

# 海表面水溫預報在台灣北部海域劍尖槍鎖管資源評估之運用

張可揚<sup>1</sup>、廖正信<sup>2\*</sup>、陳建河<sup>3</sup>、張庭槐<sup>3</sup>、曾振德<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>國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

<sup>3</sup>行政院交通部中央氣象局

## 摘要

劍尖槍鎖管(*Uroteuthis edulis*)為我國主要頭足類漁獲之一，由於其資源呈現年間波動，因此在漁業管理上有其難度，亦凸顯資源評估之重要。本研究以單位努力漁獲量為資源指標，與海表面水溫、北極震盪指數及聖嬰現象指數進行相關分析及廣義線性模型套適，並利用中央氣象局提供之海表面水溫預測值進行劍尖槍鎖管資源趨勢之預測。經套適後廣義線性模型將漁期當年度南東海湧升區 3 月之表水溫(正相關)及漁期當年度東海陸棚區 4 月之表水溫(負相關)納為預測之環境因子，模式解釋率為 89.3%。以中央氣象局提供之東海 3 月及 4 月海表面水溫資料預測 2017 年劍尖槍鎖管資源趨勢顯示較 2016 年為下降趨勢。

關鍵字：劍尖槍鎖管；資源評估；海表面水溫預測值

## 一、前言

頭足類多為一年生物種，一生只生殖一次而在世代間並無重疊，由於每一年的族群資源量幾乎全由新添入之個體組成，因此其添入成功與否可能強烈左右頭足類資源豐度(Beddington et al., 1990; Bellido et al., 2001)。目前最常用來評估頭足類資源豐度的方法為經驗模式，亦即以海洋環境因子，例如海表面水溫(sea surface temperature, SST)及大氣驅動力(atmospheric forcing)，例如聖嬰現象等指標與漁獲量指標(通常為單位努力漁獲量)進行迴歸分析，建立預測模型進行預測(Agnew et al., 2002; Caballero-Alfonso et al., 2010; Igarashi et al., 2015; Polanco et al., 2011; Robin and Denis, 1999; Waluda et al., 2004)。例如 Waluda et al. (1999) 指出在北巴塔哥尼亞陸棚阿根廷魷(*Illex argentinus*)孵化區在 6 到 7 月間(阿根廷魷孵化期的 SST 與來年阿根廷魷之資源量有負相關，可能具備預測阿根廷魷之資源添入量的潛力。Chang et al. (2015) 則指出南極震盪及海表面水溫皆會影響阿根廷魷之資源量，且存在有時間上的遞延。

在臺灣沿近海，以鎖管漁業為最主要的頭足類漁業，其中又以劍尖槍鎖管(*Uroteuthis edulis*)為主要漁獲物種(曾, 2011; 張等, 2014)。雖然過去鎖管漁業年產量曾達 2 萬噸之譜，但近年來產量已下滑至 3,000 噸上下，以 2015 年的產量產值為例，全臺沿近海漁業之鎖管產量為 2,458 公噸，

產值為 4.7 億臺幣(漁業署, 2017)。

劍尖槍鎖管雖為台灣沿近海重要漁獲物種之一，然過去的研究卻集中在生物學及漁業特性的探討，而欠缺資源評估的研究。王等(2010)指出劍尖槍鎖管在每年可能有春(3~5月)、秋(10~12月)兩產卵季，而成熟的雌、雄鎖管多出現在北部沿岸或湧昇流海域，推測可能為鎖管產卵場。而各季節群之成長亦有所差異，其中春生群與冬生群的鎖管可成長至較大體型，夏生群則普遍較小，冬生群的成長較其它季節群為快(王等, 2011)。張等(2015)則將火誘網漁業中屬於鯉魚作業的漁獲努力量排除，並進行 CPUE 的標準化，結果顯示劍尖槍鎖管資源量有豐年及歉年的變化。這些研究說明劍尖槍鎖管資源量變化與海洋環境因子，特別是海表面水溫有密切關連。

經驗模式用於頭足類資源評估成功的關鍵在於環境因子的選擇，本研究利用樣本船資料，以 CPUE 為資源指標，與海表面水溫、北極震盪指數(Arctic Oscillation, AO)及聖嬰現象指數(Multivariate ENSO Index, MEI)等環境指標進行相關分析及廣義線性模式(generalized linear model, GLM)套適，嘗試建立劍尖槍鎖管資源評估模式。

## 材料與方法

## 漁獲資料

本研究自 2009 年至 2016 年間，每月委請台灣北部海域棒受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、漁獲種類及漁獲量，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、萬里、瑞芳及貢寮區漁會所屬 35 艘燈火漁船漁獲資料，每年所調查的標本船從 18 至 32 艘不等。資料分佈範圍最遠到北緯 30 度(圖 1)。

## CPUE 標準化

所得漁獲資料以張等(2015)所發表之標準化方法，在排除非以劍尖槍鎖管為主漁獲之樣本船漁獲資料及非屬劍尖槍鎖管之漁獲努力量後，以年別，月別，作業漁區，船噸數，馬力數，燈光強度、漁船別及漁區與月別交感等因子為影響漁獲能力因子，進行 CPUE 標準化(張等，2015)。CPUE 之單位為公斤/每船每天。

## 環境因子

本研究採用之環境因子包含海表面水溫、北極震盪指數及聖嬰現象指數。海表面水溫取自美國國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) ERDDAP 資料庫中 Aqua MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)感測器測得之海表面水溫資料，解析度為 4km × 4km，擷取時間為 2008 年 1 月 ~ 2016 年 12 月，擷取範圍為棒受網漁船作業範圍 (24°N ~ 31°N, 120°E ~ 127°E)。北極震盪指數下載自 NOAA Climate prediction center ([http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily\\_ao\\_index/monthly.ao.index.b50.current.ascii.table](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/monthly.ao.index.b50.current.ascii.table))。聖嬰現象指數下載自 NOAA Earth System Research Laboratory (<https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/index.html>)

由於劍尖槍鎖管分佈範圍為包含整個東海，因此本研究參考 Lee et. al., (2015)之鋒面分佈，選取 4 個半度方格區域作為參考點，以半度方格內的月 SST 進行平均為代表水溫。範圍之選取 4 個參考點分別代表：1)湧升流海域；2)潮境海域；3)東海陸棚；4)長江岸鋒面(圖 1)。

## 模式分析

標準化後之 CPUE 與各項環境因子作相關分析以解析資源與環境的相關性。為了解環境因子對資源量的影響是否有遞延效應，本研究除選

入漁期當年 1-6 月各項指標外，另採用前一年 1-12 月各項指標與 CPUE 進行相關分析。各組月份

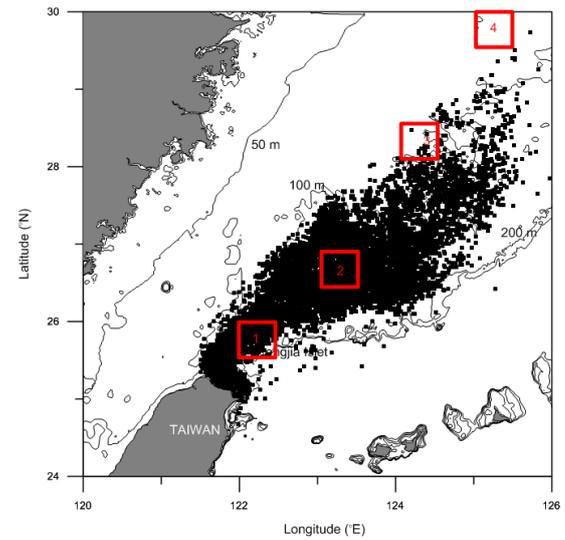


圖 1：2009 年至 2016 年劍尖槍鎖管樣本船漁獲地點分布圖，黑色為推斷劍尖槍鎖管漁獲點，紅色框為 4 個海表面水溫參考點。

及參考點與年度 CPUE 經相關分析，如有顯著性，則選出進行進一步之 GLM 分析，模式如下：

$$\log U = \text{intercept} + E_{1,t-j} + E_{2,t-j} + \dots + E_{i,t-j} + \varepsilon; \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

其中  $\log U$  為不同年經對數轉換後之 CPUE， $E_{i,t-j}$  為第  $i$  項環境因子在第  $t$  年之變數，並給予加計延遲效應， $j=0$ (無遞延效應)或  $1$ (有遞延效應)， $\varepsilon$  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( $p < 0.05$ )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。

## 資源量預測

以模式分析所得之 GLM 進行劍尖槍鎖管資源量之預測，如 GLM 所得因子包含漁期當年度海表面水溫因子，則以中央氣象局提供之海表面水溫預測水溫值帶入，海表面水溫預測值系利用海水溫預測模式預測估計，水溫預測值之空間解析度為 1 度方格。

## 結果

## 年度 CPUE 變化

以 CT2 等級以上漁船漁獲紀錄資料計算 2009 到 2016 年樣本船標準化後之年度 CPUE 如圖 2，標準化後之 CPUE 均較名目 CPUE 為小。標準化 CPUE 最低為 116.32 公斤/每船每天(2016 年)，最高為 268.50 公斤/每船每天(2013 年)，年平均為 208 公斤/每船每天。標準化 CPUE 自 2013 年達到 8 年來的高峰後逐漸降低，2016 達到最低，顯示劍尖槍鎖管資源目前處於欠年。

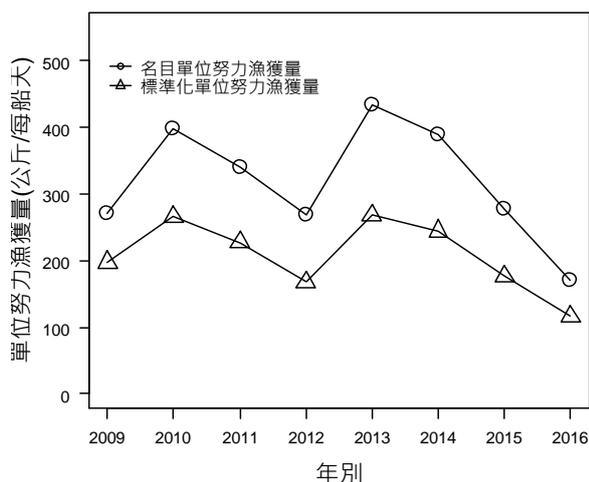


圖 2：2009 至 2016 年年別 CPUE 與標準化後之 CPUE 時序列。三角形為標準化後之 CPUE。

## 與環境之相關分析

將標準化 CPUE 時序列，與 2008 年至 2016 年海表面水溫等環境因子進行相關分析，結果顯示標準化 CPUE 與漁期當年度第 1 區(湧升流區)3 月之海表面水溫有正相關，與漁季當年度第 3 區(東海陸棚區)4 月之海面水溫有負相關。此外，在遞延效應方面，結果顯示 CPUE 與前一年第 1 區 7 月之海表面水溫有負相關，與第 3 區 2 月之海面水溫有正相關，與第 3 區 11 月之海面水溫有負相關。此外，CPUE 亦與前一年 8 月份北極震盪指數有正相關(表 1)。其他月份之海表面水溫及大氣指標均無顯著相關。

## 評估模式建立

將有顯著相關之環境因子與標準化 CPUE 進行 GLM 分析，經逐步迴歸選擇，模式將漁期當年度第 1 區 3 月之海表面水溫及第 3 區 4 月份之海表面水溫納入，模式解釋率為 89.35%。所得迴歸模式為：

$$\text{LN}(\text{CPUE}) = 2.811 + 0.2305 * \text{SSTA1} - 0.1482 * \text{SST2}$$

其中 SST1 為漁期當年度第 1 區 3 月之表水溫；SST2 為漁期當年度第 3 區 4 月之表水溫。

## 資源趨勢預測

由於所得結果皆以漁期當年之海表面水溫為模式預測因子，因此帶入中央氣象局提供之海表面水溫預測水溫值，經統計後顯示 2017 年資源狀況為下降趨勢(圖 3)。

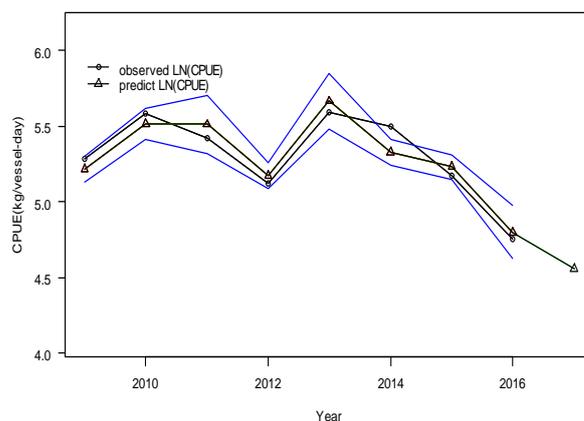


圖 3：2017 年劍尖槍鎖管資源趨勢預測。三角形為預測之 CPUE 時序列。

## 討論

本研究自 2009 年起持續利用劍尖槍鎖管燈火漁業樣本船所蒐集漁獲資料，進行劍尖槍鎖管 CPUE 標準化並與環境因子進行相關分析，找出影響劍尖槍鎖管資源量之環境因子，並據以建立資源評估模式。累積 8 年的資料顯示劍尖槍鎖管之 CPUE 變化與環境因子中的海表面水溫及北極震盪有顯著相關並具有遞延效應。而海表面水溫的影響主要在漁期中顯現。本研究的結果預測，由於預測之 2017 年海表面水溫持續維持在高點，因此 2017 年劍尖槍鎖管之資源量成下降趨勢。

許多研究顯示頭足類之資源量受海表面水溫影響，因而海表面水溫的變化可作為頭足類資源量變化的指標(Chang et. al., 2015)。而頭足類在其生活中，從卵的孵化到個體的成長速度皆與水溫變化有關。Waluda (1999; 2001)指出生活於西南大西洋的阿根廷魷，其資源量與前一年其可能孵化場的水溫有顯著負相關。本研究所建立之 GLM 模式中，湧升流區漁期當一年 3 月的水溫與來年資源量有正相關，由於 3 月是劍尖槍鎖管春季孵化群孵化的月份，較高的水溫將有助於鎖管卵的發展與孵化，同時較高的水溫也會孵出

表 2: 年 CPUE 與各環境因子相關分析。

環境因子	前一年			漁期中		
	月份	r	p	月份	r	p
第 1 區	7	-0.8096	0.015	3	0.8767	0.004
第 3 區	2	0.7068	0.049	4	-0.7617	0.028
	11	-0.732	0.039			
AO	8	0.7695	0.026	-	-	-

較大的鎖管幼生，增加存活率，因此較高的孵化季水溫可提升資源量(Forsythe, 1993)。另一方面，漁期中鎖管成體的成長則與水溫有負相關(Chang et al., 2015)，特別是在 4 月份當鎖管向北洄游至東海陸棚時，東海海域(第 3 區)較低的水溫可使鎖管較晚性成熟，因而有較大的成熟體型，增加了資源量(Chen et al., 2007; Pecl and Jackson, 2008)。

本研究建立之模式，雖然解釋率可接近 9 成，然模式所使用之有效環境因子為漁期當年 3 月及 4 月的海表面水溫，也就是說，如要使用在資源評估及管理政策制定上，最快要到漁期開始後的 5 月份取得 4 月份之海表面水溫資料後才能加以預測，在運用上將大打折扣。因此本研究與中央氣象局合作，由氣象局提供 2017 年 1 至 4 月東海海域 1 度方格之預測水溫進行資源預測。此一需求說明在進行頭足類漁業資源評估時對於海表面水溫的預測有其需要，而漁期當年海表面水溫預測值的準確度將直接影響模式估算之資源趨勢準確度。目前中央氣象局能提供之海表面水溫預測解析度為 1 度方格，而本研究使用之海表面水溫為半度方格之平均水溫，因此在精度上無法匹配，未來中央氣象局將持續提升海表面水溫預測之解析度及精確度，以作為各種漁業資源評估之用。

## 參考文獻

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 卷,1 期, 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 卷,2 期, 1-13  
 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, 國立台灣海洋大學環

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 卷,1 期, 1-13  
 張可揚, 廖正信, 吳繼倫, 王凱毅 (2015) “鯉類漁獲努力量對台灣北部海域劍尖槍鎖管單位努力漁獲量標準化之影響”, 水產研究, 23 卷,2 期, 1-14  
 漁業署 2017: 中華民國台灣地區漁業年報, 行政院農業委員會漁業署, 台北市, 188 pp  
 Agnew, D.J., J.R. Beddington and S.L. Hill, 2002: “The potential use of environmental information to manage squid stocks”. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 59, 1851-1857  
 Akaike, H. 1973: “Information theory and an extension of the maximum likelihood principle”, In: Petrov, B. N. and F. Caski (Eds.), *Proceeding of the Second International Symposium on Information Theory*, Akademiai Kiado, Budapest, 267-281  
 Beddington, J.R., A.A. Rosenberg, J.A. Crombie and G.P. Kirkwood, 1990: “Stock assessment and the provision of management advice for the short fin squid fishery in Falkland islands waters”, *Fish. Res.*, 8, 351-365  
 Bellido, J.M., G.J. Pierce and J. Wang, 2001: “Modelling intra-annual variation in abundance of squid *Loligo forbesi* in Scottish waters using generalized additive models”, *Fish. Res.*, 52, 23-39  
 Caballero-Alfonso, A.M., U. Ganzedo, A. Trujillo-Santana, J. Polanco, A. Santana del Pino, G. Ibarra-Berastegi and J.J. Castro-Hernández, 2010: “The role of climatic variability on the short-term fluctuations of octopus captures at the Canary Islands”, *Fish. Res.*, 102, 258-265  
 Chang, K.-Y., C.-S. Chen, H.-Y. Wang, C.-L. Kuo, and T.-S. Chiu, 2015: “The Antarctic oscillation index as an environmental parameter of catches of the

Argentine shortfin squid, *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), in Southwest Atlantic waters” , Fish. Bull., 113, 202 – 212

Chen, C.-S., W.-B. Haung and T.-S. Chiu, 2007: “Different spatiotemporal distribution of Argentine short-finned squid (*Illex argentinus*) In the southwest Atlantic during high-abundance year and its relationship to sea water temperature changes” , Zool. Stud., 46, 362-374

Forsythe, J.W., (1993: “A working hypothesis on how seasonal temperature change may impact the field growth of young cephalopods” , In Recent advances in cephalopod fisheries biology (T. Okutani, R. K. O’ Dor, and T. Kubodera, eds.), p. 133 – 143. Tokai Univ. Press, Tokyo.

Igarashi, H., T. Ichii, M. Sakai, Y. Ishikawa, T. Toyoda, S. Masuda, N. Sugiura, K. Mahapatra and T. Awaji, 2015: “ Possible link between interannual variation of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) abundance in the North Pacific and the climate phase shift in 1998/1999” , Prog. Oceanogr. In press.

Lee, M.A., Y. Chang and T. Shimada, 2015: “ Seasonal evolution of fine-scale sea surface temperature fronts in the East China Sea” , Deep-Sea Research II, 119, 20-29

Pecl, G.T. and G.D. Jackson, 2008: “The potential impacts of climate change on inshore squid: biology, ecology and fisheries” , Rev. Fish Biol. Fish., 18, 373-385.

Polanco, J., U. Ganzedo, J. Sáenz, A.M. Caballero-Alfonso and J.J. Castro-Hernández, 2011: “Wavelet analysis of correlation among Canary Islands octopus captures per unit effort, sea-surface temperatures and the North Atlantic Oscillation” , Fish. Res., 107, 177-183

Robin, J.P. and V. Denis, (1999: “ Squid stock fluctuations and water temperature: temporal analysis of English Channel Loliginidae” , J. Appl. Ecol., 36, 101-110

Waluda, C.M., P.N. Trathan, and P.G. Rodhouse. (1999: “Influence of oceanographic variability on recruitment in the *Illex argentinus* (Cephalopoda Ommastrephidae) fishery in the south Atlantic” , Mar. Ecol. Prog. Ser. 183, 159 – 167

Waluda, C.M., P.G. Rodhouse, G.P. Podesta, P.N. Trathan, and G.J. Pierce. 2001: “ Surface oceanography of the inferred hatching grounds of *Illex argentinus* (Cephalopoda Ommastrephidae) and influences on recruitment variability” , Mar. Biol. 139, 671 – 679

Waluda, C.M., P.N. Trathan and P.G. Rodhouse, 2004: “Synchronicity in southern hemisphere squid stocks and the influence of the Southern Oscillation and Trans