

以泛線性模式進行臺灣西南海域正櫻蝦資源趨勢評估

戴靖萱¹ · 翁進興² · 黃建智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行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

摘要

正櫻蝦 (*Sergia lucens*) 為臺灣西南海域重要漁獲物種，生命週期短，其豐度容易受到環境變動的影響。本研究彙整分析 2005 - 2019 年臺灣西南海域 13 艘正櫻蝦漁業樣本船作業日誌資料，包含年份、月份、作業漁區、作業時間及漁獲量，以單位努力漁獲量 (catch per unit effort, CPUE) 為資源量指標，利用泛線性模式 (generalized linear model, GLM) 建立正櫻蝦 CPUE 變動模式，以探討正櫻蝦資源量變動與環境因子的關係，找出影響資源量波動之環境因子。為配合資料時間序列不同，因此本研究僅使用 2013 年 11 月至 2018 年 5 月的資料進行模式建立。結果顯示海表水溫以及高雄地區風速風向交感效應對於正櫻蝦 CPUE 具顯著影響 ($p < 0.001$)，模式解釋度為 12.5%。比較名目 CPUE 及模式估計 CPUE 趨勢，年別趨勢圖顯示 2013 - 2019 年模式估計 CPUE 與名目 CPUE 趨勢相同，皆呈現下降趨勢。本研究模式估計的 CPUE 趨勢可提供正櫻蝦漁業管理之參考。

關鍵詞：正櫻蝦、泛線性模式、環境因子

前言

正櫻蝦學名為 *Sergia lucens* (Hansen, 1922)，英文名稱為 sergestid shrimp，俗稱花殼、櫻花蝦，在分類學上屬於節肢動物門 (Arthropoda)，軟甲綱 (Malacostraca)，十足目 (Decapoda)，櫻蝦科 (Sergestidae)，櫻蝦屬 (*Sergia*)，體色呈現淡粉紅色。正櫻蝦為小型浮游動物之一，具成群習性。如以聲納探測海域時，海域中層有一聲波反射層，即為深海散射層 (deep scattering layer, DSL)，由磷蝦、櫻蝦、水母類等所聚集而成，亦為捕撈正櫻蝦時的依據 (陳等, 2006)。成蝦有明顯日夜垂直移動行為，傍晚上浮，清晨下沉，洄游深度依季節不同而有所差異，夏季為水深 60 - 250 m 間，而冬季為水深 40 - 200 m 之間，半夜時正櫻蝦群最為集中，DSL 厚度約為 30 m。正櫻蝦以十足目及磷蝦類為食，又為燈籠魚、白帶魚等之食物來源 (黃, 2000; 趙, 2006)。

根據 Omori (1969) 的研究，正櫻蝦棲息於水溫 11 - 25°C，鹽度 33.5 - 35.5 psu，溶氧量 4 ml/L 以上的水域，卵孵化後 10 - 12 個月成熟，生命週期約為 15 個月，產卵期約每年 6 - 10 月，產卵盛期為 7 - 8 月，雌蝦每次可產卵數約 1,700 - 2,500 顆 (黃, 2000)。1980 年之前，日本學者認為全世界之正櫻蝦僅分布於日本的駿河灣、相模灣及東京灣。1988 年日人大森信教授認定臺灣西南海域生產之正櫻蝦與日本同種。後來相繼在臺灣東部沿岸及臺灣東北部龜山島附近海域發現正櫻蝦的蹤跡 (李等, 1996)，其中又以東港及宜蘭龜山島海域為主要分布範圍，二地作業漁期分別為 11 月至隔年 5 月以及 2 - 7 月。

東港正櫻蝦漁場涵蓋範圍為臺灣西南自東港延伸至枋山附近海域，由北到南分成大坪 (22°23'N、120°14'E 為中心)、港口 (22°27'N、120°23'E 為中心)、孔角 (22°20'N、120°17'E 為中心)、大寮 (22°15'N、120°23'E 為中心) 及三崙尾 (22°17'N、120°33'E 為中心) 等五個區域，其中又以港口及三崙尾海域為主要漁場。正櫻蝦漁場形成要件為：(一) 200 m 等深線接近陸地；(二) 大量河川水注入；(三) 沿岸水域濁度高，透明度在 5.5 m 以下；(四) 海底底質係薄沙覆泥之底質 (陳

*通訊作者 / 202 基隆市中正區和一路 199 號, TEL: (02) 2462-2101 ext. 2303; Fax: (02) 2462-3110; E-mail: kychan@mail.tftrn.gov.tw

等, 2006)。謝 (2001) 指出東港正櫻蝦漁場附近有高屏峽谷及枋寮峽谷形成劇烈地形變化, 又有高屏溪、東港溪、林邊溪等河川水注入以及季風吹拂等因素形成複雜的水文結構, 因此成為正櫻蝦群聚的場所。根據陳與蘇 (1993) 調查發現, 臺灣西南海域漁場環境條件與日本正櫻蝦漁場極為相似, 唯一不同之處為日本駿河灣屬舟狀盆地, 而臺灣西南海域為開放性海域 (謝, 2001)。

1980 年代日本國內正櫻蝦因漁獲量不佳而價格居高不下, 使得許多正櫻蝦盤商尋找替代產品。東港正櫻蝦早期為小型蝦拖網的混獲物種, 多用於養殖漁業的下雜魚或生鮮餌料使用, 無專營的漁船作業, 直到 1982 年日本正櫻蝦商人來台以 320 - 350 元/kg 收購加工後之乾燥正櫻蝦, 東港才開始有專業性捕撈正櫻蝦之沿岸小型單拖網出現 (林, 2017)。當時保鮮、加工等處理方式十分粗糙, 資源沒有管理也沒有受到重視, 出口至日本的正櫻蝦被視為次級品。在行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心前身 - 高雄分所的輔導下, 於 1992 年成立正櫻蝦產銷班, 初期僅 18 艘漁船參加, 隨著產銷班組織架構及制度逐漸完善, 迄今已有 115 艘作業漁船加入, 同時為使資源永續利用, 作業漁船維持在 115 艘, 不再增加。

根據漁業統計年報顯示, 東港正櫻蝦產量從 2006 年開始填報, 產值及產量呈增加趨勢, 2013 年後呈現穩定趨勢, 宜蘭正櫻蝦產量從 2012 年開始填報, 2016 年達到最高峰, 之後略為下降。相較之下, 東港正櫻蝦的產量及產值皆較宜蘭海域高, 2018 年東港正櫻蝦產量為 984 mt, 產值為 3.2 億新台幣; 宜蘭正櫻蝦產量為 320 mt, 產值為 0.8 億新台幣。2018 年漁業統計年報顯示正櫻蝦產值占我國沿岸漁業總產值的 11%, 說明正櫻蝦漁業對於沿岸漁業的重要性, 且正櫻蝦為少數可以直接利用的浮游動物, 其生命週期短, 資源量容易受到環境變動的影響, 另一方面, 陳等 (2009) 利用剩餘生產量模式推算東港正櫻蝦最大可持續生產量 (maximum sustainable yields, MSY) 及相對應之漁獲努力量, 結果顯示臺灣西南海域正櫻蝦漁業已出現過漁現象。然而, 截至目前為止, 有關正櫻蝦之研究大多偏重於資源與產銷之管理及生物學探討, 至於漁海況與環境間之關係及漁場機制僅佔少數, 且鮮少利用模式分析漁獲量與環境之

間的變動關係以及漁獲量預測估計之研究。例如黃 (2000) 進行臺灣西南海域正櫻蝦生物學研究。曾 (2010) 利用臺灣西南海域正櫻蝦聲學特性估算現存量。李 (2013) 分析東港櫻花蝦產銷班組織模式與運作機制, 期望透過自主管理的方式來治理共有資源。林 (2009) 針對宜蘭櫻花蝦漁業, 以問卷調查與訪談診斷經營管理現況, 宜蘭經營櫻花蝦之業者有意願成立產銷班並訂定作業公約等。本研究結合交通部中央氣象局提供之氣象觀測資料及衛星遙測資料, 探討環境變動與漁獲量間的相關性, 以找出影響正櫻蝦資源量波動之環境因子, 並建立模式估計其資源變化趨勢, 相關結果可提供漁民及漁業管理之參考。

材料與方法

一、漁獲資料

本研究蒐集臺灣西南海域正櫻蝦作業漁船填報之作業日報表資料, 資料時間為 2005 年 11 月至 2019 年 5 月, 樣本船數為 13 艘, 資料蒐集項目包含作業漁船編號、噸位數、作業年份、月份、作業漁區、作業時間及正櫻蝦漁獲重量, 研究期間均以此 13 艘樣本船為漁獲資料來源。由於正櫻蝦漁期為每年 11 月至隔年 5 月, 因此本研究以出現較多月份的年份作為新定義的漁期年份名稱, 以 2005 年 11 月至 2006 年 5 月漁期為例, 新的年份代號為 2006 年。作業位置為方便漁民記錄, 本研究從東港至枋山附近海域劃分 13 個作業漁區, 漁民於漁獲報表填列作業漁區代號 (Fig. 1)。漁獲努力量以小時計算, 漁獲重量單位為公斤, 因研究期間並無樣本船之變動, 故以所記錄之漁獲重量除以累計之漁獲努力量為單位努力漁獲量 (catch per unit effort, CPUE), 不再針對漁船馬力及噸位數等努力量因子進行標準化。

二、環境資料

為了解環境對於正櫻蝦的影響, 蒐集的環境資料包含海表水溫 (sea surface temperature, SST)、葉綠素濃度 (chlorophyll-a, CHL)、海表鹽度 (sea surface salinity, SSS)、混合層深度 (mixed layer

depth, MLD)、水溫差、季風指標 (高雄風向風速交感效應及小琉球風向風速交感效應) 及河川流量。

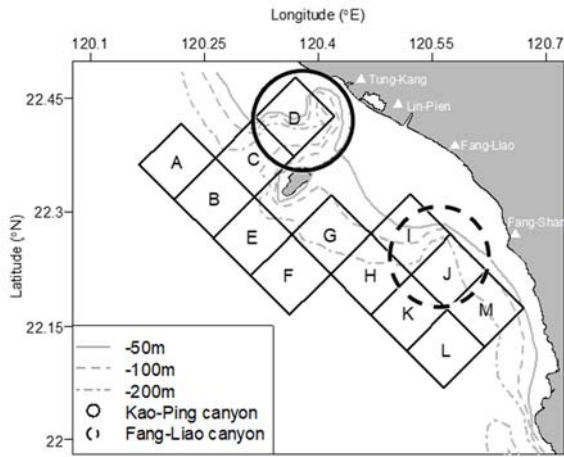


Fig. 1 Distributions of fishing areas for Taiwanese sergestid shrimp fishery in the coastal waters of southwestern Taiwan.

其中 SST、CHL、SSS、MLD 為衛星遙測資料，SST 取自美國國家海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) ERDDAP 資料庫 Aqua MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 感測器測得之月別 SST 資料，解析度為 $4\text{ km} \times 4\text{ km}$ 。CHL 亦取自 ERDDAP 資料庫 Aqua MODIS 測得之資料，解析度為 $4\text{ km} \times 4\text{ km}$ 。下載年份為 2005 年 1 月至 2019 年 7 月。SSS 與 MLD 取自夏威夷大學亞太數據中心 (Asia-Pacific Data Research Center, APDRC) (<http://apdrc.soest.hawaii.edu/>)，取得混合座標模式 (hybrid coordinate ocean model, HYCOM) 之海洋環境資料，解析度為 $1/12^\circ \times 1/12^\circ$ 之月別衛星資料，下載期間分別為 2008 年 6 月至 2018 年 10 月、2009 年 1 月至 2018 年 10 月。再依照作業漁區範圍彙整各漁區之水文資料。水溫差為各漁區中最高溫與最低溫之差值。

風向風速交感效應資料為風向風速相乘值，風向區分為 8 個方向，包括東北、東、東南、南、西南、西、西北及北，依序以 45、90、135、180、225、270、315、360 為值與風速相乘 (Fig. 2)，並以高雄及小琉球 2 個站點為代表，其中高雄風向風速交感效應為陸地風之指標，使用交通部中央氣象局之氣候資料年報-地面資料中高雄地區的高

雄氣象站資料，時間為 2005 年 1 月至 2019 年 5 月。小琉球風向風速交感效應則為海面風之指標，來源為中央氣象局小琉球海域浮標測得之實測資料，時間為 2005 年 1 月至 2019 年 7 月。在本研究中，在風速相近下，以東北風可以得到風向風速交感效應的最小值。

河川流量由中央氣象局提供之高屏地區 89 個氣象測站，根據流域範圍劃分成高屏溪、東港溪、林邊溪、四重溪 4 個流域，並將各流域範圍中測站降水量資料進行整併，時間為 2005 年 1 月至 2019 年 5 月。

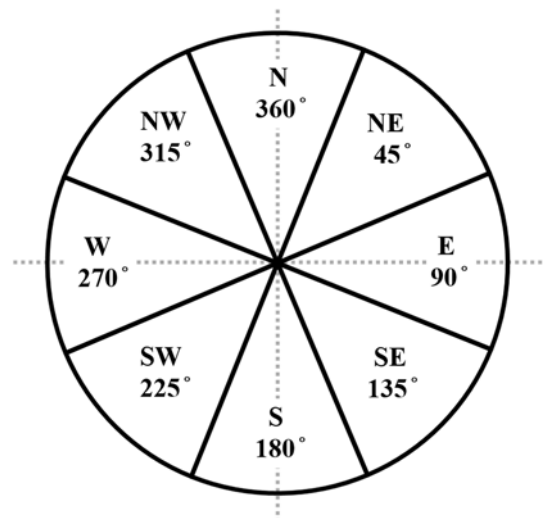


Fig. 2 The wind direction angle diagram.

三、模式建立

由於不同環境因子資料時序的不同，本研究在建立模式時採用之環境因子時序為 2013 年 11 月至 2018 年 5 月。以月別 CPUE 資料配合月別環境資料進行泛線性模式 (generalized linear model, GLM) 套適，模式公式如下：

$$\log(\text{CPUE}) = \text{intercept} + E_1 + E_2 + \dots + E_i + \varepsilon; \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

其中 $\log(\text{CPUE})$ 為月別時序列經對數轉換後之 CPUE 指標， E_i 為第 i 項環境因子月別資料， ε 為誤差項。利用 GLM 進行正櫻蝦 CPUE 模式建立時，使用逐步分析法 (stepwise) 進行環境變量篩選，篩選完後使用變異數膨脹因素 (variance inflation factors, VIF) 檢驗因子間共線性。以變異數分析 (ANOVA)、F 檢定 (F-test)、赤

池信息量準則 (Akaike information criterion, AIC)、殘差分布圖 (residual distribution) 及常態分布機率圖 (quantile-quantile plot, Q-Q plot) 檢驗模式套是程度, AIC 數值較低者表示模式較佳。比較 CPUE 及模式估計 CPUE 值的整體變動趨勢, 找尋最符合 CPUE 趨勢的最佳模式。

四、模式預測模擬

以 GLM 分析得到迴歸模式後, 為了解模式之預測能力, 以 2018 年 11 月至 2019 年 5 月的環境資料套合此模式, 預測 2019 年正櫻蝦漁獲 CPUE, 並與 2109 年實際 CPUE 進行比較, 以了解模式對 CPUE 變化趨勢之預測是否與觀測值吻合。本研究各項統計分析及檢定以 R 統計程式語言 3.1.3 版進行。

結 果

一、資源量趨勢

本研究蒐集彙整臺灣西南海域正櫻蝦漁業 2005 年 11 月至 2019 年 5 月 13 艘樣本船月別漁獲作業日誌資料, 漁期為 11 月至隔年 5 月, 以新定義的漁期年分取代以年別分隔的方式。年別漁獲量趨勢圖顯示 2014 年為漁獲量高峰, 其次為 2008 年, 漁獲量分別為 243.4、224.9 mt, 2009 年至 2012 年緩慢上升, 2012 年後迅速攀升, 於 2014 年達漁獲量最高峰, 之後呈現逐漸下降趨勢, 2019 年為歷年最低, 年漁獲量為 77.4 mt (Fig. 3)。年別努力量趨勢圖顯示 2007 年、2016 年為努力量高峰, 作業時間分別為 8,945.2、9,388.1 hr, 年別努力量於 2007 年達高峰後逐漸下降, 2009 年達歷年最低點, 作業時間為 2,827.6 hr, 2009 年後逐年上升至 2016 年達第二高峰, 之後逐漸下降 (Fig. 3)。年別 CPUE 趨勢圖顯示 2008 年及 2009 年為漁獲高峰, CPUE 分別為 0.06 及 0.05 mt/hr, 2010 年至 2012 年微幅波動後, 2014 年上升至 0.035 mt/hr, 之後呈現穩定下降趨勢 (Fig. 3)。月別 CPUE 盒鬚圖顯示 1、2 月漁獲狀況較佳, 4、5 月漁獲狀況相對較差 (Fig. 4)。

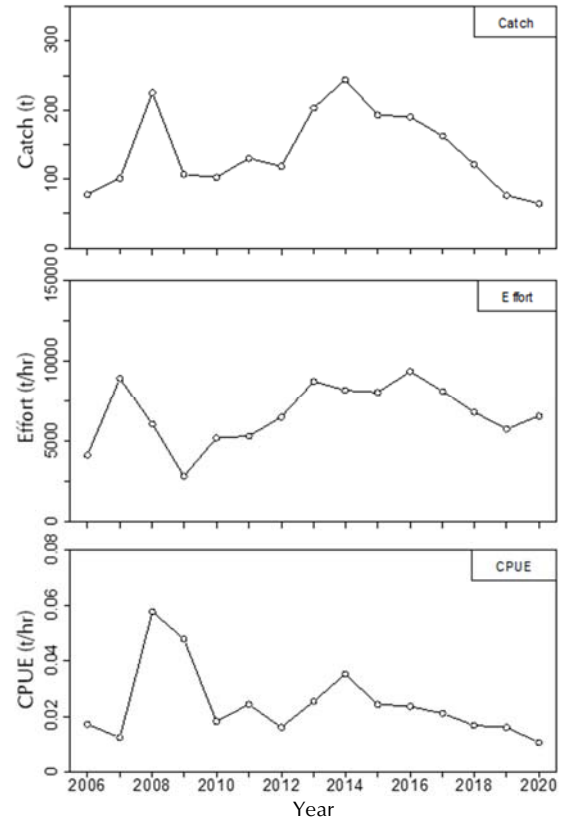


Fig. 3 Annual catches, fishing efforts, and CPUE values for 2006-2019 of 13 sergestid shrimp fishery sampling vessels that operated in the coastal waters of southwestern Taiwan.

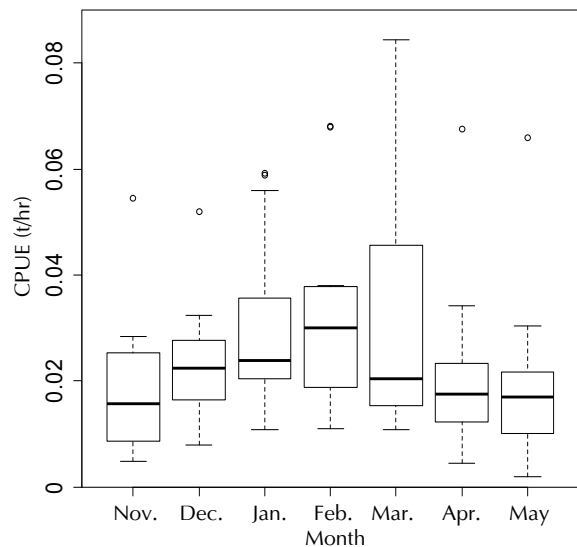


Fig. 4 The box plots for CPUE of sergestid shrimp in the coastal waters of southwestern Taiwan for 2006-2019.

二、模式建立

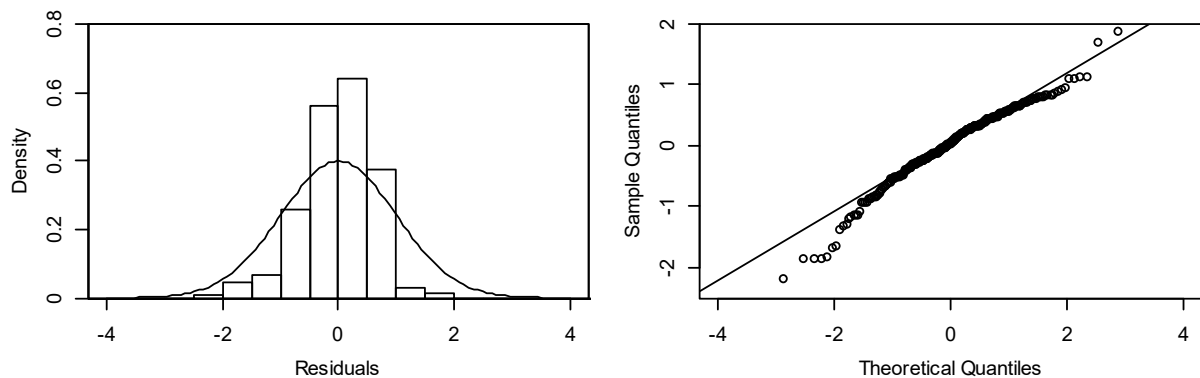
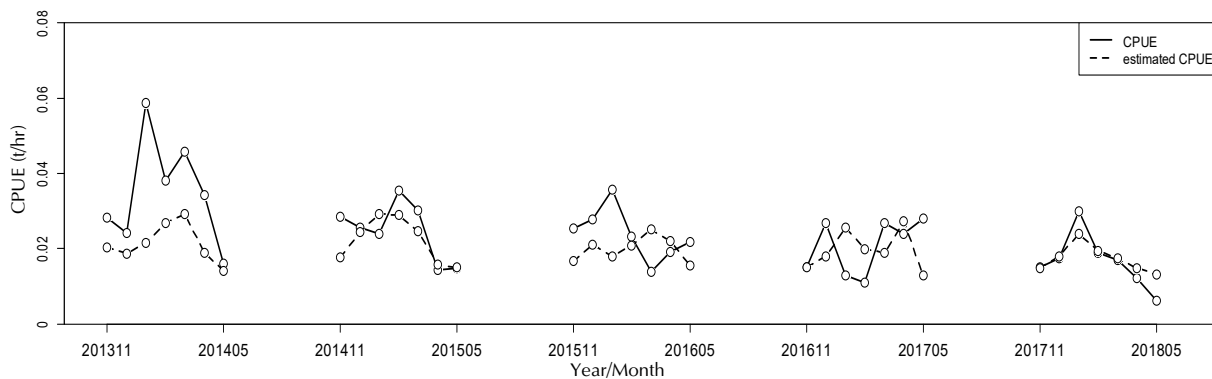
為配合資料時間序列不同, 因此本研究僅使

Table 1 Deviance table for GLM used to model CPUE trend of sergestid shrimp in the coastal waters of southwestern Taiwan

	Res. D.F.	Res. Dev.	D.F.	Dev.	F	Pr (>F)	AIC
NULL	262	116.30					535.75
+SST	261	106.79	1	9.51	24.30	<0.001	515.31
+Interaction of wind	260	101.75	1	5.04	12.88	<0.001	504.60

SST: Sea surface temperature

Interaction of wind: Interaction between wind speed and wind direction

**Fig. 5** Residual distributions and diagnostic plot for GLM used to model CPUE trend of sergestid shrimp in the coastal waters of southwestern Taiwan.**Fig. 6** Monthly nominal (solid line) and estimated (dashed line) CPUE values of sergestid shrimp in the coastal waters of southwestern Taiwan for 2013-2018.

用 2013 年 11 月至 2018 年 5 月的資料進行模式建立。使用逐步分析法 (stepwise) 及 AIC 數值進行 GLM 環境變量篩選，篩選結果以 SST 及高雄風向風速交感效應為模式因子。共線性分析說明兩者不存在共線性 (VIF 檢驗結果皆小於 10)。最終模式如下：

$$\log(\text{CPUE}) \sim 8.9493936 - 0.1949001 \times \text{海表水溫} - 0.0013297 \times \text{高雄風向風速交感效應}$$

根據殘差分布圖及 Q-Q plot，顯示此模式符合常態分布 (Fig. 5)。ANOVA 及 AIC 值檢視各變量

顯著程度，結果顯示 SST 及高雄風向風速交感效應對於 CPUE 具顯著影響 ($p < 0.001$)，模式解釋度為 12.5%，SST 及高雄風向風速交感效應在模式中解釋度分別為 8% 及 5% (Table 1)。

比較 2014 - 2018 年 CPUE 及模式估計 CPUE 趨勢，就 2014 - 2018 年月別趨勢來看，模式估計 CPUE 趨勢高峰與 CPUE 趨勢一致，其中 2018 年，完全符合 CPUE 變動趨勢 (Fig. 6)。就年別來看，模式估計 CPUE 與 CPUE 趨勢相同，皆呈現下降趨勢 (Fig. 7)。

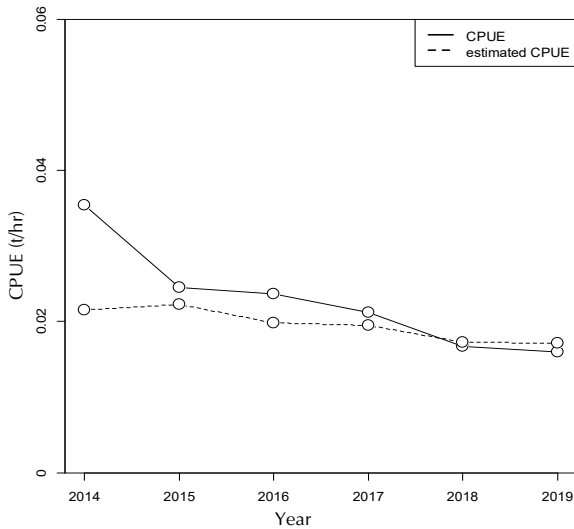


Fig. 7 Annual CPUE (solid line) and estimated CPUE (dashed line) values of sergestid shrimp in the coastal waters of southwestern Taiwan for 2013-2018 and comparison of annual CPUE (solid line) and estimated annual CPUE (dashed line) values of 2019.

三、趨勢預測

帶入 SST 及高雄風向風速交感效應之環境資料，估計 2019 年正櫻蝦漁業 CPUE，年別趨勢圖結果顯示估計之 CPUE 與實際 CPUE 相近 (Fig. 7)。然模式之月別估計 CPUE 與實際 CPUE 差距較大，模式估計之月別 CPUE 趨勢呈現平緩走向，而實際之月別 CPUE 呈現單峰走向，以 2019 年 2 月為高峰 (Fig. 8)。

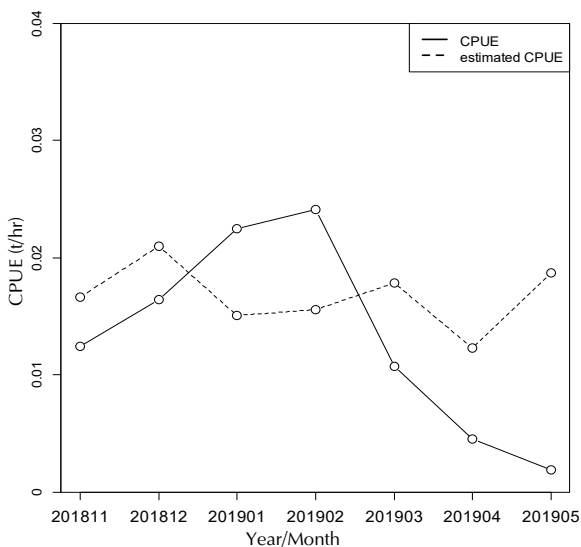


Fig. 8 Monthly CPUE (solid line) and estimated monthly CPUE (dashed line) values of sergestid shrimp in the coastal waters of southwestern Taiwan for 2019.

討 論

本研究彙整分析 2005 - 2019 年臺灣西南海域正櫻蝦漁業 13 艘樣本船作業日誌資料與海洋環境資料，探討海洋環境變化與東港正櫻蝦資源量指標 (CPUE) 間的變動關係，找出影響資源量波動之環境因子。利用 GLM 所建立之正櫻蝦 CPUE 變動模式顯示 SST 以及高雄地區風速風向交感效應對於正櫻蝦漁業 CPUE 具顯著影響，模式解釋度為 12.5%。比較實際 CPUE 及模式估計 CPUE 趨勢，顯示 2013 - 2018 年模式估計 CPUE 與實際 CPUE 趨勢相同，皆呈現下降趨勢。以模式預測之 2019 年正櫻蝦漁業 CPUE 則與實際 CPUE 相近。

一、資源量趨勢

本研究中樣本船漁獲量年別趨勢顯示 2014 年為漁獲量高峰，其次為 2008 年。2009 年至 2012 年緩慢上升，2012 年後迅速攀升，於 2014 年達漁獲量最高峰，之後呈現逐漸下降趨勢，2019 年為歷年最低。行政院農業委員會水產試驗所建議之東港正櫻蝦 MSY 為 1,000 mt (翁等, 2012)，而洪 (2008) 針對東港正櫻蝦漁業進行之資源評估，結果顯示建議之 MSY 為 748 mt，最大經濟生產量 (maximum economic yield, MEY) 為 583 mt，總許可捕獲量 (total allowable catch, TAC) 為 711 mt 以及最適船數為 93 艘。過去幾年漁獲總量皆超過研究單位估計之 MSY，直到近兩年漁獲總量才接近 MSY。目前臺灣西南海域正櫻蝦漁獲量由產銷班自主管理，除每船每日漁獲量 180 kg 的管制條件，為了正櫻蝦漁業的永續，產銷班也會依照漁獲狀況進行策略性的禁漁，如遇漁獲體型過小或是雌性比例過高時，執行 1 至 2 個星期的禁漁，開放後持續觀察，若漁獲狀況沒有改善，則會再次禁漁。雖然如此，東港正櫻蝦的產量仍呈現下降趨勢，顯示對東港正櫻蝦這類短生命週期的漁業物種，以 MSY 或總量管制為主之漁業管理措施可能無法對資源進行有效管理。在其他類似的短生命週期的漁業物種，例如頭足類，近來的研究顯示，利用經驗模式，整合環境因子對其生活史周期的影響，將可更有效進行短生命週期漁業資源的資源評估 (Pierce and Boyle, 2003)。

二、環境因子選擇

過去在東港正櫻蝦研究中，河川流量資料來源多為經濟部水利署出版之河川流量年報 (謝, 2001; 邱, 2004; 陳, 2008)，本研究原先在高屏溪、東港溪、林邊溪、四重溪選定各河川最靠近出海口水利署流量測站作為各河川流量資料來源，然而河川流量資料測站並非每年皆有資料產出，且在提供上有一年之落差，不利於資源模式之預測使用。為減少資料的缺失及中途更換不同測站所造成誤差，因此本研究改以使用中央氣象局提供之陸上測站降水量資料，以河川流域範圍作為劃分標準，彙整流域範圍內的測站降水量資料，以此作為流量資料。前人研究提到臺灣西南海域正櫻蝦主要漁場之一的港口海域，由於春季河川水與西南季風帶來高溫高鹽的南海海水混合形成潮境，帶來豐富的營養鹽，浮游動植物大量增生，為該海域形成漁場的原因 (Lee *et al.*, 2004)。而與正櫻蝦同一海域的赤尾星蝦 (*Acetes intermedius*) 研究顯示高屏溪及東港溪水擴散至高屏峽谷，帶來豐富的營養鹽，使得蝦群朝峽谷附近海域聚集 (Chiou *et al.*, 2000)，都說明陸源水對正櫻蝦資源的影響。然而本研究結果顯示河川流量與 CPUE 變動沒有顯著相關，會有這樣的差異，或許是因為陸源水與海水混合所形成的潮境，主要作用在影響正櫻蝦資源的空間分布，特別是漁場的形成，而非作用在其絕對資源量上。另一方面，海水溫度變化對正櫻蝦生活史有所影響，可能直接影響其資源量。

水溫是影響正櫻蝦繁殖行為最重要的因素，Bishop *et al.* (1989) 指出正櫻蝦的產卵活動明顯受溫度影響，溫暖的水溫會抑制正櫻蝦的產卵，使正櫻蝦的產卵高峰由 2 次降為 1 次，直接影響了資源量。而在馬來西亞麻六甲沿岸水域瑩蝦屬蝦類 *Acetes indicus* 的生殖生物學研究結果卻顯示生殖腺指數 GSI 與水溫、溶氧量沒有顯著相關 (Amin *et al.*, 2009)。本研究發現東港正櫻蝦 CPUE 與 SST 有負相關，顯示在目前氣候變遷造成海水溫度上升環境下，對東港正櫻蝦的資源產生負面的影響。水溫亦反映了大尺度海洋結構變化，前人研究顯示臺灣西南海域 SST 較低時正櫻蝦 CPUE 較高，而反聖嬰現象發生時，赤道東風增強導致暖池向西偏移，抑制臺灣西南海域湧升強

度，造成漁獲較差 (謝, 2001)，說明正櫻蝦漁場受到湧升流的影響。

湧升流出現會影響正櫻蝦資源量，過去研究顯示，臺灣西南海域正櫻蝦主要漁場之一的三崙尾海域，冬季時受到強烈的離岸風影響導致湧升流出現，帶來豐富的營養鹽，浮游動植物大量增生，增加正櫻蝦的漁獲 (Lee *et al.*, 2004)。邱 (2004) 針對同一海域海赤尾星蝦時空分布進行研究，結果顯示影響漁獲量及蝦群密度的主要因子為降水量與風速。本研究顯示東港正櫻蝦 CPUE 與陸地風指標 (高雄風向風速交感效應) 有負相關。風向風速交感效應的數值為風向與風速的相乘，在本研究中，在風速相近下，越小的風向風速交感效應值，反映出來自東北方的離岸風出現，而有較高的 CPUE。此一湧升流強弱與甲殼類漁業資源的相關性，在其他研究亦有出現。例如巴西馬卡埃沿岸毛蝦屬蝦類 *Acetes americanus* 豐度受到沿岸湧升流影響，湧升流的出現帶來高基礎生產力及低水溫，食物充足及低水溫的環境，除了造成蝦群豐度上升外，體型及壽命也增加 (Santos *et al.*, 2015)。另一方面，Omori (1969) 的研究說明正櫻蝦棲息環境溶氧量需在 4 mL/L 以上，高 (2016) 的研究顯示溶氧量為影響宜蘭灣正櫻蝦分佈的因素之一。因此，東港正櫻蝦主要漁場的強烈風速，也可能作用在造成波浪並帶動水流，進而增加水中溶氧，提供有利其生活的環境。

海表鹽度在本研究對櫻蝦資源量的影響並不顯著，但鹽度也是影響甲殼類分布的環境因子之一，巴西烏巴圖巴海灣費氏瑩蝦 (*Lucifer faxoni*) 的族群與降雨量相關，降雨強度直接影響 SSS，造成蝦群下潛至更深的水域 (Teodoro *et al.*, 2012)。巴西聖保羅東北部沿岸對於對蝦科蝦類物種 *Litopenaeus schmitti* 進行時空分布研究，蝦群豐度與有機物含量、水溫及鹽度呈現正相關 (Bochini *et al.*, 2014)。南大西洋亞熱帶地區瑩蝦屬蝦類 *Lucifer typus* 豐度與鹽度相關，此現象發生在中洋脊西部，鹽度越高其豐度越高 (Marafon-Almeida *et al.*, 2016)。

三、經驗模式

本研究使用 GLM 探討環境對於臺灣西南海

域正櫻蝦 CPUE 趨勢變動的影響，模式選擇後將 SST 以及高雄風向風速交互效應納入，模式解釋度為 12.5%，就模式使用來說，仍有改善空間。本研究僅考慮 SST、CHL、SSS、MLD、水溫差、季風指標及河川流量等環境因子，而在甲殼類資源評估相關研究中，尚有許多環境因子被用來進行資源評估。高 (2016) 利用廣義累加模式 (generalized additive model, GAM) 探討影響臺灣宜蘭灣海域散射層中不同深度、不同體型蝦類豐度之環境因子，結果顯示日間、夜間大體型及小體型的蝦類豐度皆與空間因子 (深度)、環境因子 (水溫、鹽度、溶氧量、葉綠素濃度、光照) 有顯著相關，其中大體型蝦類方面，溫度對於日間影響較大，夜間為溶氧量，而小體型蝦類方面，日間受到溫度與鹽度的影響較大，夜間以溫度、鹽度、葉綠素濃度及光照具顯著影響。

光照會影響浮游動物夜間上浮的深度，間接影響漁獲狀況，棲息於與正櫻蝦同一海域的赤尾星蝦研究指出，其夜間垂直洄游深淺與月相週期有相關，赤尾星蝦為確保攝食的安全性以及躲避敵害，才會有夜間垂直洄游的行為 (Chiou *et al.*, 2003, 2005)。陳 (2008) 使用 GLM 探討月相、高屏溪流量及漁獲努力量對臺灣西南海域正櫻蝦單位努力漁獲量之影響，結果顯示三者皆對正櫻蝦 CPUE 具顯著影響，個別檢定月相結果顯示，滿月前後漁獲較佳，而新月和上弦期間則漁獲較差，推測與滿月期間的光照或水文條件有關。夏威夷近岸的研究也說明月相週期對散射層的垂直移動、垂直移動深度及密度有強烈的影響，其中在滿月期間散射層厚度較新月期間單薄許多，但是浮游動物密度也相對較高，而隨著光照的增加，浮游動物會避免遷移至表層水域，傾向於集中在中層水域 (Benoit-Bird *et al.*, 2009)。北極地區的研究顯示浮游動物的垂直遷移行為受月球照明所致，而一個月之中有某幾天會垂直遷移至更深的水層，此行為與滿月的週期一致，可能的原因為躲避利用月光進行捕食的視覺性掠食者 (Last *et al.*, 2016)。

垂直方向的資源分布深度，可能也是影響資源量變動的因子。趙 (2006) 分析龜山島海域正櫻蝦漁業漁獲組成及生物學研究，指出正櫻蝦及日本玻璃蝦 (*Pasiphaea japonica*) 為主要優勢種，檢定結果顯示在龜山島海域 DSL 所屬的上、

中、下三層之間漁獲組成具顯著差異，推測正櫻蝦適合捕撈之水層為 DSL 中層，而 DSL 下層較不適合捕撈正櫻蝦。其它甲殼類，例如愛琴海東南方海域長額蝦科蝦類 *Plesionika narval* 時空分布研究，使用 GAM 估計 CPUE 的時空變動結果顯示，就時間來看，各個採樣地點，較高的 CPUE 出現在夏季，CPUE 最低值出現在冬季；就空間來看，CPUE 變動與深度有關，在深度大於 70 m 深時出現高 CPUE (Kalogirou *et al.*, 2017)。

雖然月相週期對正櫻蝦漁獲量有影響，但由於日別環境資料缺失甚多，故本研究之分析以月別為單位整合所收集之漁獲資料，因此無法將月相及漁獲水深納為環境因子分析。另一方面，本研究側重於對臺灣西南海域正櫻蝦 CPUE 趨勢變動的預測，因此選用環境因子時，以現階段可以有預測或衛星遙測資料的因子為主要選擇對象，以期可代入所建立之模式進行資源趨勢預測，而因子的選擇為經驗模式預測效果最重要的影響因素之一，再加上現有漁獲資料所收集的參數有限，影響本研究所建立模式之環境因子採用，致使解釋度偏低。另一方面，本研究目前只針對平行的空間分布漁獲量進行研究，由於正櫻蝦具日周垂直移動行為，後續研究可朝垂直方向的分布進行研究。

結 論

近年來，東港正櫻蝦產量呈下降趨勢，由於現階段之東港正櫻蝦漁業由產銷班自主管理，在漁獲量達到既定每船每日漁獲量為 180 公斤時，產銷班即停止作業，多餘的漁獲亦需海拋，因此，由漁獲資料所換算的資源指標會有一天天花板效應，亦即資源指標無法完全反映真實的資源量，而使經驗模式無法完全解釋資源趨勢的變化，降低模式解釋度。另一方面，漁獲量下降不全代表資源量也下降，除可能是海洋環境的改變造成蝦群分布的改變，降低漁民的作業效率外，產銷班因應漁獲體型過小而進行的自主性休漁，導致作業天數的減少，亦可能是漁獲量下降的原因之一。由於本研究沒有進行生物學方面的研究，無法探究近年來正櫻蝦漁獲體型的變化，亦無相關晚近的調查數據可用以推測。由於上述因素都會造成資源評估的失準，因此未來若需持續監測正

櫻蝦資源量的變化及環境因子對於其資源量的影響，建議可朝下列二個方向努力：(一) 使用試驗船於正櫻蝦漁期開始前，進行年度常規性正櫻蝦漁獲與生物資料的科學研究，建立非漁業依賴的科學性數據作為資源指標；(二) 建立在正櫻蝦蝦分佈海域的長時間環境因子監測站，直接收取作業海域海洋環境，例如海域風向風速、海面降雨量、葉綠素濃度等因子，才能夠真正貼近其資源變化趨勢與原因，更能精確探討其資源量的改變，並尋求因應對策。

謝 辭

本研究由行政院農業委員會水產試驗所與行政院交通部中央氣象局合作執行，經費由中央氣象局支持，並提供各項海洋環境因子之實測與預測資料，在此致謝。另感謝審查委員提供許多精闢的意見，使本篇報告更加完善。水產試驗所海洋漁業組同仁提供論文分析與討論之意見，特此表示謝意。

參考文獻

- 李定安, 吳世宏, 廖一久, 游祥平 (1996) 臺灣沿海三種經濟櫻蝦類之研究. 水產研究, 4 (1): 1-19.
- 李懿潔 (2013) 共有資源的民主治理：以東港櫻花蝦產銷班為例. 國立中山大學社會學系 碩士論文, 87 pp.
- 林倍增 (2009) 宜蘭櫻花蝦漁業經營管理之研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 碩士論文, 94 pp.
- 林緣珠 (2017) 海洋生態標章之推動認證與實踐：以臺灣櫻花蝦漁業為例. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 碩士論文, 73 pp.
- 邱萬敦 (2004) 臺灣西南沿海赤尾星蝦 *Acetes intermedius* 的時空分佈之研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 博士論文, 154 pp.
- 洪承駿 (2008) 東港正櫻蝦漁業設定TAC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, 81pp.
- 高似嘉 (2016) 宜蘭灣海域蝦類之聲探特性及其日週垂直洄游行為與環境因子關係之研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 博士論文, 157 pp.
- 翁進興, 黃建智, 陳秋月, 賴繼昌, 葉信明, 吳春基, 吳龍靜 (2012) 台灣西南海域櫻花蝦漁業生態系研究. 行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心研究計畫, 101農科-11.2.2-水-A1 (3).
- 陳守仁, 蘇偉成 (1993) 台灣西南海域櫻蝦漁業漁獲性能之研究. 水產研究, 1 (1): 10-18.
- 陳守仁, 高羿惠, 黃建智, 吳龍靜 (2006) 台灣正櫻蝦漁業. 海洋高雄期刊, 8: 34-39.
- 陳淑珍 (2008) 臺灣西南近岸海域生態因子與浮游生物現存量之探討. 國立中山大學海洋生物研究所 碩士論文, 124 pp.
- 陳守仁, 方新疇, 黃建智, 吳春基, 吳龍靜, 蘇偉成, 何權滋 (2009) 臺灣西南海域正櫻蝦漁業之剩餘生產量模式探討. 水產研究, 17 (2): 15-23.
- 曾育川 (2010) 臺灣西南海域正櫻蝦聲學特性之研究. 國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理研究所 碩士論文, 84 pp.
- 黃建毅 (2000) 臺灣西南沿海正櫻蝦 (*Sergia lunces*) 之漁業生物學研究. 國立中山大學海洋生物研究所 碩士論文, 60 pp.
- 趙士龍 (2006) 臺灣龜山島海域櫻蝦漁業之漁獲組成及正櫻蝦生物學研究. 國立臺灣海洋大學水產養殖學系 碩士論文, 97 pp.
- 謝勝雄 (2001) 臺灣西南海域正櫻蝦漁場形成機制之初步研究. 國立臺灣海洋大學漁業科學學系 碩士論文, 81 pp..
- Amin, S. M. N., A. Arshad, J. S. Bujang, S. S. Siraj and S. Goddard (2009) Reproductive biology of the sergestid shrimp *Acetes indicus* (Decapoda: Sergestidae) in coastal waters of Malacca, Peninsular Malaysia. Zool. Stud., 48 (6): 753-760.
- Benoit-Bird, K. J., W. W. L. Au and D. W. Wisdom (2009) Nocturnal light and lunar cycle effects on diel migration of micronekton. Limnol. Oceanogr., 54 (5): 1789-1800.
- Bishop, G. H., M. Omori and F. Muranaka (1989) Temporal and spatial variations in the spawning activity of the micronektonic shrimp, *Sergia lucens* (Hansen) in Suruga Bay, Japan. J. Oceanogr. Soc. Jpn., 45 (4): 243-250.
- Bochini, G. L., A. Fransozo, A. L. Castilho, G. L. Hirose and R. C. Costa (2014) Temporal and spatial distribution of the commercial shrimp *Litopenaeus schmitti* (Dendrobranchiata: Penaeidae) in the south-eastern Brazilian coast. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 94 (5): 1001-1008.
- Chiou, W.D., C. C. Wu and L. Z. Cheng (2000) Spatio-temporal distribution of sergestid shrimp *Acetes intermedius* in the coastal waters of Southwestern Taiwan. Fish. Sci., 66 (6): 1014-1025.
- Chiou, W. D., L. Z. Cheng and C. T. Chen (2003) Effects of lunar phase and habitat depth on vertical migration patterns of the sergestid shrimp *Acetes intermedius*. Fish. Sci., 69 (2): 277-287.

- Chiou, W.D., J. J. Hwang, L. Z. Cheng and C. T. Chen (2005) Food and feeding habit of Taiwan mauxia shrimp *Acetes intermedius* in the coastal waters of Southwestern Taiwan. *Fish. Sci.*, 71 (2): 361-366.
- Kalogirou, S., A. Anastasopoulou, K. Kapis, C. D. Maravelias, M. Margaritis, C. Smith and L. Pihl (2017) Spatial and temporal distribution of narwal shrimp *Plesionika narval* (Decapoda, Pandalidae) in the Aegean Sea (eastern Mediterranean Sea). *Reg. Stud. Mar. Sci.*, 16: 240-248.
- Last, K. S., L. Hobbs, J. Berge, A. S. Brierley and F. Cottier (2016) Moonlight drives ocean-scale mass vertical migration of zooplankton during the Arctic winter. *Curr. Biol.*, 26 (2): 244-251.
- Lee, K.T., C. H. Liao, W. C. Su, S. H. Hsieh and H. J. Lu (2004) The fishing ground formation of sergestid shrimp (*Sergia lucens*) in the coastal waters of Southwestern Taiwan. *J. Mar. Sci. Technol.*, 12 (4): 265-272.
- Marafon-Almeida, A., J. B. Pereira and L. F. L. Fernandes (2016) Distribution of the species of *Lucifer* Thompson, 1829 in the subtropical South Atlantic between parallels 20° and 30°S. *Braz. J. Oceanogr.*, 64 (3): 217-226.
- Omori, M. (1969) The biology of a sergestid shrimp *Sergestes lucens* Hansen. *Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo*, 4: 1-83.
- Pierce, G. J. and P. R. Boyle (2003) Empirical modeling of interannual trends in abundance of squid (*Loligo forbesi*) in Scottish waters. *Fish. Res.*, 59: 305-326.
- Santos, A. P. F., S. M. Simões, G. L. Bochini, C. H. Costa and R. C. Costa (2015) Population parameters and the relationships between environmental factors and abundance of the *Acetes americanus* shrimp (Dendrobranchiata: Sergestidae) near a coastal upwelling region of Brazil. *Braz. J. Oceanogr.*, 63 (3): 229-238.
- Teodoro, S. S. A., M. L. Negreiros-Fransozo, S. M. Simões, M. Lopes and R. C. Costa (2012) Population ecology of the planktonic shrimp *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915 (Crustacea, Sergestoidea, Luciferidae) of the southeastern coast of Brazil. *Braz. J. Oceanogr.*, 60 (2): 245-253.

Resource Trend Assessment of Sergestid Shrimp (*Sergia lucens*) in Southwestern Waters off Taiwan by Generalized Linear Model

Ching-Hsuan Tai¹, Jign-Shing Weng², Jian-Zhi Huang² and Ke-Yang Chang^{1*}

¹Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

²Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The sergestid shrimp (*Sergia lucens*) is an important fishery species in the southwestern waters off Taiwan. It has a short life cycle and its abundance is easily affected by environmental changes. This study aggregated and analyzed the logbook data, including the year, month, fishing area, operating hour, and catch data, of 13 sergestid shrimp fishery sampling vessels that operated in the southwestern waters off Taiwan from 2005 to 2019. The catch per unit effort (CPUE) was used as the resource index. A generalized linear model (GLM) was used to establish a CPUE variation model of the sergestid shrimp in order to explore the relationship between the changes in resources and environmental factors, and to identify the environmental factors that caused fluctuations in the resources. In order to cope with the different time series of data, this study only used data from November 2013 through May 2018 for the model establishment. The results showed that the sympathetic effects of sea surface temperatures in fishing areas and wind speed and direction in the Kaohsiung area have a significant impact on the CPUE of sergestid shrimp. The model interpretation rate was 12.5%. Comparing the CPUE and model estimates of CPUE trends, a year-by-year trend chart showed that the trends of the model CPUE and CPUE from 2013 to 2019 were the same, with both showing a downward trend. The CPUE trend estimated by this research model can serve as a reference for the management of sergestid shrimp fisheries.

Key words: *Sergia lucens*, generalized linear model, environmental factors

*Correspondence: 199 Hou-lh Road, Keelung 20246, Taiwan. TEL: (02)2462-2101 ext.2303; Fax: (02)2463-3110; E-mail: kychang@mail.tfrin.gov.tw