

## 臺灣北部海域劍尖槍鎖管單位努力漁獲量標準化之探討

張可揚<sup>1</sup> · 王凱毅<sup>2</sup> · 廖正信<sup>3\*</sup> · 吳繼倫<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會水產試驗所海洋漁業組

<sup>2</sup> 基隆市政府產業發展處

<sup>3</sup> 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

### 摘要

本研究利用樣本船資料，進行劍尖槍鎖管 (*Uroteuthis edulis*) 單位努力漁獲量 (CPUE) 標準化，並區分在火誘網漁業中，劍尖槍鎖管漁場與鰹類漁場之不同，以更精確掌握劍尖槍鎖管資源之變動。結果顯示樣本船以鰹類為目標魚種的 5 至 7 月間，其作業地點非屬劍尖槍鎖管當時主要分布地點。鰹類之努力量排除前，劍尖槍鎖管名目 CPUE 之月別變化顯示每年有二個主要漁獲高峰，而排除後二個主要漁獲高峰現象消失。以泛線性模式 (GLM) 進行 2009 至 2014 年間名目 CPUE 之標準化，鰹類之漁獲努力量排除前，GLM 依序將年別、漁區別、漁船別、月別及月別與漁區交感等因子納入模式，模式總解釋率為 56.7%，其中以漁區別對 CPUE 的影響最大。排除鰹類之漁獲努力量後，GLM 標準化分析則依序將年別、漁船別、漁區別、月別及月別與漁區交感等因子納入模式，模式總解釋率為 47%，其中以漁船別對 CPUE 的影響最大。二種資料之標準化後 CPUE 年間變化趨勢相近，且均較名目 CPUE 平緩，其中 2012 年之資源豐度最低，2013 年則為近 6 年之最高點。在計算劍尖槍鎖管 CPUE 時，為避免錯誤的漁獲努力量影響其 CPUE 之計算，區分鰹類之漁獲努力量有其必要。

關鍵詞：劍尖槍鎖管、單位努力漁獲量、泛線性模式

### 前言

就漁業管理而言，資源量的變動是擬定管理政策的重要參考，而往往以資源量指標的方式呈現。雖然理想上資源量指標應該是以獨立於漁業的科學性研究來獲取資料，然而全面性的科學研究往往是耗費大量成本而難以收集的，也因此許多的漁業資源評估仍須借重漁業相關資料，而其中最方便也最容易收集的就是漁獲量 (catch) 與漁獲努力量 (fishing effort) (Maunder and Punt, 2004)。而漁獲量除以漁獲努力量所得之單位努力漁獲量 (catch per unit effort, CPUE)，即每一個漁獲努力量所捕獲的漁獲量，可反映不同漁期，不同

漁場系群資源量的大小和密度 (詹, 1993)，就成為重要的漁業指標之一。然由於 CPUE 的年別變化係受到漁船漁獲能力及年別系群資源量變動所影響，因此須將影響漁船漁獲能力的因子，例如：漁船的噸級別效應、漁具效應、漁區效應、漁季效應、環境因子等予以標準化，此經標準化後的 CPUE，稱為標準化 CPUE (standardized CPUE)，可作為資源豐度指標 (吳, 2004)，而未經標準化的 CPUE 則稱名目 CPUE (nominal CPUE)。

鎖管為臺灣沿近海漁業中五大經濟魚種之一，其漁獲方式多為火誘網 (火誘網漁業，含火誘網、扒網、焚寄網等)、中小型拖網及單船拖網等，而以火誘網漁業之產值及產量最具規模 (劉, 2005)。漁獲港口則多在新北市、基隆市、澎湖縣、高雄市等地，而以臺灣東北部海域為主要漁獲地點 (蕭, 2002; 曾, 2011)。就產量產值而言，以 2013 年為例，全臺沿近海漁業之鎖管產量為 3,780 公

\*通訊作者 / 基隆市中正區北寧路 2 號, Tel: (02) 2462-2192 ext. 5050; Fax: (02) 2463-5941; E-mail: chliao@mail.ntou.edu.tw

噸，產值達 5 億 3 千萬台幣 (漁業署, 2015)，顯見其重要性。就物種而言，前人研究顯示臺灣北部海域火誘網漁船所漁獲之鎖管種類包含劍尖槍鎖管 (*Uroteuthis edulis*)、中國槍鎖管 (*U. chinensis*) 及杜氏鎖管 (*U. duvauceli*) (鄭等, 1999; 王, 2002; 宋等, 2008; Liao *et al.*, 2010; 王等, 2011; 2013; 張等, 2014)，其中又以劍尖槍鎖管為主要漁獲種類 (曾, 2011)。此外，在臺灣北部海域作業之火誘網漁船，除以鎖管為主要目標魚種外，於每年 5 ~ 7 月間會改以鰹類 (圓花鰹, *Auxis rochei rochei*、扁花鰹, *Auxis thazard thazard*) 為主要漁獲目標 (廖, 2006; 凌, 2011)。

雖然劍尖槍鎖管資源對於臺灣沿近海漁業有其重要性，然而由於劍尖槍鎖管為火誘網漁業之目標物種之一，且在漁業統計上也未有獨立之漁業統計資料，因此，與其有關之研究多搭配火誘網漁業研究進行。鄭 (2010) 及凌 (2011) 曾利用船位系統資料進行火誘網漁業漁場分布研究，結果顯示劍尖槍鎖管與鰹魚之月別 CPUE 呈反向變動，而近年來鰹類的年總漁獲量亦有高於鎖管之情形。曾 (2011) 以泛線性模式 (Generalized linear model, GLM) 及泛線性加成模式 (Generalized additive model, GAM) 進行劍尖槍鎖管 CPUE 之標準化，研究結果顯示時間及空間因子對劍尖槍鎖管之 CPUE 有最高的相關性，其累計解釋變量達 48.58%。這些研究皆以火誘網漁業為主體。由於火誘網漁業為多魚種漁業，雖然在作業時，針對不同魚種並無水深與作業方式的不同，但漁船作業時，會針對不同目標魚種，進行漁場轉換，影響其對不同魚種之漁獲努力量，進而影響 CPUE 之估算，過往的研究並未將劍尖槍鎖管之漁獲努力量與其他魚種之漁獲努力量加以區別，以估算劍尖槍鎖管之 CPUE。本研究即利用樣本船資料，進行劍尖槍鎖管 CPUE 標準化，並區分在火誘網漁業下，劍尖槍鎖管漁場與鰹類漁場之不同，以更精確掌握劍尖槍鎖管資源之變動。

## 材料與方法

### 一、漁獲資料

本研究自 2009 年至 2014 年間，每月委請臺

灣北部海域火誘網漁船船長按日填寫漁撈日誌，資料內容包含捕撈時間、地點、海底深度、下網次數、表面水溫及各魚種漁獲量等，另登錄各樣本船噸數、主機馬力、副機馬力及集魚燈光強度等資料。研究期間陸續共收集有新北市金山及瑞芳區漁會所屬 28 艘火誘網漁船漁獲資料，每年所調查的標本船從 18 至 22 艘不等，船噸數在 7 噸到 196 噸之間，其中包含 CT1 (未滿 10 噸) 噸級漁船 1 艘、CT2 (10 噸 ~ 未滿 20 噸) 噸級漁船 2 艘、CT3 (20 噸 ~ 未滿 50 噸) 噸級漁船 9 艘、CT4 (50 噸 ~ 未滿 100 噸) 噸級漁船 11 艘、CT5 (100 噸 ~ 未滿 200 噸) 噸級漁船 5 艘。其中 CT1 等級僅 1 艘，由於該船噸位小，且幾乎都在離岸 10 哩內地點作業，加以僅取得 2011 ~ 2013 年之漁獲資料，故後續分析中僅用於作業地點之解析，未加入 CPUE 標準化分析中。

### 二、資料篩選

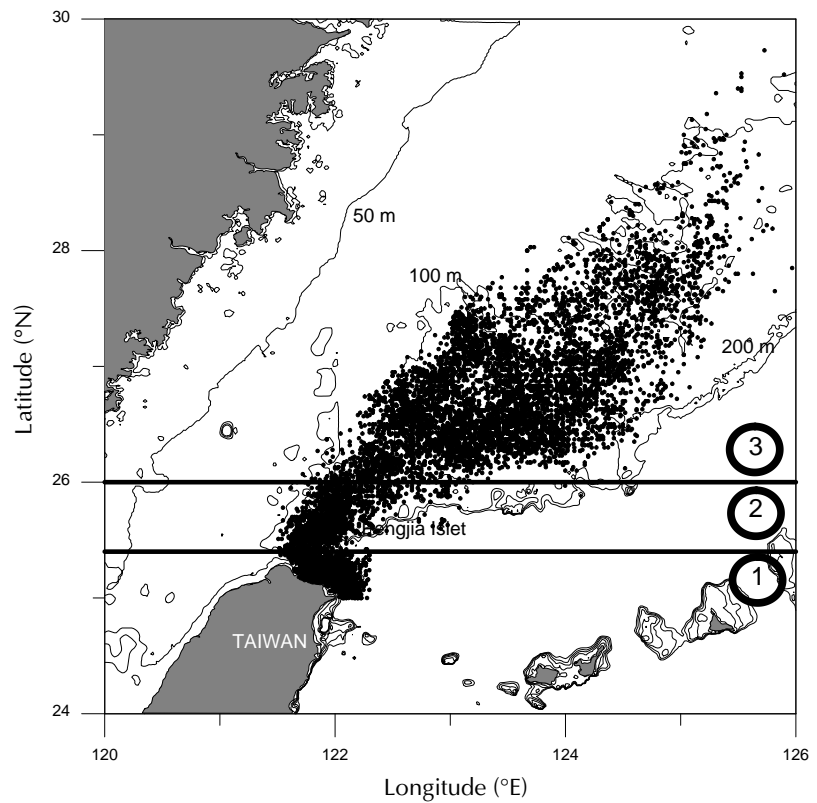
雖然研究顯示臺灣北部海域火誘網漁船所漁獲之鎖管種類包含有劍尖槍鎖管、中國槍鎖管及杜氏鎖管等 3 種 (張等, 2014)，但其中中國槍鎖管多分布在臺灣海峽 (黃, 2006)，而杜氏鎖管則主要在中國沿岸捕獲 (俞等, 2009)，而與劍尖槍鎖管有地域上的區隔，由於目前漁獲資料中未能區分所捕獲之鎖管種類，為避免誤將非以劍尖槍鎖管為主漁獲之樣本船漁獲資料納入分析，本研究排除在臺灣海峽以及中國沿岸海域 (南東海水深 100 m 以淺) 之漁獲資料，而以臺灣北海岸至東北角之沿岸海域及南東海水深 100 m 以深之海域漁獲資料為分析對象，漁船作業範圍最北可達北緯 30 度 (Fig. 1)。為了解目標魚種及漁場改變對劍尖槍鎖管 CPUE 標準化的影響，本研究針對漁船以鎖管及以鰹類為主要漁獲時之作業地點進行分析，以了解二者是否有所不同。

### 三、CPUE 及標準化

CPUE 的計算係以漁獲量除以漁獲努力量：

$$CPUE = C / E$$

其中  $C$  為漁獲量， $E$  為漁獲努力量，而漁獲努力量之單位隨所能得到的資料而有不同。本研究以樣本船作業天數為漁獲努力量單位，即單船



**Fig. 1** Map of the study area (24 ~ 30°N, 120 ~ 126°E) and spatial distribution of catch sites of *Uroteuthis edulis* from 2009 to 2014. The circled numbers indicate the three fishing areas of *Uroteuthis edulis*: 1. Coast; 2. Upwelling; 3. Front.

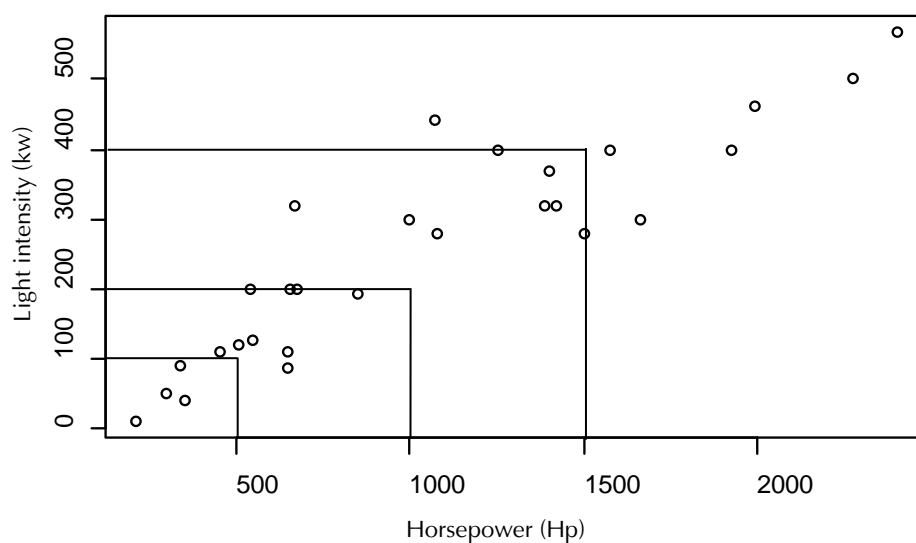
**Table 1** A summary of the parameters used in the generalized linear model analyses

Variables	Explanation	Range used
Year	Year of the catch	2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014
Month	Month of the catch	12 months of the year
Area	Fishing site of the catch	1 (<25.4°N), 2 (25.4 ~ 26°N), 3 (>26°N)
Tonnage	Vessel characteristic	1 (<10 t), 2 (10 ~ 20 t), 3 (20 ~ 50 t), 4 (50 ~ 100t), 5 (>100 t)
Horsepower (Hp)	Vessel characteristic	1 (<500 Hp), 2 (500 ~ 1000 Hp), 3 (100 ~ 1500 Hp), 4 (>1500 Hp)
Light intensity (kw)	Vessel characteristic	1 (<100 kw), 2 (100 ~ 200 kw), 3 (200 ~ 400 kw), 4 (>400 kw)
Vessel	Vessel characteristic	28 vessels
SST	Sea surface temperature	Resolution:1.1 km × 1.1 km
SW	Sea color	Resolution:1.1 km × 1.1 km
Area X Month	Interaction of fishing area and month	

單日的漁獲量即為該船之單位努力漁獲量 (kg / 每船-每天)，將每個月各樣本船每天之名目 CPUE 平均，即得到月別名目 CPUE。而將每年所有樣本船之名目 CPUE 平均，即得到年別名目 CPUE。

本研究以年別，月別，作業漁區，船噸數，馬力數，燈光強度、漁船別、表水溫、水色及漁區與月別交感等因子為影響漁獲能力因子 (Table 1)。其中年別因子為必備因子以探討 CPUE 之年間變

化趨勢 (Maunder and Punt, 2004)，月別因子則探討漁獲之年內變化，作業漁區則探討不同環境對於劍尖槍鎖管之影響，以臺灣沿岸、潮境與湧升海域區分為 3 個漁區 (王等, 2010; 凌, 2011)。船噸數，馬力數及燈光強度等因子，用以探討漁船漁獲能力差異對漁獲量之影響。其中船噸數依照行政院農業委員會漁業署船噸數分級區分為 5 級。馬力數以 500 匹馬力為一個單位，區分為 4 級，燈



**Fig. 2** Using a light intensity/horsepower plot, the vessel light intensities were grouped into 4 categories: 1 (<100kw), 2 (100 ~ 200kw), 3 (200 ~ 400kw), 4 (>400kw).

光強度利用依其與馬力數之散布圖區分為 4 級 (Fig. 2) (Goñi and Alvarez, 1998)。另考量不同船長之經驗對於漁獲量之影響，本研究另加入漁船別因子進行分析，並以各船為單位 (Kendrick and Bentley, 2010)。由於火誘網漁船以劍尖槍鎖管為漁獲標的時，有隨不同月份改變作業地點之現象 (Wang *et al.*, 2008)，故將漁區與月別之交感列入因子。表水溫資料則以前述樣本船所填寫之表水溫資料為主，部分漁船如未提供表水溫資料，則以取自國家實驗研究院臺灣海洋科技研究中心之高解析 HPRT 衛星遙測系統測得之表水溫資料替代，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 km × 1.1 km，溫度精準度可達 0.1°C，擷取時間為 2009 年 1 月 ~ 2014 年 10 月，擷取範圍為火誘網漁船作業範圍 (24 ~ 31°N, 120 ~ 127°E)。水色值 (葉綠素 *a* 濃度) 亦取自國家實驗研究院臺灣海洋科技研究中心以 Orbview-2 衛星所裝載之海洋廣角感測儀 SeaWiFS (Sea-view Wide Field-of-view-Sensor) 所遙測的水色資料，解析度為 1.1 km × 1.1 km，擷取時間為 2009 年 1 月 ~ 2014 年 10 月，擷取範圍為火誘網漁船作業範圍 (24 ~ 31°N, 120 ~ 127°E)。各因子之級別詳見 Table 1。

CPUE 的標準化採用 GLM 進行，影響漁獲能

力因子為自變數，CPUE 為應變數。由於各船 CPUE 差異大，因此將 CPUE 取對數轉換後為模式應變數 ( $\ln U$ )。為處理無漁獲資料不能對數轉換問題，將所有資料加上 10% 平均名目 CPUE 後再進行後續分析 (Tian *et al.*, 2009)。標準化模式如下：

$$\ln(U_i + \text{constant}) = \beta_0 + \beta_1 y_i + \beta_2 m_i + \beta_3 v1_i + \beta_4 v2_i + \beta_5 v3_i + \dots + \varepsilon$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

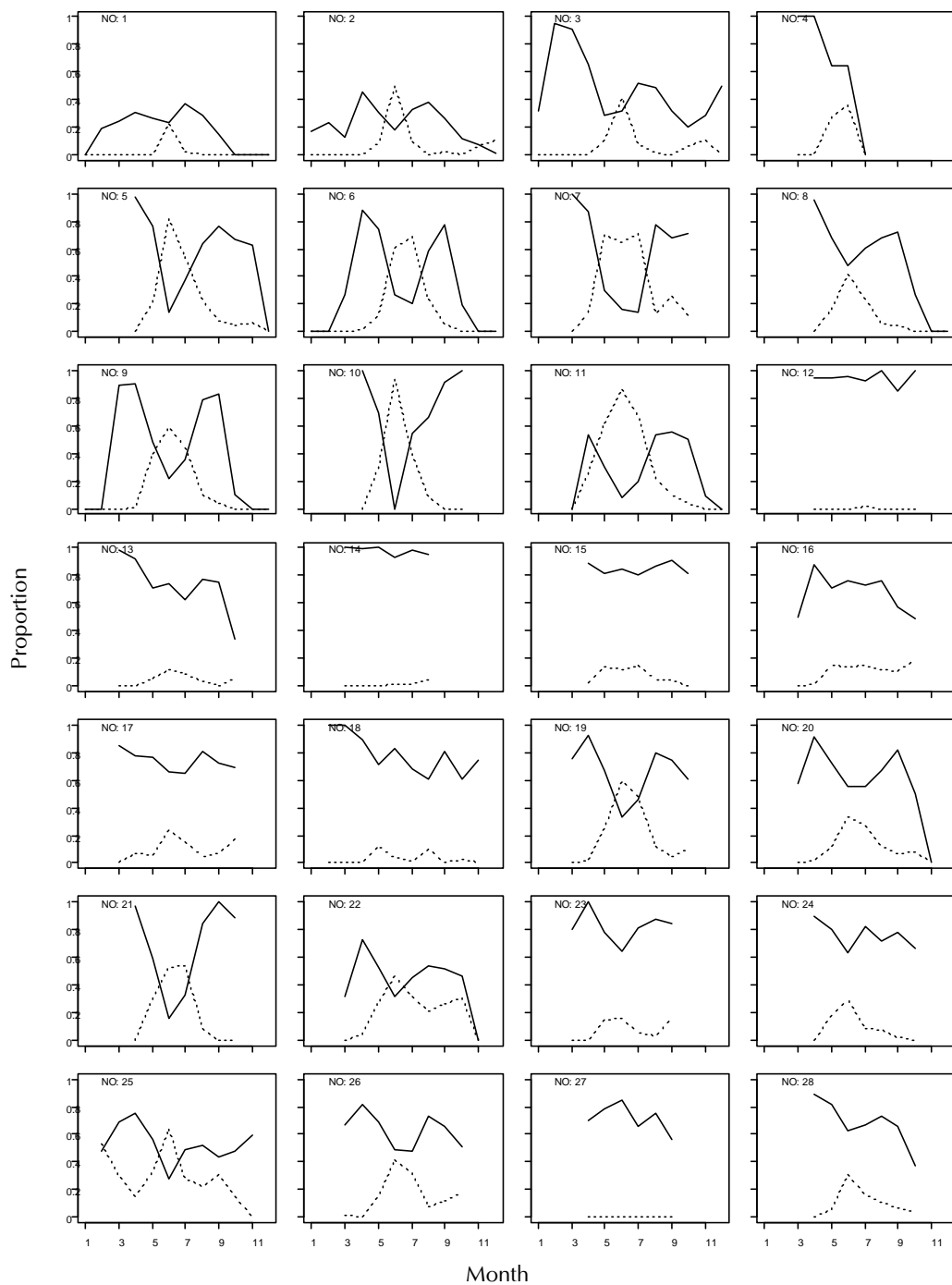
其中  $U_i$  為第  $i$  個 CPUE 紀錄，constant 為 10% 之平均名目 CPUE， $y_i$  為年別因子， $m_i$  為月別因子， $v1_i$ 、 $v2_i$ 、 $v3_i$ ... 為除年、月別外之其他因子， $\varepsilon$  為誤差項。

所有因子進行 GLM 擬合時，以逐步選擇 (stepwise selection) 方式選擇參數，並以 Akaike Information Criterion (AIC) (Akaike, 1973) 及各因子檢定之  $p$  值為參考依據選擇模式因子。本研究各項統計分析及檢定以 R 統計程式語言 3.1.3 版 (The R Development Core Team, 2015) 進行。

## 結 果

### 一、不同目標物種漁獲努力量區分

分析各樣本船月別漁獲物種比例變化，結果顯示 28 艘樣本船中，多數在年內有漁獲目標物種轉換之現象，主要轉換月份為 5 ~ 7 月。樣本船在



**Fig. 3** Monthly catch proportions of *Uroteuthis edulis* and bonito from 28 sampling vessels in the northern waters of Taiwan from 2009 to 2014. Solid line: *U. edulis*; dashed line: bonito.

6月之劍尖槍鎖管漁獲比例降低，而鰹類漁獲比例提高 (Fig. 3)。取其中差異較大的 12 艘樣本船 (樣本船編號為：2、3、5、6、7、9、10、11、19、21、22、25) 分析其 6 月鰹類及鎖管之漁獲地點，結果顯示多數僅有鰹類漁獲之作業點均在北緯 26 度以南 (Fig. 4)，而僅有劍尖槍鎖管之漁獲地點多在北

緯 26 度以北 (Fig. 5)，顯示樣本船以鰹類為目標魚種的期間，其作業地點非屬劍尖槍鎖管之主要分布地點。因此，後續分析中將 5 至 7 月間，北緯 26 度以南，僅有鰹類漁獲之漁獲努力量排除，作為排除鰹類漁獲努力量之劍尖槍鎖管漁獲資料，並比較排除前與排除後劍尖槍鎖管 CPUE 之差異。

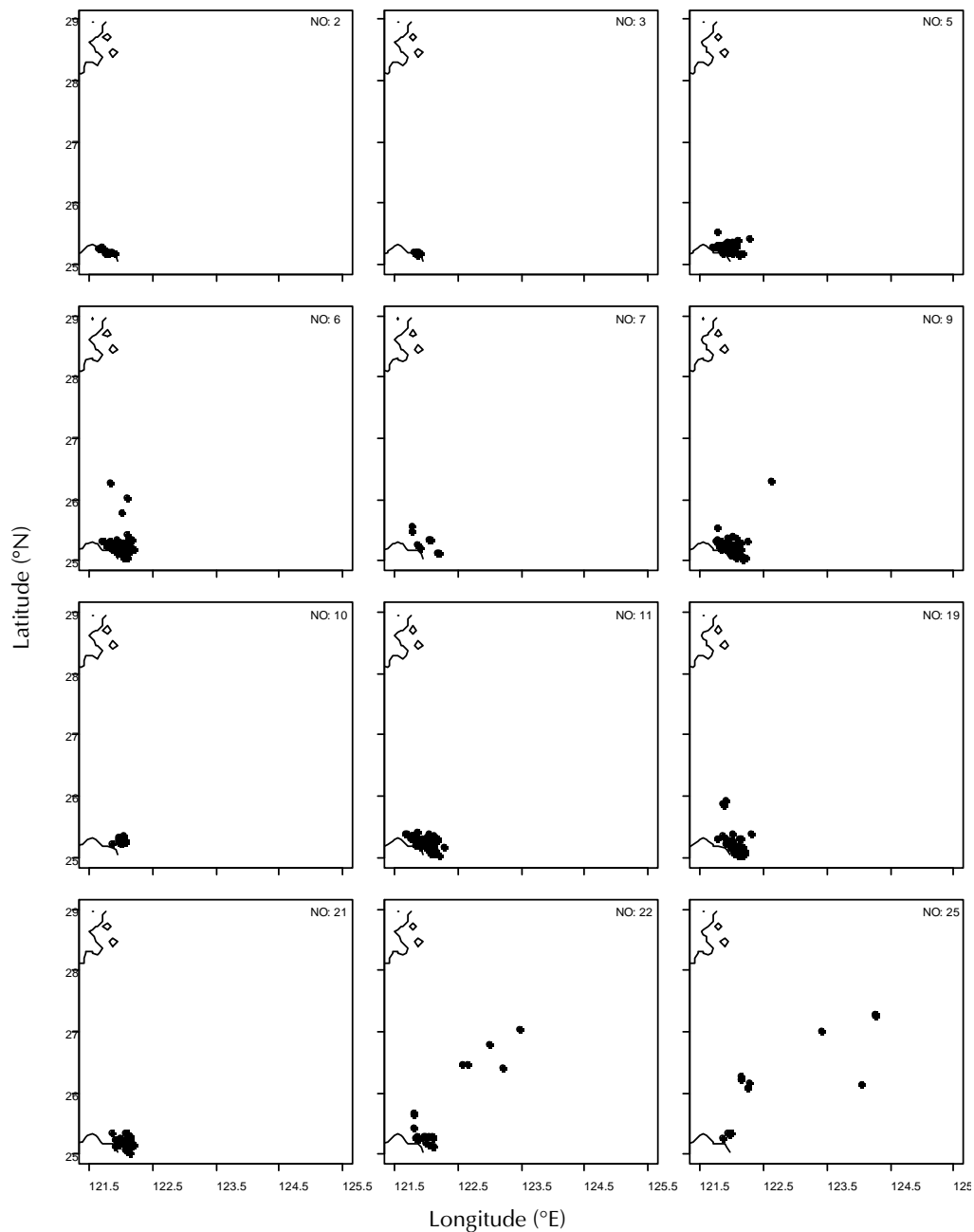


Fig. 4 The catch sites that had bonito catches but no *Uroteuthis edulis* catches in June from 2009 to 2014.

## 二、漁獲時序變化

以 CT2 等級以上漁船漁獲紀錄資料計算年別平均名目 CPUE，結果顯示 2009 年至 2014 年間，年別名目 CPUE 最低為 199.6 公斤/每船-每天 (2009 年)，最高為 383.4 公斤/每船-每天 (2013 年)，平均為 290.6 公斤/每船-每天 (Fig. 6)。而如將 5 到 7 月鰹類之努力量排除後，年別名目 CPUE 最低為 242.2 Kg/每船-每天 (2009 年)，最高為 402 Kg/每

船-每天 (2013 年)，平均為 325.9 Kg/每船-每天 (Fig. 5)，二者經成對 t 檢定有顯著差異 ( $t = -7.7421$ ,  $p < 0.05$ )。就月別來看，鰹類之努力量排除前，樣本船劍尖槍鎖管漁獲名目 CPUE 之月別變化顯示每年有二個主要漁獲高峰，分別為 4 月及 9 月，其中第一主要漁獲高峰之名目 CPUE 高於第二主要漁獲高峰。而排除後二個主要漁獲高峰現象消失，名目 CPUE 在 6 月達到最高後，7 至 9 月間緩慢降低，而 10 月後有明顯下降 (Fig. 7)。

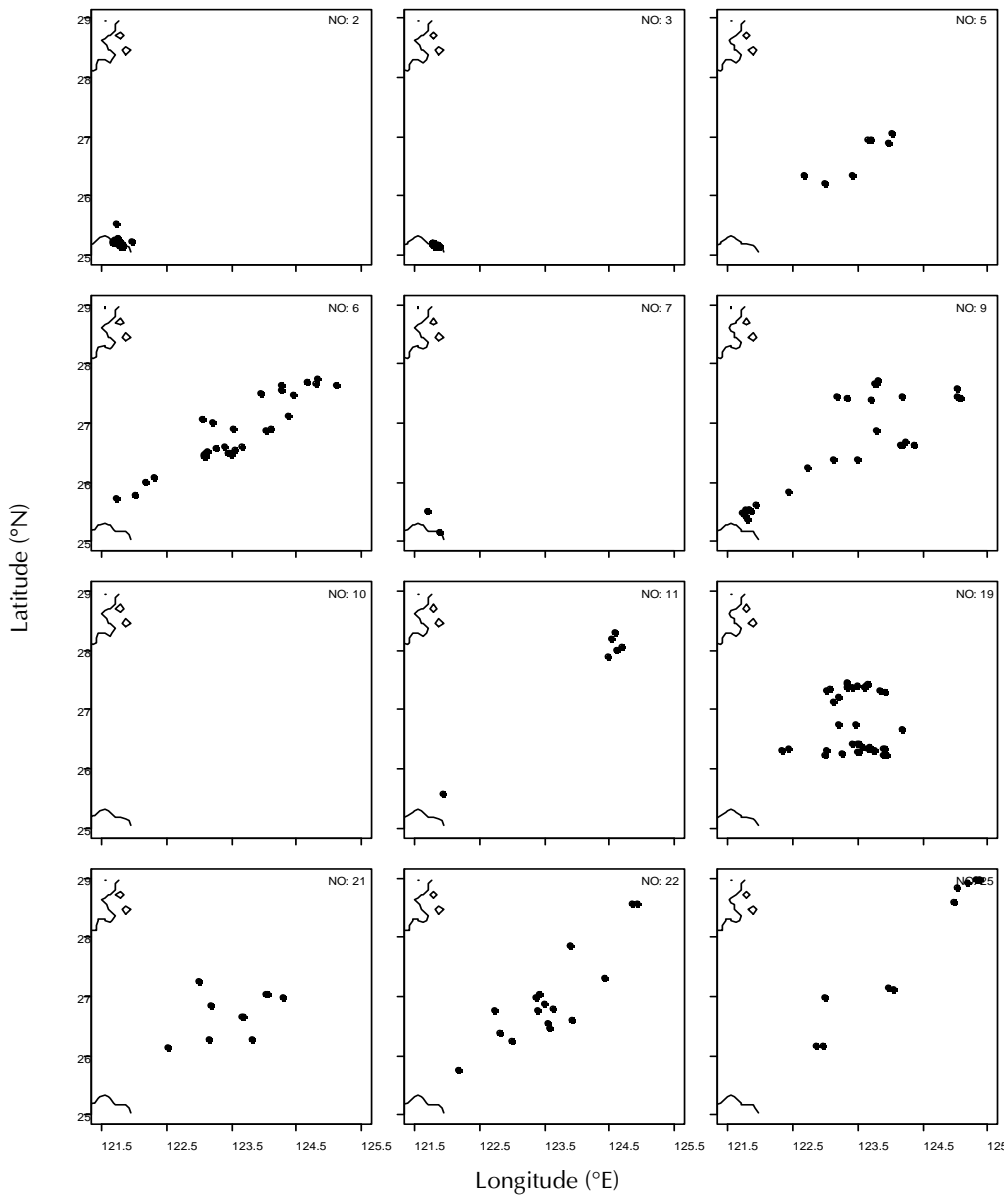


Fig. 5 The catch sites that had *Uroteuthis edulis* catches but no bonito catches in June from 2009 to 2014.

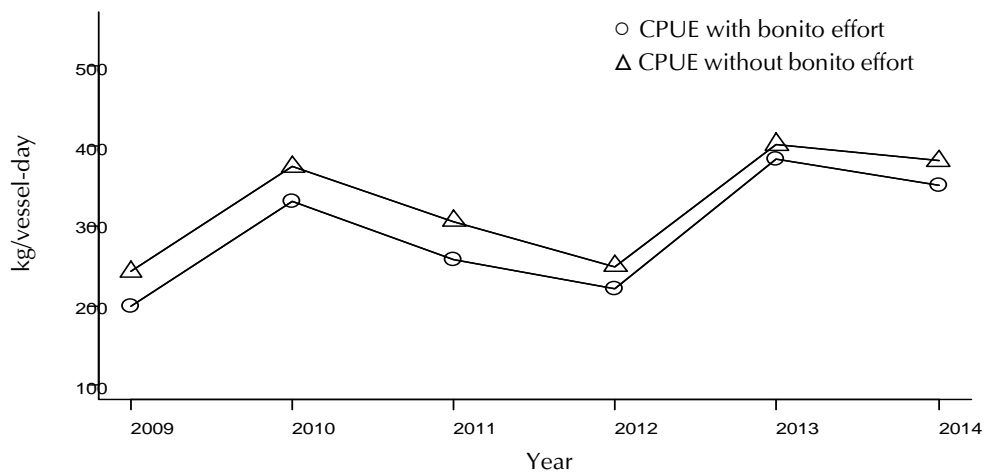


Fig. 6 Annual CPUE (kg per vessel per day) of *Uroteuthis edulis* based on two different data sets of the torch light fishery in the northern waters of Taiwan from 2009 to 2014. The CPUE peaked in 2013.

**Table 2** Analysis of deviance table for generalized linear models fitted to *Uroteuthis edulis* catch rate data in northern Taiwan waters from 2009 to 2014. The dataset included all fishing data (see the text)

Variables	Deviance	Df	Explained (%)	Resid. Deviance	Resid. Df	F (*: $p < 0.05$ )	AIC
NULL				18994.9	11414		
Year	493.8	5	2.6	18501.0	11409	136.3*	37920.6
Area	8989.2	2	47.3	9511.8	11407	6202.5*	30330.4
Vessel	729.0	26	3.8	8782.8	11381	38.7*	29472.2
Month	245.4	11	1.3	8537.5	11370	30.8*	29170.7
Area: Month	312.8	20	1.6	8224.7	11350	21.6*	28781.7
Total			56.7				

**Table 3** Analysis of deviance table for generalized linear models fitted to *Uroteuthis edulis* catch rate data from the 2009 to 2014 fishery in Northern Taiwan. The dataset was corrected by excluding the bonito catches (see the text)

Variables	Deviance	Df.	Explained (%)	Resid. Deviance	Resid. Df	F (*: $p < 0.05$ )	AIC
NULL				14080.7	10082		
Year	258.6	5	1.8	13822.2	10077	70.4*	31808.7
Vessel	5390.7	26	38.3	8431.5	10051	282.3*	26876.7
Area	665.3	2	4.7	7766.2	10049	452.9*	26052.0
Month	310.7	11	2.2	7455.5	10038	38.5*	25662.3
Area: Month	97.2	20	0.7	7358.3	10018	6.7*	25569.9
Total			47.7				

### 三、CPUE 標準化

將漁獲資料區分為含所有漁獲紀錄資料及排除 5 ~ 7 月鰹類漁獲努力量之資料二種，分別以 GLM 進行 2009 至 2014 年間名目 CPUE 之標準化，其中所有漁獲紀錄資料 GLM 依序將年別、漁區別、漁船別、月別及月別與漁區交感等因子納入模式，所有因子皆達顯著水準 (Table 2)，模式總解釋率為 56.7%，其中以漁區別對 CPUE 的影響最大，解釋率為 47.3%。排除 5 ~ 7 月鰹類之漁獲努力量後，GLM 標準化分析則依序將年別、漁船別、漁區別、月別及月別與漁區交感等因子納入模式，且所有因子皆達顯著水準 (Table 3)，模式總解釋率為 47.7%，此一模式中以漁船別對 CPUE 的影響最大，解釋率為 38.3%。二模式殘差之分位數-分位數點圖 (Quantile-Quantile Plot, Q-Q plot) 皆顯示模式之殘差為常態分布，其中又以排除 5 ~ 7 月

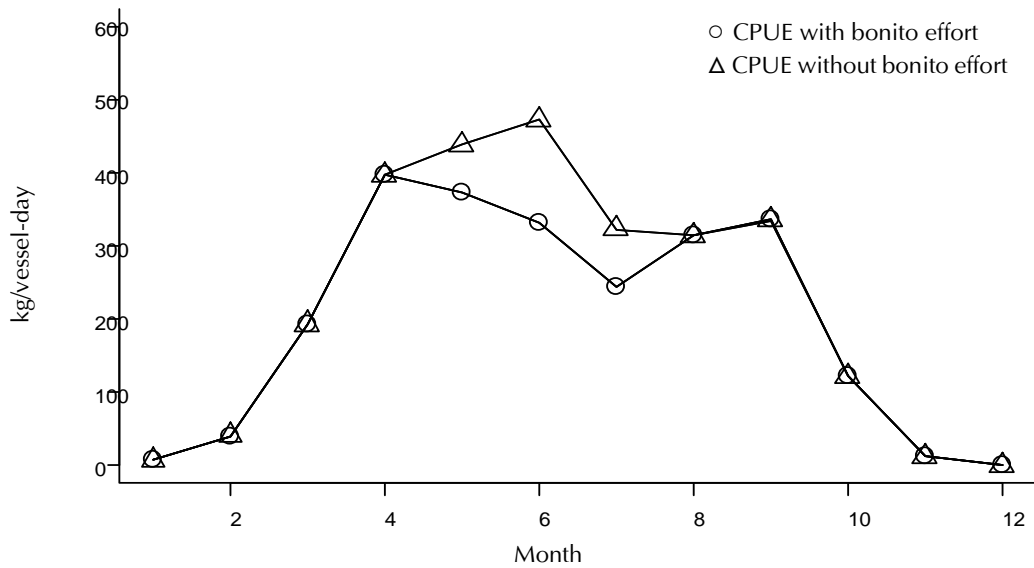
鰹類之漁獲努力量之 GLM 標準化所得殘差較呈現常態分布 (Fig. 8)。

名目 CPUE 及標準化後 CPUE 之時序趨勢如 Fig. 9，二種資料之標準化後 CPUE 年間變化趨勢相近，且均較名目 CPUE 平緩，其中 2012 年之資源豐度最低，2013 年則為近 6 年之最高點。

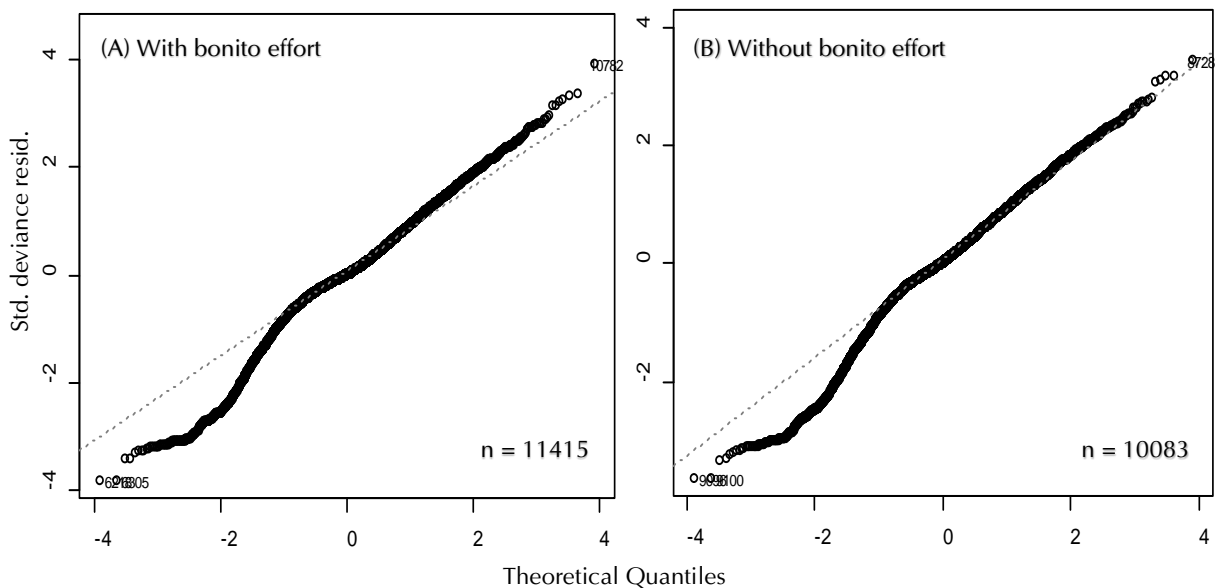
## 討 論

本研究利用劍尖槍鎖管漁業樣本船所蒐集漁獲資料，進行劍尖槍鎖管 CPUE 標準化之研究，並進一步就火誘網漁業主要漁獲物種鰹魚之漁獲努力量對劍尖槍鎖管 CPUE 估算之影響進行探討。船位資料分析結果顯示火誘網漁船針對鎖管及鰹類有不同的作業地點，而以北緯 26 度作為區分，南為鰹類之主要漁場，劍尖槍鎖管則多在以北海域捕獲 (Figs. 4、5)。而未排除鰹類之漁獲努力量





**Fig. 7** Monthly CPUE (kg per vessel per day) of *Uroteuthis edulis* based on two different data sets of the torch light fishery in the northern waters of Taiwan from 2009 through 2014.



**Fig. 8** The residual Quantile-Quantile plot of GLM for the two different data sets of the torch light fishery in the northern waters of Taiwan from 2009 to 2014.

時，其漁期為明顯的雙峰型 (Fig. 7)，在 4 月及 9 月有漁獲高峰，而排除鰹類漁獲努力量後，雙峰現象即不明顯，而以 6 月為 CPUE 之高峰。二種資料之標準化後 CPUE 年間變化趨勢相近，且均較名目 CPUE 平緩，其中 2012 年之資源豐度最低，2013 年則為近 5 年之最高點 (Fig. 9)。

劍尖槍鎖管雖屬火誘網漁業主要目標物種之一，但就每年的漁獲量來說，鰹類之漁獲量高於劍

尖槍鎖管 (凌, 2011)。過往對於劍尖槍鎖管 CPUE 之研究多附屬於火誘網漁業 CPUE 研究中，而將火誘網漁業之不同漁獲物種視為一體而分析其不同漁獲物種間的時空變化，並未將火誘網漁船對於不同目標魚種變更其作業漁場所造成漁獲努力量差異加以區分。本研究顯示，火誘網漁船在採捕劍尖槍鎖管及鰹類物種時有不同的作業地點。凌 (2011) 指出由空間比對分析結果顯示，火誘網漁

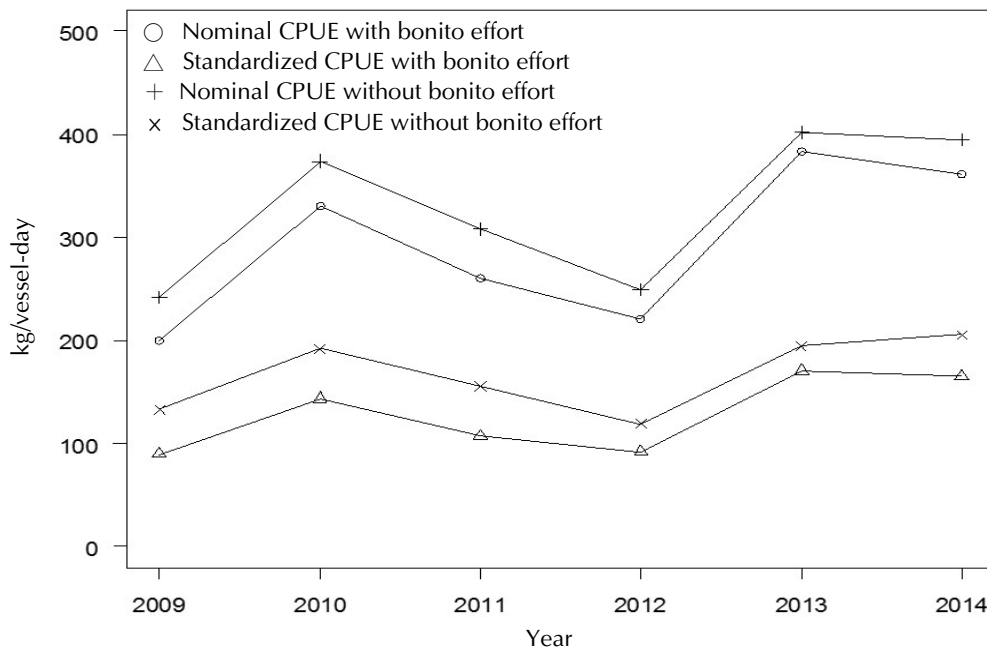


Fig. 9 Nominal and standardized yearly CPUE values of *Uroteuthis edulis* based on two different data sets of the torch light fishery in the northern waters of Taiwan from 2009 to 2014.

船漁獲鎖管與鰹類之高 CPUE 水域並不相同，其中鎖管是分布在臺灣東北海域偏東北方之水域，而鰹類則是分布在臺灣東北海域偏西南方之水域處。每年的 5 至 7 月間，鎖管主要漁獲地點在北緯 26 度以北，而鰹類的主要漁場則在北緯 26 度以南之沿近海域，二者雖都為火誘網漁船所捕獲，但作業地點明顯不同。Wang *et al.* (2008) 指出每年 5~7 月間（春末夏初），劍尖槍鎖管之漁獲重心在北緯 27 度左右，而鄭 (2010) 及凌 (2011) 針對火誘網漁業的研究指出，鰹類的主要漁場在北緯 26 度以南之沿近海域，皆與本研究相似。雖然漁市場拍賣鎖管價格 1 kg 可達 150~300 元，遠高於鰹類 1 kg 的價格 (10~20 元)，而促使漁民會選擇經濟價值較高之鎖管為主要漁獲對象 (廖, 2004; 凌, 2011)，但由於 5~7 月間要採捕鎖管需往較北方海域作業，油料耗費成本較高，加上鰹類之漁獲量遠高於劍尖槍鎖管 (鄭, 2010)，故在 5~7 月間，部分漁民會轉以在沿近海域出現之鰹類為主要漁獲對象，而非劍尖槍鎖管。

本研究顯示，在未排除鰹類漁獲努力量前，劍尖槍鎖管之 CPUE 月別變化顯示為雙峰型，4 月與 9 月有高峰，然排除鰹類漁獲努力量後，大幅提高

5~7 月間的 CPUE，高峰出現在 6 月。會有此一變化原因即在於 5~7 月間的鰹類作業紀錄中，多數僅有鰹類漁獲，而劍尖槍鎖管漁獲量為零。在計算 CPUE 時，此部分鰹類漁獲努力量如併入為劍尖槍鎖管漁獲努力量 (加大分母)，即會造成劍尖槍鎖管 CPUE 之低估。另一方面，在計算劍尖槍鎖管 CPUE 時，如單純將所有未捕獲鎖管之漁獲努力量去除 (即所有零值資料)，則又有可能將在劍尖槍鎖管漁場作業，卻未捕獲鎖管之漁獲努力量排除 (減少分母)，如此一來，又將低估劍尖槍鎖管漁獲努力量，造成劍尖槍鎖管 CPUE 之高估。因此，在計算劍尖槍鎖管 CPUE 時，為避免錯誤的漁獲努力量影響其 CPUE 之計算，儘可能排除鰹類之漁獲努力量有其必要。

就頭足類漁業的資源量變動來說，一個完整漁季可分為三個時期，在第 1 期，入添群開始進入漁場，資源量因個體之成長而增加。第 2 期所有入添群均已進入漁場，資源量隨漁業行為而下降，至第 3 期，資源量因個體移出漁場或生殖後死亡而降至最低 (Boyle and Rodhouse, 2005)。以西南大西洋之阿根廷魷漁業為例，其資源量即隨著漁季推展而降低 (Rosenberg *et al.*, 1990)。我國火誘網

漁船在採捕劍尖槍鎖管時，其作業地點之變動跟隨鎖管系群，依春季至冬季之時序，由北緯 28 度左右向臺灣本島靠近 (Wang *et al.*, 2008)，因此其資源量的變動亦應與阿根廷魷相類似，因此，理論上劍尖槍鎖管 CPUE 之月別變化應與排除鰹類漁獲努力量之變化較為相近，而非雙峰型態。

是否排除鰹類漁獲努力量對劍尖槍鎖管 CPUE 的標準化也有顯著影響，整體來說，二種資料 GLM 結果均將月別、漁區別、漁船別及漁區別與月別交感等因子納入模式中 (年別為必備因子)，然而主要的差異在於如將鰹類漁獲努力量納入計算，GLM 分析結果以漁區因素對於劍尖槍鎖管 CPUE 影響最大，排除鰹類漁獲努力量後，對於劍尖槍鎖管 CPUE 影響最大的因子轉變為漁船別。由於 5~7 月間，鰹類主要漁獲漁場在沿近海域，亦即本研究中的第 1 及 2 漁區，造成多數劍尖槍鎖管之零漁獲值出現在該二區中，加重了作業漁區對 CPUE 的影響。而在排除鰹類漁獲努力量後，漁船別成為影響劍尖槍鎖管 CPUE 的主要因子。

過去的研究多將船噸數、馬力數及燈光強度等漁船性能因子分別考慮，然而船長經驗的良窳，也是影響漁獲的重要因素之一，這部分卻很難量化，且容易隱藏於漁船性能因子中。紐西蘭拖網漁業的標準化研究中顯示漁船別是影響其 CPUE 標準化的重要因子之一，隨著低漁獲效能漁船退出，而高效能漁船的持續作業，造成其對 CPUE 影響力的增加 (Kendrick and Bentley, 2010; Bentley *et al.*, 2012)。Hurst *et al.* (2012) 對紐西蘭 2 種頭足類 (*Nototodarus gouldi* 與 *N. sloanii*) 之 CPUE 標準化研究亦將漁船別因子納入，並為所有模式的重要因子之一。漁船別因子的採用，可視為是船噸數、馬力數及燈光強度等漁船性能因子與船長經驗的綜合效應。

本研究結果顯示不管是否將鰹類漁獲努力量剔除，在進行 CPUE 之 GLM 標準化時，主要的影響因子是漁區與漁船別 (包含漁船性能與漁船船長經驗)，水溫、水色等環境因子均未被納入影響參數。Tian *et al.* (2009) 對太平洋赤魷 (*Ommastrephes bartramii*) 以 GLM 進行 CPUE 標準化時，即發現時空因素對 CPUE 的影響較表水溫、表水鹽度及海平面高度等環境因子來的顯著。

曾 (2011) 對劍尖槍鎖管之研究亦指出海洋環境因子對於其 CPUE 的解釋率，遠低於時間、空間及漁船性能等非環境因子。許多研究已表明水溫與頭足類資源量資關係，溫度影響頭足類胚胎發育 (Forsythe *et al.*, 2001)、成長 (王等, 2011) 及分布 (Middleton and Arkhipkin, 2001)，這些研究主要探討頭足類整體資源量與環境的關係，並非漁船作業與環境因子之關係。而在進行 CPUE 標準化時，其主要目的之一在消除不同漁船或漁業之漁獲努力量的差異，或許由於漁船之作業並非完全參考環境因子來決定作業地點，而大部分是依據傳統漁場作業習慣及漁船船長之主觀經驗，因此小尺度的作業地點表水溫及水色等環境因子並不一定與 CPUE 有顯著相關，因而在進行標準化時未被模式納為解釋因子之一。反之，就更大尺度 (例如不同漁區) 而言，其可反映大尺度的環境因子變化趨勢，亦影響了整體資源量的變化，因此被納入為 CPUE 標準化之因子。

標準化後之 CPUE，其趨勢較未標準化前平緩，顯示鎖管資源量之年間變化尚屬平穩，然由於本研究僅取得 6 年之漁獲資料，無法就劍尖槍鎖管資源量趨勢進行判讀。另一方面，由於缺乏臺灣北部海域火誘網漁業之全年漁獲努力量，亦無法回推整體資源量。

研究說明在火誘網漁業中鰹類漁獲努力量對劍尖槍鎖管 CPUE 標準化之影響，並嘗試排除 5 至 7 月間之鰹類漁獲努力量，以更準確分析劍尖槍鎖管 CPUE 之變化。結果顯示鰹類漁獲努力量是否排除，對於劍尖槍鎖管之 CPUE 確有影響，因此在針對火誘網漁業及其漁獲物種進行 CPUE 的標準化時，取得能更精確反映漁獲目標的漁撈日誌資料以區別不同物種之漁獲努力量有其必要。另一方面，漁業資源評估系以種或系群為單位，目前漁政單位在進行漁獲資料收集時，並未針對不同鎖管種類分別紀錄，而僅以鎖管一種統稱，因此無法掌握精確劍尖槍鎖管漁獲資料，這些因素都會影響資源評估之準確性，因此，未來如進行全國性漁獲資料收集時，如何請從事火誘網漁業漁民登錄每個作業日或作業航次之預設目標物種及區分不同鎖管物種加以記錄，實為劍尖槍鎖管資源評估的重要課題之一。

## 謝 辭

本研究經費由行政院農業委員會水產試驗所 103 農科-11.2.1-水-A1(4)項下支助，研究期間承蒙郭前所長慶老、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提供論文意見與分析方法，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): 69-172.
- 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.
- 王凱毅, 陳瑞谷, 廖正信, 李國添, 吳繼倫, 李明安, 張可揚 (2011) 利用平衡石分析東海南部劍尖槍鎖管之季節成長差異. 水產研究, 19(2): 1-13.
- 王凱毅, 張可揚, 陳瑞谷, 陳威克, 廖正信, 吳繼倫 (2013) 臺灣秋季優勢鎖管種類的改變. 臺灣省水產學會2012年度學術論文發表會論文摘要集, 基隆, 臺灣, CO-13.
- 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.
- 吳繼倫 (2004) 淺談單位努力漁獲量之標準化. 水試專訊, 7: 46-48.
- 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.
- 凌子雅 (2011) 利用漁船船位動態資料探究臺灣東北海域火誘網漁業作業漁場之分布結構. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 碩士論文, 108 pp.
- 黃培寧 (2006) 臺灣澎湖海域臺灣鎖管生物學特性及其漁海況變動之研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 碩士論文, 91 pp.
- 曾建豪 (2011) 臺灣東北部海域劍尖槍鎖管族群豐度時空變動模式分析. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 碩士論文, 70 pp.
- 張可揚, 廖正信, 黃筱婷, 吳繼倫, 王凱毅 (2014) 臺灣沿海中國槍鎖管、杜氏鎖管及劍尖槍鎖管之年齡與成長. 水產研究, 22(1): 1-13.
- 詹秉義 (1993) 漁業資源評估. 中國農業出版社, 354 pp.
- 廖正堂 (2004) 臺灣北部海域火誘網漁業漁獲組成變動之研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 66 pp.
- 廖正信 (2006) 臺灣沿近海域火誘網漁業資源之調查評估. 漁業資源評估管理及利用研討會, 基隆, 臺灣, 49-52.
- 漁業署 (2015) 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, 188 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.
- 鄭雅文 (2010) 應用船位系統資料探究臺灣東北海域火誘網漁業之漁場分布特性. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 55 pp.
- 劉宗祐 (2005) 利用形態測量法探討劍尖槍與臺灣鎖管族群分布結構之研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 100 pp.
- 蕭志豪 (2002) 衛星遙測應用在臺灣東北海域鎖管漁況變動之研究. 國立臺灣海洋大學漁業科學系碩士論文, 93 pp.
- Akaike, H. (1973) Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. *In* Proceeding of the Second International Symposium on Information Theory (B. N. Petrov and F. Caski, eds.), Akademiai Kiado, Budapest, 267-281.
- Bentley, N., T. H. Kendrick, P. J. Starr and P. A. Breen (2012) Influence plots and metrics: tools for better understanding fisheries catch-per-unit-effort standardizations. *ICES J. Mar. Sci.*, 69: 84-88.
- Boyle, P. and P. Rodhouse (2005) *Cephalopods: Ecology and Fisheries*. Blackwell Pub. Co., Oxford, U.K., 452 pp.
- Forsythe, J. W., L. S. Walsh, P. E. Turk and P. G. Lee (2001) Impact of temperature on juvenile growth and age at first egg-laying of the Pacific reef squid *Sepioteuthis lessoniana* reared in captivity. *Mar. Biol.*, 138: 103-112.
- Goñi, R. and F. Alvarez (1998) Application of generalized linear modelling to the study of catch rates of western Mediterranean trawl fleets. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 35: 442-443
- Hurst, R. J., S. L. Ballara, D. MacGibbon and L. Triantafillos (2012) Fishery characterisation and standardised CPUE analyses for arrow squid (*Nototodarus gouldi* and *N. sloanii*), 1989-90 to 2007-08, and potential management approaches for southern fisheries. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2012/47*: 303 pp.
- Kendrick, T. H. and N. Bentley (2010) Fishery characterisation and catch-per-unit-effort indices for trevally in TRE 7, 1989-90 to 2007-08. *New Zealand*

- Fisheries Assessment Report, 2010/41: 58 pp.
- Liao, C. H., T. Y. Liu and C. Y. Hung (2010) Morphometric variation between the swordtip (*Photololigo edulis*) and mitre (*P. chinensis*) squids in the waters off Taiwan. *J. Mar. Sci. Tech.*, 18(3): 405-412.
- Maunder, M. N. and A. E. Punt (2004) Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fish. Res.*, 70: 141-159.
- Middleton, D. A. J. and A. I. Arkhipkin (2001) Environmental effects on the distribution and migrations of the squid *Illex argentinus* (Ommastrephidae) in Falkland islands waters. ICES CM 2001/K:20: 30.
- Rosenberg, A. A., G. P. Kirkwood, J. A. Crombie and J. R. Beddington (1990) The assessment of stocks of annual squid species. *Fish. Res.*, 8: 335-350.
- Tian, S., X. Chen, Y. Chen, L. Xu and X. Dai (2009) Standardizing CPUE of *Ommastrephes bartramii* for Chinese squid-jigging fishery in Northwest Pacific Ocean. *Chinese J. Oceanol. Limnol.*, 27: 729-739.
- 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.

## The Study on the Catch Per Unit Effort Standardization of *Uroteuthis edulis* in the Northern Waters of Taiwan

Ke-Yang Chang<sup>1</sup>, Kae-Yih Wang<sup>2</sup>, Cheng-Hsin Liao<sup>3\*</sup> and Chi-Lun Wu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

<sup>2</sup>Department of Economic Affairs, Keelung City Government

<sup>3</sup>Department of Environmental Biology and Fishery Science, National Taiwan Ocean University

### ABSTRACT

In this study, we used the logbook data from the sampling vessels of the torch light fishery to distinguish the fishing grounds of bonito and *Uroteuthis edulis* and to standardize the catch per unit effort (CPUE) of *U. edulis*. The results showed that the fishing grounds where the sampling vessels targeted bonito from May to July were not the main distribution locations of *U. edulis* at that time. The monthly nominal CPUE of *U. edulis* showed two peaks when the bonito fishing effort was included and one peak when the bonito fishing effort was excluded. A generalized linear model (GLM) was used to standardize the nominal CPUE from 2009 to 2014. The GLM, which included the effects of year, area, fishing vessel, and month, as well as the interaction between area and month, explained 56.7% of the variation in the CPUE when the bonito fishing effort was included. The area had the main effect on the CPUE standardization. When the bonito fishing effort was excluded, the GLM including the same effects explained 47.7% of the variation in the CPUE, but the main effect came from the fishing vessel. The standardized CPUE trends based on the two data sets were similar and smoother than the nominal CPUE. The CPUE series showed that the abundance of *U. edulis* was the lowest in 2012 and peaked in 2013. Because of the difference of bonito and *U. edulis* fishing grounds, it is necessary to distinguish bonito fishing effort when calculating the CPUE of *U. edulis*.

**Key words:** *Uroteuthis edulis*, catch per unit effort, generalized linear model

---

\*Correspondence: Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan. TEL: (02)2462-2192 ext. 5050; E-mail: chliao@mail.ntou.edu.tw