八年平均值即是 SSTA。SSTA 比 SST 較能顯示出八年間各年 SST 之相對高溫與低溫情形。

(三) 湧昇面積之計算

根據 Tang *et al.* (2002) 量化臺灣淺灘湧昇區面積的方法 – 以海表溫度較周圍低 1°C 以上為湧昇區。因此，本研究量化 2005 ~ 2012 年 6 ~ 9 月份各週別湧昇區面積。依據各週別湧昇情形各自訂出非湧昇區並計算其 SST 值，然後與可能湧昇區之 SST 值相減，大於或等於 1°C 以上之海域，視為該週別之湧昇區涵蓋面積 (Fig. 1)。本研究只量化澎湖湧昇 (Penghu upwelling, PHU) 與臺灣淺灘海域湧昇 (Taiwan Bank upwelling, TBU) 之面積，其他湧昇海域，如平潭湧昇 (Pingtan upwelling, PTU) 與東山湧昇 (Dongshan upwelling, DSU) 等海域非我國棒受網漁船捕獲中國槍鎖管之海域，則予以排除。

(四) 地理資訊系統

將所蒐集到的各項資料，如環境資料 (SST 與 SSTA) 影像圖與漁獲實態資料 (時間、地點、漁獲量等)，利用地理資訊系統 (geographic information system; Mapinfo drive) 加以儲存、取用、分析、轉換 (CPUE) 及展示各種形式的地理資訊。如月別鎖管 CPUE 值分布的呈現或與年別

Fig. 1 SST distribution in the Taiwan Strait during the period of July 08-15, 2010. Land masses and cloudy areas are shown in black color. Several areas showed distinct low SST, indicating upwelling, and the SST values are high next to the upwelling zone. PHU: Penghu upwelling; TBU: Taiwan Bank upwelling; PTU: Pingtan upwelling; DSU: Dongshan upwelling (SST image source: Taiwan Ocean Research Institute, National Applied Research Laboratories).

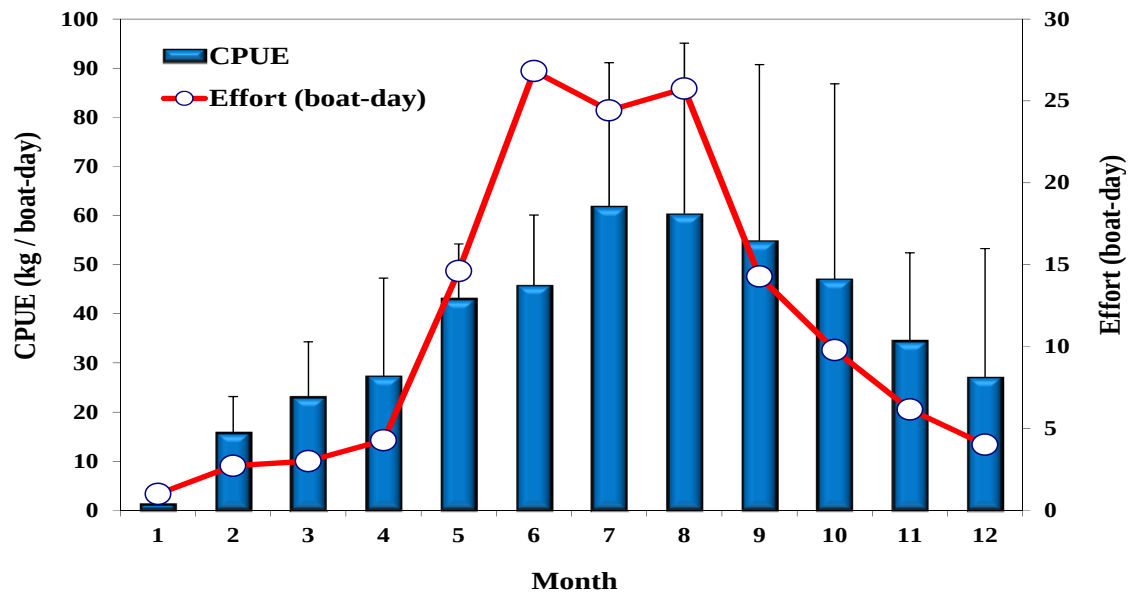
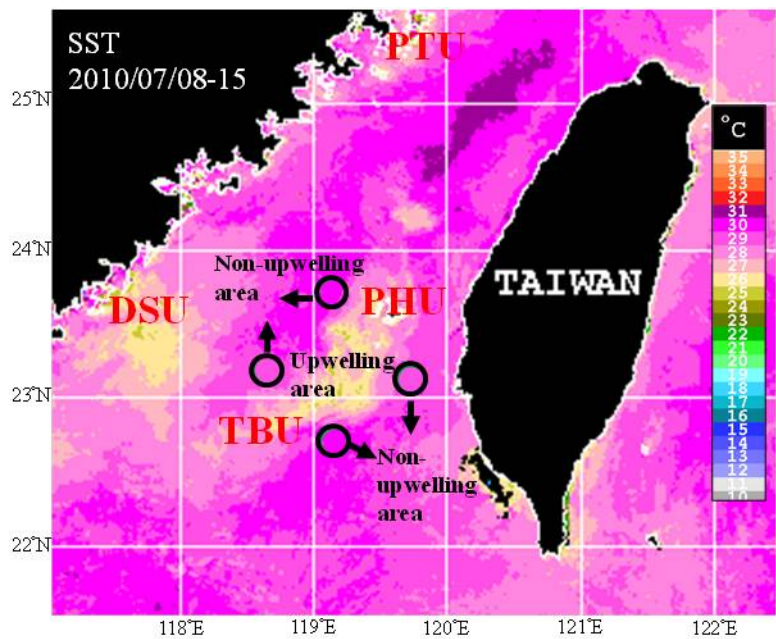


Fig. 2 Monthly variations of *U. chinensis* CPUE and fishing effort from 2005 to 2012. Error bar indicates S.D.

SSTA 影像圖結合，可解析鎖管在月別的分布情形或與海洋環境 SSTA 的相關性定性分析。

(五) 統計分析

本研究利用迴歸分析，檢定鎖管 CPUE 與鎖管漁場 SSTA 及湧昇面積大小之彼此相關性。所有的統計分析及數值處理以 SAS 9.0 為之。

結果

一、中國槍鎖管 CPUE 與 SST 之時空變化

分析 2005 ~ 2012 年間，棒受網漁船在澎湖海域捕撈中國槍鎖管之歷年月別平均 CPUE 與努力量變動情形 (Fig. 2)。在鎖管 CPUE 方面，結果顯示 1 月與 7 月分別為鎖管 CPUE 最低與最高值，其值分別為 1.1、61.8 (kg/boat-day)。在 5 ~ 11 月

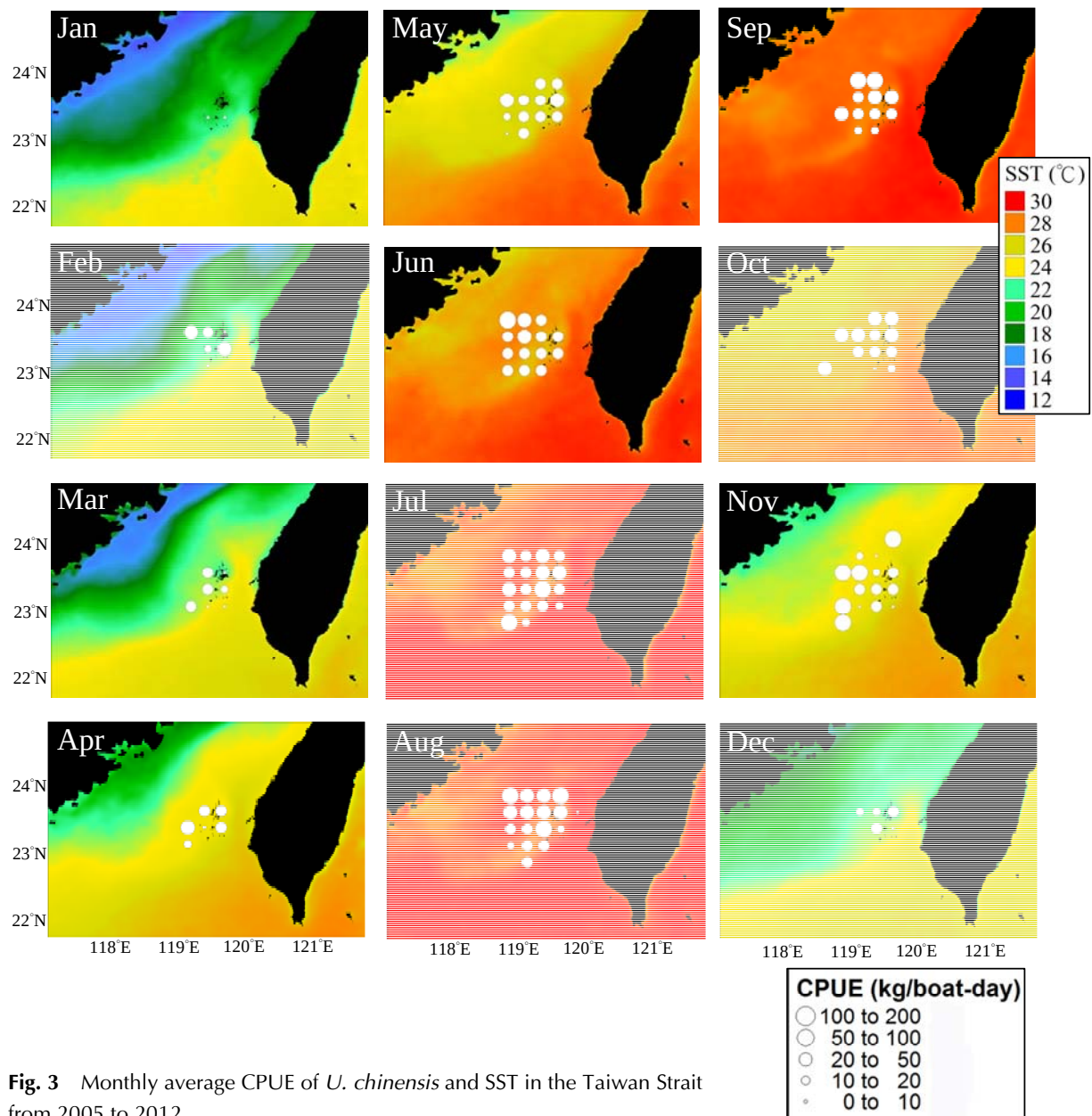


Fig. 3 Monthly average CPUE of *U. chinensis* and SST in the Taiwan Strait from 2005 to 2012.

間，鎖管 CPUE 均達 30 (kg/boat-day) 以上。在努力量方面，月別平均努力量超過 5 天的月份為 5 ~ 11 月間，其中以 6 ~ 8 月間，每月棒受網漁船出海作業天數可達 25 天。從每月鎖管 CPUE 高於 30 (kg/boat-day) 以上與努力量超過 5 天的月份可知，中國槍鎖管之主要漁期為每年 5 ~ 11 月間。

進一步分析中國槍鎖管在這 8 年間之各月別平均 CPUE 與 SST 分布情形 (Fig. 3)，1 月份之鎖管 CPUE 僅 10 (kg/boat-day) 以內且只在澎湖群島附近海域，此時作業海域之 SST 僅有 20 °C 左右。2 ~ 4 月份時，鎖管 CPUE 可達 50 ~ 70

(kg/boat-day) 且漁場已達臺灣淺灘上緣，此時作業漁場之 SST 介於 20 ~ 24 °C 之間。5 ~ 11 月份時，部分漁場之鎖管 CPUE 已達 100 ~ 200 (kg/boat-day) 之間，漁場範圍涵蓋澎湖群島周邊海域 (除靠近臺灣本島附近海域外) 與臺灣淺灘海域，此時作業漁場之 SST 介於 24 ~ 30 °C 之間。12 月份時，鎖管 CPUE 下降至 30 ~ 50 (kg/boat-day) 且漁場也僅在澎湖群島周邊海域附近，此時作業漁場之 SST 在 20 ~ 24 °C 之間。綜上所述，捕撈中國槍鎖管之棒受網漁船，主要作業漁場在 22.75 ~ 24 °N、118.25 ~ 119.75 °E 之間

(之後均以鎖管漁場描述之)，且漁場之 SST 越高時，鎖管 CPUE 也有越高的情形。

二、漁場 SSTA 與鎖管 CPUE 變化情形

2005 ~ 2012 年間，鎖管漁場 SSTA 之時序變化情形如 Fig. 4 所示，8 年間 5 ~ 11 月期間之 SSTA 平均介於 $-0.51 \sim 0.59^{\circ}\text{C}$ 間，溫差範圍為 1.1°C 。整體來看，鎖管漁場之 SSTA 逐年降低，前五年之 SSTA 值均高於 0°C ，而後三年之 SSTA 值均低於 0°C ；在鎖管年別 CPUE 方面 (5 ~ 11 月期間)，2005 ~ 2009 年間，鎖管 CPUE 僅在 20 (kg/boat-day) 左右 (平均為 15.9 kg)，而 2010 ~ 2012 年間之鎖管 CPUE 均高於 50 (kg/boat-day) 以上 (平均為 60.2 kg)。整體來看，鎖管漁場之 SSTA 是逐年降低的情形，而 CPUE 是從低到高水準的改變。進一步以迴歸分析檢定鎖管漁場 SSTA 與鎖管 CPUE 兩者之相關性，結果顯示兩者呈現顯著負相關 ($R^2 = 0.79$, $F = 23.7$, $p < 0.003$)。

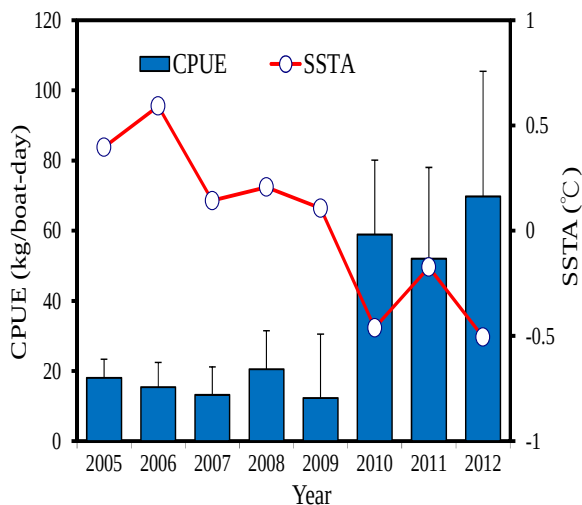


Fig. 4 Annual changes of SSTA and *U. chinensis* CPUE at the fishing ground from 2005 to 2012. Error bar indicates S.D.

進一步研究臺灣海峽 SSTA 與鎖管 CPUE 分布情形 (Fig. 5)，結果顯示 2005 ~ 2008 年間，海峽海表溫度為研究期間相對較暖之年份，整個海域幾乎高於平均值，而鎖管漁場同樣也是呈現高溫的情形，棒受網漁船主要在澎湖群島西邊海域進行作業，其鎖管 CPUE 均在 50 (kg/boat-day) 以

下；2009 年，臺灣海峽南部海域呈現相對低溫的情形，而中部 (鎖管漁場)、北部海域仍呈現相對高溫的情形，其鎖管 CPUE 同樣在 50 (kg/boat-day) 以下；2010 ~ 2012 年間，整個臺灣海峽幾乎是處於相對低溫的情形，而鎖管 CPUE 卻明顯上升，各海域之 CPUE 常有高於 50 (kg/boat-day)，最高可達 150 (kg/boat-day) 以上。

三、湧昇消長與鎖管 CPUE 和 SSTA 之變化情形

2005 ~ 2012 年間，每年 6 ~ 9 月間之月別平均 TBU 與 PHU 之湧昇區面積變化情形如 Fig. 6 所示，湧昇區面積介於 $3,240 \sim 13,170 \text{ km}^2$ 間，平均湧昇面積為 $5,980 \text{ km}^2$ 。以年間變化而言，湧昇面積最廣年份為 2010 年 (平均為 $13,171 \text{ km}^2$)，次高為 2012 年 (平均為 $7,840 \text{ km}^2$)，而 2005 ~ 2009 年間，整體月別平均湧昇面積僅在 $5,000 \text{ km}^2$ 以下 (平均 $4,139 \text{ km}^2$)。進一步與鎖管年別 CPUE 與其漁場 SSTA 之時序變化來看，發現湧昇面積越大時鎖管 CPUE 值較高，但漁場 SSTA 值卻較低，反之當湧昇面積較小時，鎖管 CPUE 值較低，但漁場 SSTA 卻很高。以迴歸分析檢定彼此之相關性，結果顯示湧昇面積與鎖管 CPUE 呈現顯著正相關 ($R^2 = 0.58$, $F = 8.529$, $p < 0.026$)，但與漁場 SSTA 呈現負相關 ($R^2 = 0.565$, $F = 7.795$, $p < 0.031$)，意即當鎖管漁場之湧昇面積越大時，會有較高的鎖管 CPUE 和較低的漁場 SSTA，反之當湧昇面積越小時，會有較低的鎖管 CPUE 和較高的漁場 SSTA。

討 論

臺灣海峽之中國槍鎖管漁業已經歷半世紀之久，從 2005 ~ 2012 年的漁船動態資料顯示，我國棒受網漁船主要在澎湖周邊海域至臺灣淺灘之間 (臺灣海峽中部與南部) 進行作業。中國主要在臺灣海峽中部與北部 (一般不超過 25°N) 以拖網、光誘敷網及燈光圍網漁法等進行作業 (戴等, 2011)，雖然在南海也有該物種的漁獲，不過產量不高，尚未形成主要漁場 (李和孫, 2011; 張等, 2013)。然而臺灣海峽具有 4 ~ 5 處湧昇現象之海

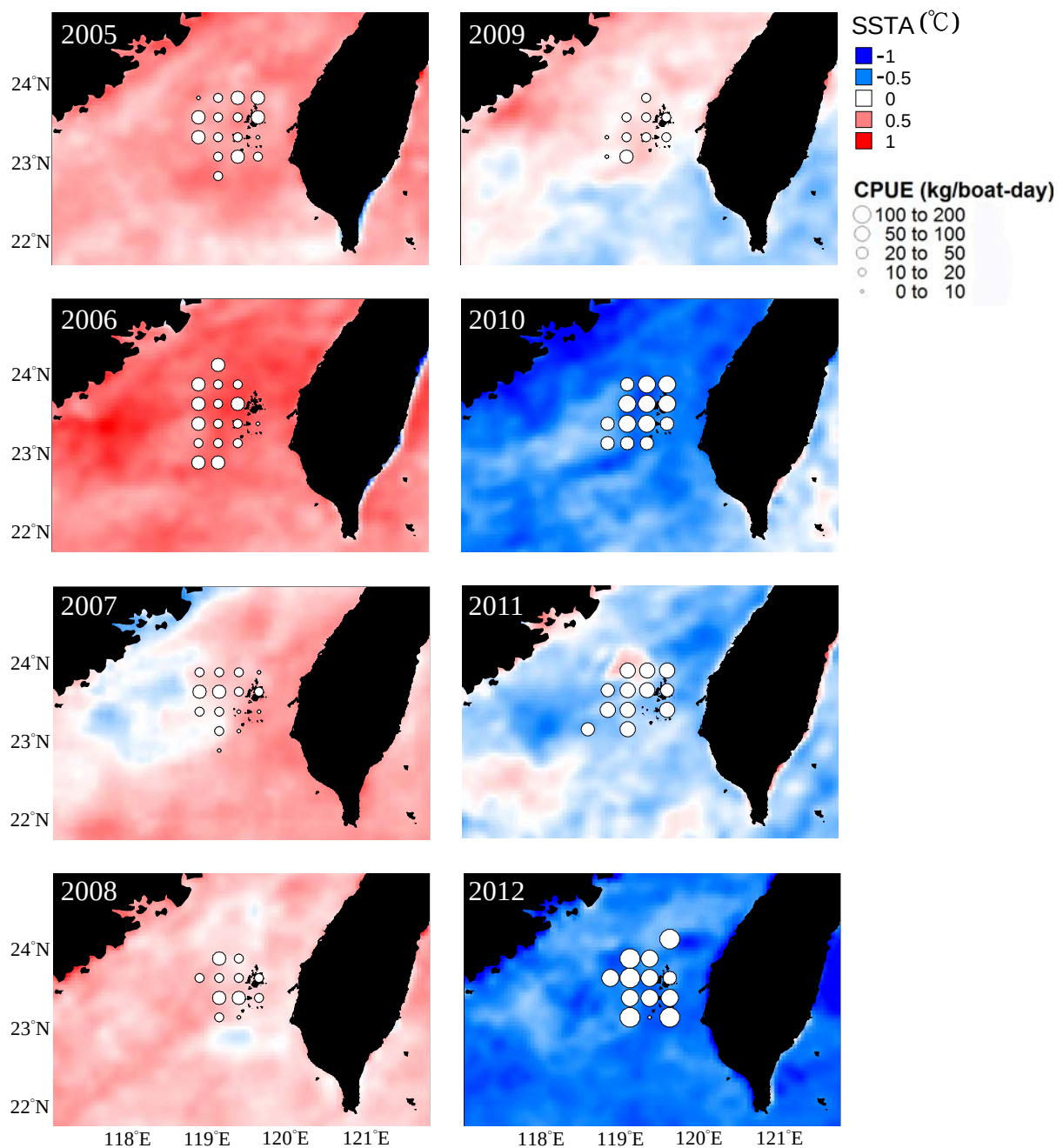


Fig. 5 Annual changes of SSTA in the Taiwan Strait and of *U. chinensis* CPUE at the fishing ground from 2005 to 2012.

域，所影響之海域幾乎快是海峽面積的一半 (Tang *et al.*, 2004) (Fig. 3)。湧昇現象常形成高基礎生產力之海域，往往造成魚群大量群集進而適合漁民捕撈 (李等, 1997)，這或許說明中國槍鎖管在臺灣海峽為何有較豐富的資源量，使其物種適合在此進行群集索餌、成長及生殖行為。在臺灣海峽終年雖可捕撈到中國槍鎖管，但主要漁期在每年 5 ~ 11 月間，與棲息於臺灣北部海域之劍尖槍鎖管主

要漁期大致相同，原因可能均為冬季有強盛的東北季風，使得大陸沿岸冷流南下至臺灣北部與臺灣海峽海域，造成鎖管棲息海域溫度急遽下降，再加上海峽內一些湧昇海域現象只在春至秋季出現 (如平潭湧昇與山東湧昇) (Hu *et al.*, 2003)，這些環境的改變均不利鎖管成長與生殖等活動 (廖, 2000; Wang *et al.*, 2008)。

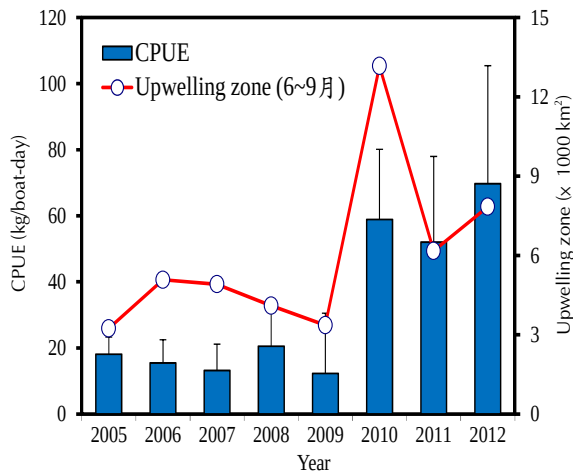


Fig. 6 Annual changes of upwelling zone and of *U. chinensis* CPUE at the fishing ground from 2005 to 2012. Error bar indicate S.D.

張等 (2014) 利用中國槍鎖管平衡石內輪紋數目，推估臺灣海峽之中國槍鎖管最大壽命約為 151 天，是屬於短生活史鎖管物種 (short lifespan, 生活史少於 200 天) (Jackson, 2004)，此外，該物種之外套長可達 40 cm 以上，屬於成長快速的水中生物。因此，中國槍鎖管應同於其它槍鎖管種對環境變化容易感到敏銳，而做出適當的反應。這些生物在生殖、成長及加入量上，對棲地環境的變化 (如年間或季節間) 會有適當的因應措施 (Jackson and Domeier, 2003; Forsythe, 2004; Wang *et al.*, 2013)，因此適合做為環境監測的生物指標 (Jackson, 2004)。棲地的環境變化，通常對鎖管最有影響的是海水溫度，根據 Forsythe and Hanlon (1989) 指出福氏槍鎖管 (*Loligo forbesi*) 之飼育溫度升高 1 °C 時，其體型可較同為日齡 90 天之個體大三倍。因此，研究期間之 SSTA 變化雖僅在 1.1 度之間，不過應該也會造成中國槍鎖管在加入量與資源量上的影響。

2005 年至 2009 年春末至秋季間 (5 ~ 11 月) 為臺灣海峽 SST 相對高溫時期，此一時期 TBU 與 PHU 之湧昇面積相對較小；而 2010 年至 2012 年間則處於相對低溫時期，TBU 與 PHU 之湧昇面積卻相對較高，這可能原因之一是除 TBU 與 PHU 海域外，加上其他中國大陸沿岸之湧昇海域 (DSU 與 PTU)，在地形結構與西南季風影響下，使得來自南海暖流與黑潮暖流之底層流 (bottom current) 流至表層形成低溫、高鹽與高葉綠素 *a* 濃度之海

域 (Tang *et al.*, 2004)。然而臺灣海峽各湧昇海域本身與彼此間之強弱差異有顯著的年間變化，且各湧昇海域所形成的機制不完全相同 (Tang *et al.*, 2004; Hong *et al.*, 2009)，因此以單項海洋環境因子 (如湧昇現象強弱) 來說明整個臺灣海峽之 SST 變化是不足的。Tang *et al.* (2004) 指出 DSU 與 TBU 在 1987 ~ 1998 年間有明顯的年間變化，DSU 通常會比 TBU 與周圍海域的 SST 差較高 (平均 1.42 °C > 1.15 °C) 且溫差較小 (較弱的湧昇情形) 的年份可能是來自南海暖流之強烈暖水所造成。

檢視 2005 ~ 2012 年間鎖管棲息海域之表面水溫為 17.8 ~ 29.9 °C 之間，屬廣溫性生物。雖然大部分的鎖管種可生活於廣泛的海水溫度環境，但過去許多研究指出，槍鎖管種棲息的海域溫度越高，個體成長則越快，同時族群豐度也會增加 (Forsythe, 2004; Chen *et al.*, 2006; Dawe *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2013)。本研究在季節間也發現同樣的情形，冬季漁場 SST 低時，鎖管 CPUE 也低；反之春末至秋初 (5 ~ 9 月) 漁場 SST 較高時，鎖管 CPUE 也較高。然而，在年間鎖管漁場 SSTA 的變化裡，SSTA 越低，鎖管 CPUE 反而越高，反之，SSTA 越高，鎖管 CPUE 則越低，這與一些過去的研究結果相反。但從年間 TBU 與 PHU 之面積變化，顯示湧昇面積與鎖管 CPUE 有顯著正相關。Boyle (1987) 指出影響槍鎖管成長的因子包含生物因子 (年齡、性別、個體大小及餌料豐度等) 與非生物因子 (溫度、光度及鹽度等)，SST 雖常做為環境與鎖管 CPUE 之間的研究參數，但餌料生物的豐歉也需要加以考慮才能正確地解析鎖管資源的變化。因此，本研究建議季節間鎖管 CPUE 與溫度有正向之影響，但在年間 SSTA 與鎖管 CPUE 是呈反向之影響，原由湧昇事件的強弱所造成。

臺灣海峽中、南部有三個主要漁場 (Hong *et al.*, 1991)，這些漁場剛好介於 DSU、PHU 與 TBU 海域之間；我國所利用的中國槍鎖管資源，其漁場則是介於後兩個湧昇海域之間。此外，在臺灣北方之棉花嶼周邊海域也有湧昇海域 (Gong *et al.*, 1992; Liu *et al.*, 1992)，同時也是我國另一經濟槍鎖管種-劍尖槍鎖管 (*U. edulis*) 之主要分布海域 (Wang *et al.*, 2008, 2013)，而在國外同樣具有捕撈價值的槍鎖管種類，也常棲息於具有湧昇現象之海域 (Roberts and Sauer, 1994; Roberts, 2005;

Zeidberg *et al.*, 2006)。本研究證實以年間夏至初秋(6~9月)湧昇面積大小對鎖管 CPUE 有其正面影響,說明了漁場湧昇的消長伴隨著漁業資源的消長,秘魯的湧昇就是最好的例子(Barber *et al.*, 1985),因此長期監測臺灣海峽之 SSTA 與 TBU 及 PHU 的湧昇強弱對中國槍鎖管資源是有其必要性,且未來對這些湧昇海域之影響因子(如西南季風之風向量)(Hong *et al.*, 2009; Hu *et al.*, 2011) 仍需更進一步地研究。

謝 辭

本研究經費由行政院農業委員會水產試驗所(102AS-11.2.1-AI-A1)與漁業署(102AS-11.2.1-FA-F2)計畫項下支助,研究期間承蒙郭所長慶老、劉副所長富光及劉主任秘書燈城不斷鼓勵並提供建議,謹此誌之。另承水產試驗所海洋漁業組同仁陳助理研究員均龍提供論文意見,特此表示謝意。

參考文獻

- 李淵,孫典榮(2011)北部灣中國槍烏賊生物學特徵及資源狀況變化的初步研究. 湖北農業科學, 50(13): 2716-2719.
- 李國添,王健雄,周耀傑,陳海龍,童逸修,鄭利榮,劉燈城,歐錫祺,李定安(1997)海洋漁場(上冊). 華香園出版社, 145 pp.
- 沈長春(2012)閩南-臺灣淺灘漁場單船拖網作業調查與分析. 福建水產, 34(4): 302-308.
- 俞存根,虞聰達,寧平,鄭基(2009)浙江南部外海頭足類種類組成和數量分布. 海洋漁業, 31(1): 27-33.
- 張壯麗,洪明進,葉孫忠,劉勇(2009)臺灣海峽中南部海域光誘敷網漁業資源監測. 福建水產, 3: 35-38.
- 張可揚、廖正信、黃筱婷、吳繼倫、王凱毅(2014)臺灣沿海劍尖槍鎖管、中國槍鎖管及杜氏鎖管之年齡與成熟. 水產研究, 22(1): 1-13.
- 張壯麗,葉孫忠,洪明進,沈長春,蘇新紅(2008)閩南-臺灣淺灘漁場中國槍烏賊生物學特性研究. 福建水產, 1: 1-5.
- 張鵬,曾曉光,楊吝,彭昌瀚,張旭豐,楊生,譚永光,楊炳忠,晏磊(2013)南海區大型燈光罩網漁場漁期和漁獲組成分析. 南方水產科學, 9(3): 74-79.
- 陳新軍,劉必林,王堯耕(2009)世界頭足類. 海洋出版社, 714pp.
- 黃美珍(2004)臺灣海峽及鄰近海域4種頭足類的食性和營養級研究. 臺灣海峽, 23(3): 331-340.
- 黃筱婷(2009)澎湖海域臺灣鎖管及脂眼鯷 CPUE 變動之研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學系碩士論文, 74 pp.
- 歐瑞木(1983)中國槍烏賊性腺成熟度分期的初步研究. 海洋科學, 1: 44-46.
- 漁業署(1959-2012)中華民國臺灣地區漁業年報. 行政院農業委員會漁業署, 臺北.
- 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, 173pp.
- 戴天元,蘇永全,阮五崎,廖正信等(2011)臺灣海峽及鄰近海域漁業資源養護與管理. 廈門大學出版社, 309 pp.
- 戴泉水,盧振彬,洪明進,肖方森,朱進福(2004)臺灣海峽南部海域游泳生物區系組成和漁業資源現況. 中國水產科學, 11(4): 360-366.
- Barber, R. T., F. P. Chavez and J. E. Kogelschatz (1985) Biological effects of El Niño. In Seminario Regional Ciencias Tecnología Agression Ambiental: El Fenomeno "El Niño" (M. Vegas, ed.), Contec Press, Lima, Peru, 399-438.
- Boyle, P. R. (1987) Cephalopod Life Cycles. Academic Press, London, Vol.2: 135-156.
- Boyle, P. R. and P. G. Rodouse (2005) Cephalopods: Ecology and Fisheries. Blackwell, Oxford, 452 pp.
- Chen, C. S., G. J. Pierce, J. Wang, J. P. Robin, J. C. Poulard, J. Pereira, A. F. Zuur, P. R. Boyle, N. Bailey, D. J. Beare, P. Jereb, S. Ragonese, A. Mannini and L. Orsi-Relini (2006) The apparent disappearance of *Loligo forbesi* from the south of its range in the 1990s: Trends in *Loligo* spp. abundance in the northeast Atlantic and possible environmental influences. Fish. Res., 78: 44-54.
- Dawe, E. G., L. C. Hendrickson, E. B. Colbourne, K. F. Drinkwater and M. A. Showell (2007) Ocean climate effects on the relative abundance of short-finned (*Illex illecebrosus*) and long-finned (*Loligo pealeii*) squid in the northwest Atlantic Ocean. Fish. Oceanogr., 16(4): 303-316.
- Forsythe, J. W. (2004) Accounting for the effect of temperature in nature: from hypothesis to practice. Mar. Freshw. Res., 55: 331-339.
- Forsythe, J. W. and R. T. Hanlon (1989) Growth of the eastern Atlantic squid *Loligo forbesi* Steenstrup (Mollusca: Cephalopoda). Aquacult. Fish. Manag., 20: 1-14.
- Gong, G. C., C. Z. Shyu, W. H. Shih and K. K. Liu (1992) Temperature fluctuation of the cold water

- off northern Taiwan: June-December, 1990. *Acta Oceanogr. Taiwanica*, 28: 118-127.
- Hu, J. Y., H. S. Kawamura, H. S. Hong and W. R. Pan (2003) A review of research on the upwelling in the Taiwan Strait. *Bull. Mar. Sci.*, 73(3): 605-628.
- Hu, J. Y., H. S. Hong, Y. Li, Y. W. Jiang, Z. Z. Chen, J. Zhu, Z. W. Wan, Z. Y. Sun and H. X. Liang (2011) Variable temperature, salinity and water mass structures in the southwestern Taiwan Strait in summer. *Cont. Shelf Res.*, 31: S13-S23.
- Hong, H. S., S. Y. Qiu, W. Q. Ruan and G. C. Hong (1991) Minnan-Taiwan bank fishing ground upwelling system study. Science Press, Beijing, 1-10.
- Hong, H. S., C. Y. Zhang, S. L. Shang, B. Q. Huang, Y. H. Li, X. D. Li and S. M. Zhang (2009) Interannual variability of summer coastal upwelling in the Taiwan Strait. *Cont. Shelf Res.*, 29: 479-484.
- Jackson, G. D. (2004) Advance in defining the life histories of myopsid squid. *Mar. Freshwater Res.*, 55: 357-365.
- 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.
- Jereb, P. and C. F. E. Roper (2010) Cephalopods of the world. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No.4, Vol.2, 605 pp.
- 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. Of Commerce, Washington, D. C., 77 pp.
- Liao, C. H., T. Y. Liu and C. Y. Hung (2010) Morphometric variation between the swordtip (*Photololigo edulis*) and Mitre (*P. chinensis*) squid in the waters off Taiwan. *J. Mar. Sci. Tech.*, 18(3): 405-412.
- Liu, K. K., G. C. Gong, S. Lin, C. Y. Yang, C. L. Wei, S. C. Pai and C. K. Wu (1992) The year-round upwelling at the shelf break near the northern tip of Taiwan as evidenced by chemical hydrography. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 3: 243-275.
- Pierce, G. J., A. F. Zuur, J. M. Smith, M. B. Santos, N. Bailey, C. S. Chen and P. R. Boyle (2005) Interannual variation in life-cycle characteristics of the veined squid (*Loligo forbesi*) in Scottish (UK) waters. *Aquat. Living Resour.*, 18: 327-340.
- Roberts, M. J. (2005) Chokka squid (*Loligo vulgaris reynaudii*) abundance linked to changes in South Africa's Agulhas Bank ecosystem during spawning and the early life cycle. *ICES J. Mar. Sci.*, 62: 33-55.
- Roberts, M. J. and W. H. H. Sauer (1994) Environment: the key to understanding the South African chokka squid (*Loligo vulgaris reynaudii*) life cycle and fishery? *Antarct. Sci.*, 6: 249-258.
- 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 duvaucelii* and *L. chinensis* from the Andaman Sea of Thailand. *Rev. Fish. Biol. Fisheries*, 17(2-3): 237-246.
- Tang, D. L., H. Kawamura and L. Guan (2004) Long-time observation of annual variation of Taiwan Strait upwelling in summer season. *Adv. Space Res.*, 33: 307-312.
- Tang, D., D. R. Kester, I. H. Ni, H. Kawamura and H. Hong (2002). Upwelling in the Taiwan Strait during the summer monsoon detected by satellite and shipboard measurements. *Remote Sens. Environ.*, 83: 457-471.
- 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. Y. Chang, C. H. Liao, M. A. Lee and K. T. Lee (2013) Growth strategies of the swordtip squid, *Uroteuthis edulis*, in response to environmental changes in the southern East China Sea – a cohort analysis. *Bull. Mar. Sci.*, 89(3): 677-698.
- Zeidberg, L. D., W. M. Hamner, N. P. Nezlin and A. Henry (2006) The fishery for California market squid (*Loligo opalescens*) (Cephalopoda: Myopsida), from 1981 through 2003. *Fish. Bull.*, 104: 46-59.

The Relationship Between Sea Surface Temperature Anomalies and the Abundance of *Uroteuthis chinensis* in the South Taiwan Strait

Kae-Yih Wang¹, Cheng-Hsin Liao², Ke-Yang Chang¹ and Kuo-Tien Lee^{2*}

¹Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

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

ABSTRACT

Uroteuthis chinensis is one of the main target species of the torch-light fishery in the Taiwan Strait. In the past, several studies on biology and stock assessment have been conducted. Understanding the influences of *U. chinensis* habitat environmental variations on the *U. chinensis* stock are crucial for ecosystem-based fishery management. The interannual and seasonal variations in sea surface temperature anomalies and the upwelling area in the Taiwan Strait were studied using remote satellite data collected from 2005 to 2012. The results showed that the sea surface temperature (SST) was relatively high in the Taiwan Strait from 2005 to 2009, and also revealed a smaller upwelling area and a lower CPUE for *U. chinensis* during this period. Moreover, the SST was relatively low in the Taiwan Strait from 2010 to 2012, while the upwelling area was simultaneously larger and the CPUE was higher.

Key words: Taiwan Strait, Upwelling, *Uroteuthis chinensis*

*Correspondence: Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan. TEL: (02)2462-2192 ext. 5031; E-mail: tienlee@mail.ntou.edu.tw