

臺灣西南海域水文環境變動對大棘大眼鯛漁況之影響

賴繼昌^{1,2}·黃星翰¹·何珈欣^{1*}·黃建智¹·吳龍靜¹

¹行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

²國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

摘要

本研究以西南海域底拖漁獲中重要的經濟性魚種—大眼鯛為對象，探討 1997 ~ 2013 年共 17 年間，棲地水文環境變動對大眼鯛漁況之影響。根據採樣結果，臺灣西南海域漁場以大棘大眼鯛 (*Priacanthus macracanthus*) 為最主要的漁獲種類之一，漁場主要分布於深度 50 ~ 300 m 之間，以深度 100 ~ 200 m 處的單位努力漁獲量 (catch per unit effort, CPUE) 較高。由長期資料可知，大棘大眼鯛漁期以 4 ~ 5 月及 10 ~ 12 月為主，但 2010 年起之 3 年間，漁期轉變為 10 ~ 12 月；由漁場分布可發現，大棘大眼鯛較為偏向更深、更離岸的區域。利用典型相關分析 (CCA) 納入生物及環境因子探討結果，大棘大眼鯛 CPUE 與南方震盪指數 (SOI) 及下雜魚資源呈現正相關，而與太平洋十年振盪指數 (PDO) 及水下 100 m 鹽度呈現負相關，顯示該水產資源漁況有受反聖嬰現象影響而上升之趨勢。本研究結果有利於未來在水文環境因子變動的影響下，對於大眼鯛資源漁況的掌握，並可據以預測其變動，作為擬定因應策略之重要參考依據。

關鍵詞：氣候變遷、水文環境、底拖網、大棘大眼鯛

前言

水產資源與海洋水文環境因子間的變動關係，是水產資源研究者熱衷探討的議題，雖然海洋資源具有再生之特性，然而一旦遭受到長期水文環境的影響，可能會造成整個生物資源狀態的改變，甚至永遠無法恢復 (Cushing, 1982; Glantz, 1992)。Kawasaki (1995, 1999, 2013) 提出魚類社會的「結構轉變」(regime shift) 現象，便是以太平洋各海域產量豐富的沙丁魚與秘魯鯷魚、南非的鮪魚資源為例，探討在不同年代間魚類資源有彼此消長的情形，而造成此現象的因素正是年際間的水文環境改變，造成水域環境內生態系統的基礎生產力及浮游動物之改變，在這些餌料生物 (如浮游動物) 豐度及分布改變下，進而造成鯷與鮪類資源的消長。地理條件亦為影響水文環境的因子

之一，臺灣西南海域北由臺灣海峽北部連接東海，東南方經由巴士海峽接太平洋，西南方則與南海為鄰，水文環境受大陸沿岸流、黑潮支流及南海海流在陸棚區交互作用之影響，導致海流流況有明顯的季節性變化 (Shaw, 1989)。此外，由於臺灣西南地區乾濕季明顯，降雨量的多寡在不同季節亦對西南海域的水文狀況有所影響，進而影響海域營養鹽的分布狀況及水產資源的分布 (郭, 2012)。

與其他中高緯度區域相較，氣候變遷對於臺灣海洋所造成的影響，如漁業資源、生物多樣性與棲地的變動等等，累積較少參考資料。過去我國的研究在以單一漁業或魚種的漁獲資源 (如：各漁法間魚種、漁期、漁場及漁獲量) 的時空變動上，分析氣候變遷所造成之影響，包括資源量、洄游路徑及分布界線 (童等, 2003; 呂, 2005) 已有相當成果。在沿近海漁業方面的研究包括有：烏魚、魷鱧、鯖鱈、鎖管、櫻花蝦、鰻線等的漁場遷移、魚種交替與來游量變動方面之研究報告 (陳, 1980; 孫, 1988; 李等, 1999; 陳, 1999; 葉, 2002; 李, 2007;

*通訊作者/高雄市前鎮區漁港北三路 6 號, TEL: (07) 821-8103; FAX: (07) 821-8205; E-mail: saxgirl42@gmail.com

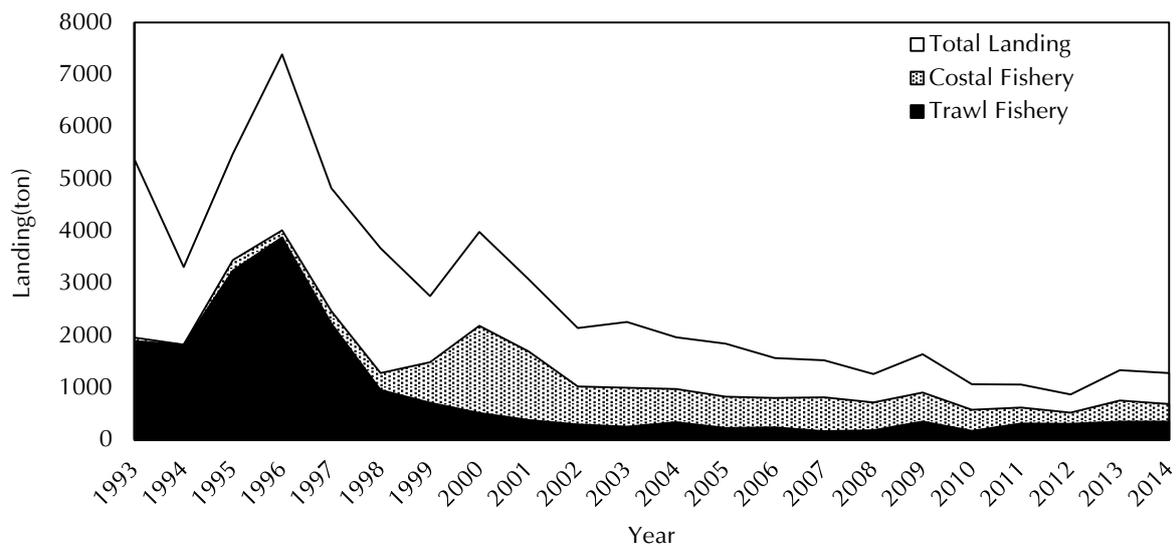


Fig. 1 The yearly landings of red bigeye off Taiwan (1993 ~ 2014).

李等, 2010; 熊, 2012; Lan *et al.*, 2014)。但對於底拖網漁業及重要經濟性底棲魚種所造成的影響則鮮少有相關的研究報告，這並不表示在氣候變遷的影響下，底棲性漁業資源便能置身事外。根據以下過去研究指出，氣候變遷仍會造成底棲性魚種成長率、生殖行為及棲地的改變。Mendelsohn *et al.* (2003) 觀察 1950 ~ 1993 洋流溫度變化指出，壽命長的底棲性魚種會受洋流溫度上升而使其成長率上升；而挪威鱈魚 (Arcto-Norwegian cod) 的產卵位置有隨氣候變遷影響而遷移的跡象，在暖期時，其產卵場會向北遷移，而在冷期時，其產卵場則向南遷移 (Sundby and Nakken, 2008)；Beamish *et al.* (1997) 指出，全球暖化即使引起海水溫度 1 ~ 2 度的增加，將對太平洋鱈魚 (Pacific cod) 的產卵成功率造成不利的影響，甚至可能消滅這種具商業價值的魚種；而 Dulvy *et al.* (2008) 發現在氣候變遷的影響下，北海底棲性魚種 25 年間 (由 1980 ~ 2004 年) 的平均棲息深度向深處遷移約 3.6 m。

本研究希望利用臺灣西南海域水文監測資料，並以沿岸常見的重要經濟性魚種 - 大眼鯛為例，探討該魚類資源漁況與長期水文環境變動關係。根據臺灣魚類資料庫 (邵, 2013) 指出，該魚種具高經濟價值，全年皆可捕獲，漁法為底拖網、延繩釣及手釣，主要分布於各沿海海域 20 ~ 400 m 深。大眼鯛於西南海域屬於底拖漁獲中主要且穩定之魚種，其漁獲價格依體型大小、漁期狀況及新

鮮程度約每公斤 250 ~ 500 元間，肉質細嫩，雖魚鱗小而密難以處理，但料理後可連皮一併剝離，為市場中常見且受歡迎的水產食品，無論在高檔的漁產鮮貨餐廳或是自家餐桌料理，皆常見其蹤跡。然而依據漁業署 (2015) 臺灣漁業年報長期 (1993 ~ 2014 年) 漁獲統計資料顯示 (Fig. 1)，該魚種之年度總漁獲量卻由 90 年代中期之 5,000 噸左右持續下降，迄今總漁獲量約 1,000 餘噸，可見其資源量已發生明顯變動。由於近年來漁船大型化，加上漁撈技術與漁航儀器的明顯進步，造成魚類資源在漁業效能大幅提升後勢必面臨過度捕撈的問題，雖然長期來看，整體漁業資源呈現明顯下滑趨勢，然而各年間魚種來游量之變動是否受所處棲地水文環境之影響，影響程度為何，仍有許多值得探討的空間，其分析結果可作為未來因應氣候變遷對水產糧食安全評估與管理之參考依據。

材料與方法

本研究首先蒐集底拖網漁獲、水文與氣候變遷指數及魚類棲地、生態等資料後，將相關資料進行彙整，了解大眼鯛單位努力漁獲量 (catch per unit effort, CPUE)，透過皮爾森相關性檢定了解各種氣候變遷指數與環境參數與大眼鯛漁業資源的相關性，最後以典型相關分析 (canonical correlation

analysis, CCA) 解析大眼鯛資源量變動之可能影響因素，作為後續預測與管理之重要依據。

一、資料蒐集

(一) 溫鹽資料

本研究西南海域設定地理範圍為 118.5 ~ 121°E、21 ~ 23°N，涵蓋整個臺灣西南海域底拖網漁船作業範圍，蒐集整理自 1997 ~ 2012 年每月西南海域每 10 m 深度之溫鹽資料，資料來源為科技部海洋學門資料庫 (Ocean Data Bank) 及本所試驗船長期的測站探測資料 (Hsieh *et al.*, 2012)。

(二) 逕流量資料

降雨量的多寡，造成河川流量的改變，引起乾旱或洪水，並影響沿近海域營養鹽分布狀況。為了解挾帶陸地大量營養物質進入沿近海之排水量多寡是否影響底棲性魚種之漁獲變動，本研究以臺灣西南地區流域面積最大之高屏溪為代表，探討其排水量與沿近海底棲魚種之漁獲關係。排水量資料來源為經濟部水利署於 1997 ~ 2012 年高屏溪各測站所測得之每月總逕流量 (m³)。

(三) 氣候變遷指數

本研究所採用之氣候變遷指數為可能對臺灣周邊海域水文環境造成影響之指數，計有 1997 ~ 2012 年間南方震盪指數 (Southern Oscillation Index, SOI)、多重 ENSO 指數 (Multivariate ENSO Index, MEI)、太平洋十年振盪指數 (Pacific Decadal Oscillation, PDO) 及西太平洋震盪指數 (Western Pacific Oscillation, WPO)。

SOI 為大溪地島與達爾文島兩地的氣壓之差值，其數值可用來作為判斷聖嬰現象 (El Niño) 的指標，本研究 SOI 指數資料由澳大利亞氣象局網站 (<http://www.bom.gov.au/>) 取得。聖嬰現象和 SOI 的負值有關，而反聖嬰現象 (La Niña) 和 SOI 的正值有關。根據澳大利亞氣象局以 SOI 指數對聖嬰及反聖嬰現象的定義，SOI 值連續數個月低於 -8 時，定義為聖嬰期，高於 +8 時，則為反聖嬰期，SOI 值介於 ±8 之間則為正常期。

MEI 乃蒐集全球海洋及大氣監測資料計算，MEI 為正值時，傾向聖嬰現象 (暖事件) 發生，負

值則傾向反聖嬰現象 (冷事件)，資料由美國國家海洋和大氣管理局 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 網站 (<http://www.esrl.noaa.gov/>) 取得。

PDO 是由海表面溫度 (SST) 以特徵向量函數法 (Empirical Orthogonal Eigen Function, EOF) 推算，主要的空間分布在北太平洋北緯約 20 度的範圍，其定義為熱帶海溫與北太平洋海溫與平均值之比較，當前者高於平均值，且後者低於平均值，則為正相位 (暖期)，反之則為負相位 (冷期)。余 (2008) 指出，在 PDO 暖期，與聖嬰成熟期之海溫距平 (距平是指某一系列數值中的某一個數值與平均值的差) 相似，對應之大氣風場和氣壓場也和南方震盪相仿。Gershunov and Barnett (1998) 探討 ENSO 與 PDO 兩者交互作用關係時指出，PDO 暖期會加強聖嬰現象，冷期則會加強反聖嬰現象。每個月之指數數值資料亦由美國國家海洋和大氣管理局網站取得。

WPO 已被證實會影響太平洋中的海洋動態 (Barnston, 1987; Wallace, 1981; Linkin, 2008)，此外，也被發現與亞熱帶地區如東臺灣部分的漩渦運動能量有關 (Qiu, 2010)，資料由美國國家海洋和大氣管理局網站取得。

(四) 漁獲資料

漁獲資料包含自 1997 年起至 2013 年陸續於高雄茄萣、梓官及屏東東港地區所建立之底拖網標本船，分別為 4 艘、10 艘及 16 艘每月按日填報之漁獲報表，報表內容包含下網、起網時間、作業地點與漁獲魚種別、重量；此外亦租用漁船及本所水試二號試驗船不定期之出海航次所採集的樣本。根據臺灣魚類資料庫資料，目前臺灣周邊海域大眼鯛科魚類共計 10 種，雖然外觀略有不同，但標本船的漁獲報表中並不會對各個種進行分類。因此定期採樣後攜回實驗室後進行鑑種、體長及體重等基礎生物學資料量測。

此外，選擇漁獲公開拍賣機制最為完整的梓官漁港，透過漁業署漁產品全球資訊網 (<http://efish.fa.gov.tw/efish/common/bulletinlist.htm>) 蒐集自 1998 年起至 2013 年大眼鯛每日拍賣量，作為與標本船長期漁獲資料之參考比對。

二、資料處理

(一) 單位努力漁獲量 (CPUE)

CPUE 通常作為反應漁業資源狀態指標之一，本研究以西南海域標本船按月填寫之漁獲報表中的下網、起網時間與漁獲重量估算各月別大眼鯛資源變動狀況，以作為該資源受其他環境因子影響之變動參考基準，計算公式如下：

$$CPUE = CPUE_{ij} = \sum C_{ij} / \sum f_i \dots\dots\dots(1)$$

C ：標本船之總漁獲量 (kg)

f ：標本船出海作業之總時數 (hours)

i ：年 - 月別

j ：魚種別

CPUE 公式除了用以解析大眼鯛資源變動，亦套用在了解漁場中下雜魚 (trash fish) 的資源變動情形，以作為環境因子之參考。

(二) 典型相關分析法 (CCA)

Hotelling (1935) 提出典型相關分析法 (CCA)，為一種結合複準則變數及複預測變數之技術，用於探討 2 組各 2 個以上變項 (準則變數及預測變數) 之變量間的關係，目的在找出 2 組權重使以上 2 組變數的線性組合間具有最大相關。

本研究利用典型相關分析法對於 1997 ~ 2012 年水文環境及重要經濟型魚種資源量進行分析，U 變項 (準則變數) 為水文環境因子，分別為各項氣候變遷指數、溫度、鹽度及排水量等；V 變項 (預測變數) 為生物因子，利用本研究迄今所蒐集西南海域之各種重要經濟性魚類 CPUE，包含大眼鯛及過去曾探討過的狗母魚 (Lizard fishes) (Lai *et al.*, 2013)，以了解西南海域各月別重要經濟性魚類 CPUE 變動之主要可能影響因子。

結 果

一、漁獲組成

根據臺灣魚類資料庫 (邵, 2013) 彙整臺灣周邊海域有出現紀錄的大眼鯛科魚類共計 3 屬 10 種，本研究自 2011 年 1 月至 2013 年 10 月由西南海域魚市場及漁船試驗作業採集大眼鯛樣本之結果，共計採得大眼鯛科 (Priacanthidae) 下 2 屬 (genus) 共 4 種 (species) 樣本 3,156 尾，以大眼鯛

屬 (*Priacanthus*) 中，俗名 Red bigeye fish 的大棘大眼鯛 (*Priacanthus macracanthus*) 比例最高 (99.8%)，其餘為另一屬的日本大鱗大眼鯛 (*Pristigenys nipponia*) (4 尾) 及同一屬的高背大眼鯛 (*P. sagittarius*) (1 尾) 與寶石大眼鯛 (*P. hamrur*) (1 尾)，由漁獲組成結果可知，目前西南海域所產的大眼鯛科魚種明顯以大棘大眼鯛為主。

二、漁場與漁期

以西南海域標本船作業報表所填列之大眼鯛漁獲量與作業時數換算 CPUE，結合作業航跡經緯度位置與西南海域等深線圖層，匯入 GIS 地理資訊系統軟體分析，由 2011 及 2012 年度大眼鯛在西南海域的分布狀況 (Fig. 2)，可知西南海域大眼鯛漁場主要分布於深度 50 ~ 300 m 之間，以深度 100 ~ 200 m 處 CPUE 較高。2011 年大眼鯛主要漁場位於梓官外海，緯度 22°45'N 以北，深度 100 ~ 200 m 處，2012 年之漁場則更為偏向外海，經度範圍可達 119°00' E，但深度範圍相同。

西南海域大眼鯛盛漁期大致可分為三個階段來觀察，由 1998 ~ 2012 年大眼鯛長期月別平均 CPUE 分布圖 (Fig. 3，線段部分) 可看出，2004 ~ 2010 年間以每年 4 ~ 5 月為盛漁期；2010 年起，盛漁期為 10 ~ 12 月；2004 年以前，盛漁期則為 4 ~ 5 月或者 10 ~ 12 月交錯。CPUE 指標為評估魚種資源之重要依據，由西南海域大眼鯛長期年間 CPUE 變動情形可發現資源量並非固定於某幾個月月份間呈現較高值，推估該魚種之盛漁期並非長期固定，為驗證此一推論結果，同時檢視總漁獲量變動情形，判斷總漁獲量變動情形是否與 CPUE 之結果相近，根據 2000 年起，漁獲統計資料較為完整的梓官地區大眼鯛長期月別 - 總漁獲量與 CPUE 對應資料分析 (Fig. 3，長條圖部分) 可發現，縱使各年度漁獲量多寡各有不同，但經皮爾森相關性檢定，其每年之月別 - 漁獲量變動趨勢與利用標本船漁獲資料所計算取得之 CPUE 變動一致 ($p < 0.05$, $r = 0.84$)。

三、氣候變遷指數與 CPUE 變動關係

嘗試以各項氣候變遷指數與大眼鯛 CPUE 變動關係作圖，單純以彼此機率角度觀察發現，大眼

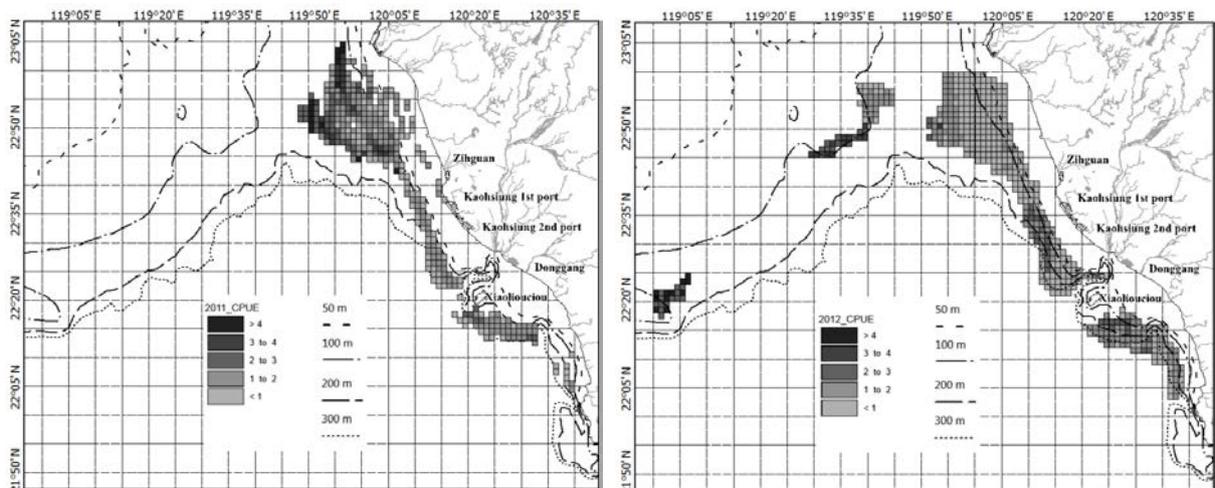


Fig. 2 Catch distribution of red bigeye in the southwestern waters off Taiwan between 2011 (left) and 2012 (right).

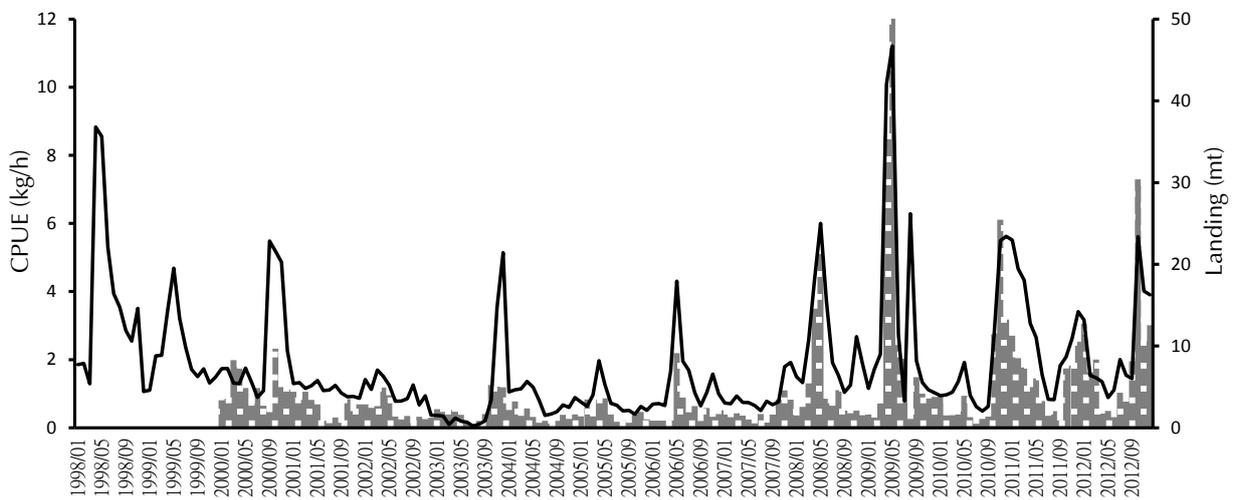


Fig. 3 Monthly changes in CPUE (line) and landing (histogram) of red bigeye in Zihuan during the period of 1998 to 2012.

鯛 CPUE 超過 2 (kg/h) 之較高漁獲效率時, SOI 指數有 80% (45/56) 的機率呈現正值 (Fig. 4A), PDO 指數有 85% (48/56) 的機率呈現負值 (Fig. 4B)。透過皮爾森相關性檢定了解各項氣候變遷指數與大眼鯛 CPUE 變動之相關性, 得知 SOI 指數與大眼鯛 CPUE 變動呈現正相關 ($p < 0.05$, $r = 0.20$), PDO 指數與大眼鯛 CPUE 變動呈現負相關 ($p < 0.05$, $r = -0.20$)。以 PDO 指數為例, 由 1998 年起至 2012 年 CPUE 與各 PDO 指數之長期變動狀況 (Fig. 5) 可發現, 當 PDO 指數長期呈現負值時, 大眼鯛 CPUE 有較其他時期提高之趨勢, 另外, 參照澳大利亞氣象局所分析之歷年 El Niño 及 La Niña 時期亦可發現, 大眼鯛在 La Niña 時期相較

於 El Niño 或正常時期, 其月別 CPUE 大部分處於相對較高的值, 將三個時期所對應之 CPUE 值以 ANOVA 檢定結果可知三組之平均 CPUE 不全相等 ($p < 0.001$), 故以雪費法 (scheffe) 進行事後檢定, 經由兩兩比較後其結果為 La Niña 時期較 El Niño 時期與正常時期皆有較高的 CPUE ($p < 0.05$)。

四、典型相關分析

將生物因子及環境因子分為 2 組, 各 2 個以上變項之變量間關係, 以典型相關分析繪圖, 如 Fig. 6 所示, 可知大眼鯛及狗母魚資源量受環境因子影響之趨勢大致接近, 經檢定, 該兩項生物因子

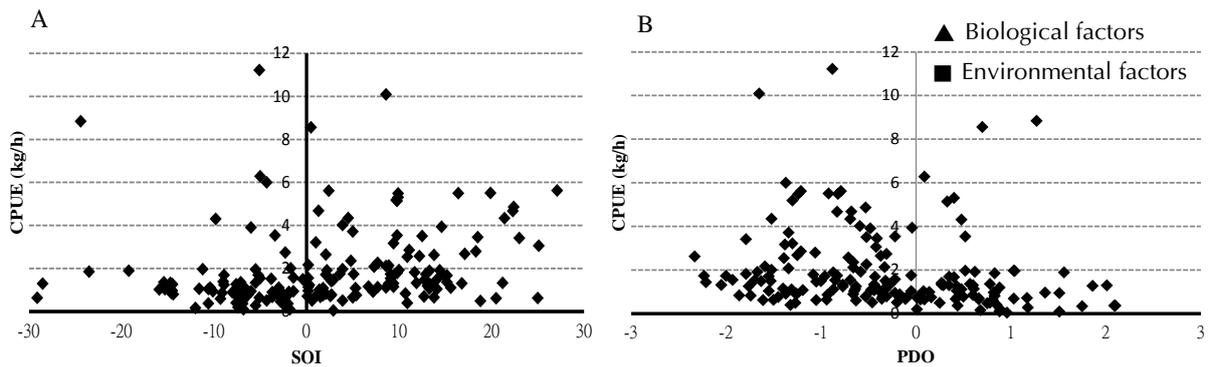


Fig. 4 The relationships between CPUE of red bigeye estimated in southwestern waters of Taiwan and (A) SOI and (B) PDO index.

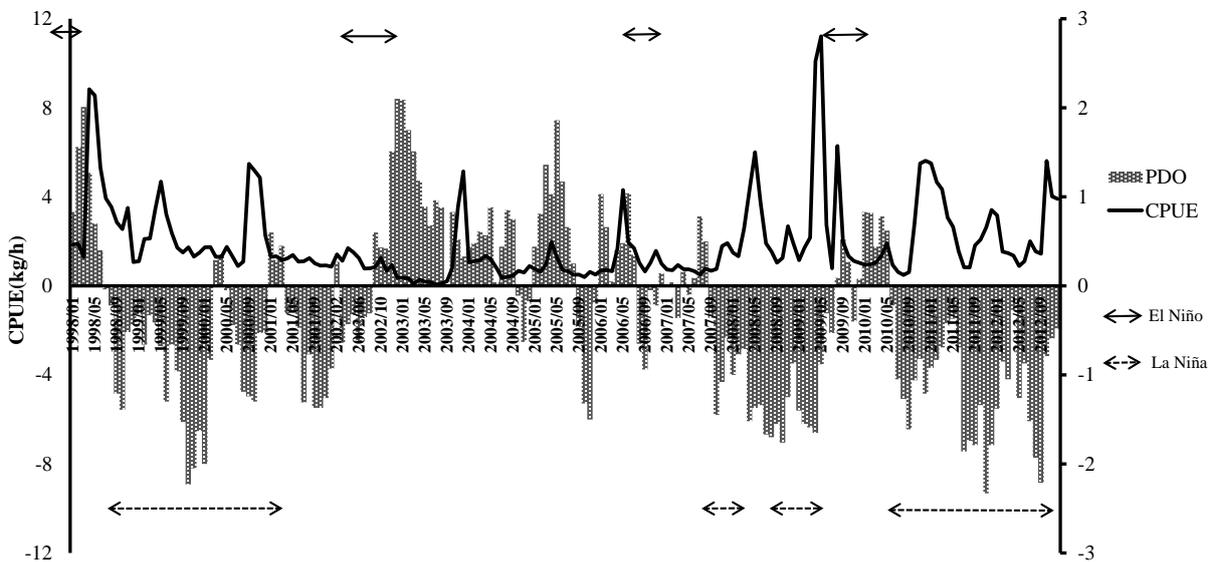


Fig. 5 Long-term changes in trends between red bigeye CPUE and PDO index from 1998 to 2012.

與環境因子中的 SOI 指數、下雜魚資源呈現正相關，水下 100 m 溫度則對於狗母魚的影響較為明顯；而 PDO 指數、MEI 指數及水下 100 m 鹽度則與兩項生物因子呈現負面關係，其中大眼鯛資源與 PDO 指數及水下 100 m 鹽度有顯著負相關，與水下 100 m 鹽度之相關係數 $r = -0.18$ 。大眼鯛資源與 PDO 指數呈負相關，呼應前段結果，表示若 PDO 指數長期處於負相位（冷期），加強 La Niña 現象時，大眼鯛資源有受其影響而上升之趨勢。

討 論

根據漁場調查結果 (Fig. 2)，整個大眼鯛漁場在臺灣西部海域海底地形圖的分布在澎湖水道之

右側外緣。澎湖水道位處臺灣西南沿近海域，底質為細沙質，是臺灣西南部、澎湖群島及臺灣灘之間的重要地形，其北端寬約 40 km，深約 100 m；南端寬約 80 km，深約 200 m，水道長約 70 km，為一由北往南成倒 V 字型的海底峽谷 (黃, 2009)。由於大眼鯛漁期在各年間並非固定，然而比對臺灣周邊海域有關大眼鯛生殖期之相關研究指出，大眼鯛從過去至目前生殖期約固定在 3~8 月 (劉, 1985; 洪, 2000; Liu *et al.*, 2001; 王, 2008; 江, 2012)，假設物種生殖期不變的情況下，並考量大眼鯛漁期又由過去的 4~5 月轉變為近年的 10~12 月，推論近年來西南海域並非大眼鯛主要之產卵場。而在漁場的轉變上，自 2012 年起大眼鯛漁場在西南海域有略為移向較為深處的趨勢，Dulvy

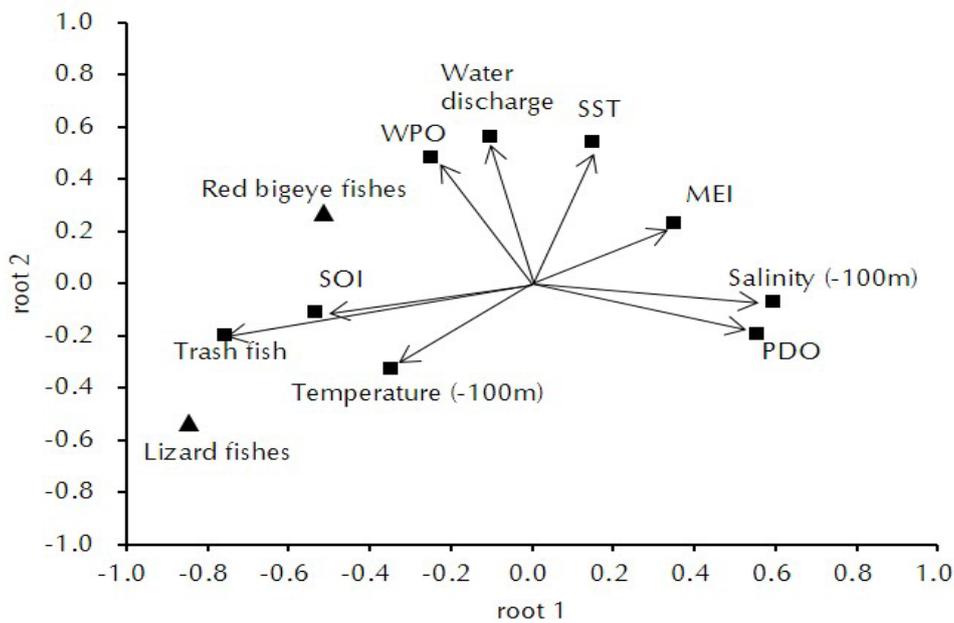


Fig. 6 CCA analysis by the occurrence of biological factors (CPUE of red bigeye and lizardfish) and environmental factors in southwestern waters off Taiwan.

et al. (2008) 針對北海底棲性魚種的研究亦發現漁場遷移的現象，魚種受長期氣候變遷影響下，其平均棲息深度向深處遷移約 3.6 m，另由 Fig. 2 中 2011 年及 2012 年大眼鯛 CPUE 分布圖變動則可發現。

氣候變遷造成陸地及海洋環境因子的改變，直接或間接影響魚類群聚組成、魚群資源量、漁場分布或漁獲努力量，如本篇前言所提，在烏魚、鮪魚及鯷魚等數種沿岸及遠洋浮魚資源變動研究已得到證明。本研究聚焦在西南海域沿近海底棲性的大眼鯛，由長期資料分析結果可知，西南海域大眼鯛的 CPUE 在近 15 年間並未隨著時間而逐年下降，由 Fig. 3 可發現，自 2008 年起甚至有較 2001 ~ 2007 年上升的趨勢，顯示該魚種的漁業資源在人為過度開發的負面影響外，或許仍有令其正面發展的因子存在，在各項變動因子分析中，氣候變遷指數 SOI 及 PDO 皆可作為預測大眼鯛資源量變動的參考指標，顯示在氣候變遷的衝擊下，沿近海底棲性魚種亦受其影響。

以氣候變遷指數 SOI 及 PDO 作為預測漁業資源量變動參考指標在不同地區皆有先例，SOI 指數為評估聖嬰現象發生的重要指標，而聖嬰現象的發生對於漁業資源的影響，較為著名的便是與秘

魯鯷魚資源間的變動關係，聖嬰現象發生期間，東太平洋氣壓場降低，熱帶盛行東風減弱，引發鄰近熱帶太平洋海域的表層海水與洋流產生異常高溫，同時抑制東太平洋海水的湧升，連帶減少營養鹽的供應，進而經由食物鏈作用減少鯷魚資源，對漁民生計造成重大影響。而在太平洋西側的相關研究上，亦指出 SOI 指數亦會影響臺灣西南海域鯷魚仔稚魚的豐度 (Tsai *et al.*, 1997; Wang *et al.*, 2012)。漁業科學家 Hare (1996) 提出 PDO 的名稱，當時其研究將阿拉斯加鮭魚產量及太平洋的氣候作了連結。其後，亦有其他研究針對 PDO 指數與太平洋海洋生態系統建立明確的關聯 (Mantua and Hare, 1997)，例如：太平洋鮭魚 (Beamish *et al.*, 1999; Hare *et al.*, 1999)、太平洋海鳥 (Vandenbosch, 2000)、阿拉斯加底棲魚類及浮游生物資源 (Hollowed *et al.*, 1998; Francis *et al.*, 1998)、夏威夷海域底棲資源 (Lee and Brodziak, 2011) 等等。在西太平洋的研究方面，日本沙丁魚 (*Sardinops melanostictus*) 及日本鯷 (*Engraulis japonicus*) 間資源的相互消長，亦與 PDO 指數有明顯關聯 (Takasuka *et al.*, 2008)，沙丁魚資源居優勢時，PDO 指數為正，海面溫度相對較低，而鯷魚資源居優勢時，PDO 指數為負，海面溫度相對較高。Lima and

Naya (2010) 以 CPUE 配合 SOI 指數及 PDO 指數以模式進行解析指出, PDO 指數及延緩 1 年的指數皆與正鯉 (skipjack) 資源呈現明顯負相關, 可做為評估該資源波動之重要參數。而在臺灣周邊海域魚種資源變動相關研究結果指出, 烏魚漁獲量與 PDO 指數有顯著相關, 反聖嬰年期間, 烏魚較易呈現豐漁狀態 (王, 2012)。Lan *et al.* (2014) 以小波分析 (wavelet analysis) 的結果亦顯示 PDO 指數和海面溫度可能影響臺灣海峽冬季烏魚的豐度和遷移行為, 其 CPUE 與 PDO 指數呈現高度相關。在臺灣西南海域之相關研究上, 廖 (2013) 指出, PDO 與墾丁南灣海域核三廠入水口珊瑚白化有顯著正相關。因此, 由以上過去的研究可了解 SOI 指數與 PDO 指數對於太平洋水文環境所造成的影響是全面性的, 且適用於解釋部分漁業資源的變動關係, 如同本研究結果, 以上兩項氣候變遷指數與大眼鯛資源間的變動亦具有相關性。

由於大眼鯛屬於底棲性魚種, 其於臺灣西南海域之棲地位置正位於澎湖水道邊緣, 根據 Jan and Chao (2003) 指出, 澎湖水道內整年皆有北流的水進入臺灣海峽, 主要由南海水與黑潮水 (西菲律賓海水) 混合而成, 由此可知澎湖水道漁場之水文環境主要受南海水與黑潮水影響, 因此大眼鯛資源量變動受南海水與黑潮水影響之可能性自然無法忽略。黑潮傳輸量的年間變化可由北赤道洋流分歧點的南北遷移來解釋 (Kim *et al.*, 2004), 在 El Niño 年時, 北赤道洋流的分歧點往北遷移, 此時的民答那峨圓丘 (Mindanao Dome) 較強, 黑潮的傳輸則較弱 (Masumoto and Yamagata, 1991; Tozuka *et al.*, 2002), 使得太平洋海水比較容易透過呂宋海峽進入南海 (Yaremchuk and Qu, 2004)。反之在 La Niña 年時, 北赤道洋流的分歧點往南遷移, 此時的民答那峨圓丘較弱, 黑潮的傳輸則較強, 使得太平洋海水比較不易透過呂宋海峽進入南海。由本研究結果可知, 大眼鯛在 La Niña 年時容易出現高漁獲效率之情形, 再依黃 (2009) 之澎湖水道聖嬰、正常及反聖嬰現象夏季溫鹽分布狀況指出, La Niña 年時澎湖水道之水文溫鹽特徵最接近南海海水, 南海海水與黑潮水皆屬於高溫高鹽特性之水團, 由於南海水相較於黑潮水溫鹽較低, 但相對具有較高之營養鹽濃度, 如硝酸鹽及矽酸鹽, 加上 La Niña 年有較強的東北季風作用 (王,

2007), 加強各水層之垂直混合, 更營造有利於大眼鯛資源量增加之水文環境條件。而漁獲量的變動或許不見得受到單一水文或氣候因子變動而影響, 可能是多種條件交互作用下的結果, 針對非表層性魚種之研究所面臨的變因或許更為複雜難測, 未來將持續蒐集更多環境條件納入分析, 期望對於水文環境與漁業資源的變動關係做出更全面性的探討。

以上根據長期的水文環境與大眼鯛資源量變動, 推論在海流帶來高營養鹽及季風增強水層混合之條件下, 大眼鯛資源量有上升之趨勢。透過本研究結果, 有利於未來在長期水文環境變動的影響下對於此種水產糧食資源的掌握, 預測資源量變動, 並作為因應策略擬定之重要參考依據。

謝 辭

本研究經費由行政院農業委員會水產試驗所 (102 農科 - 14. 1. 5 - 水 - A1) 計畫項下支助, 研究期間, 感謝科技部海洋學門資料庫 (Ocean Data Bank) (<http://www.odb.ntu.edu.tw/>) 提供溫鹽資料, 以及水試二號全體同仁協助採樣、洪銘昆先生協助圖表修訂, 許明樹先生在統計方面之建議, Christina Teng 小姐協助修稿, 讓本研究得順利完成, 謹此誌之。

參考文獻

- 川崎健 (1995) 全球規模的環境變動與浮魚資源. 水產海洋研究, 55(4): 403-405.
- 川崎健 (1999) 聖嬰現象與地球環境. 氣候影響利用研究會, 成山堂書店, 日本, 213 pp.
- 王沛元 (2012) 氣候變異對臺灣海峽東部水域烏魚漁況變動之研究. 國立臺灣海洋大學碩士論文, 72 pp.
- 王玟琦 (2008) 漁獲壓力對於臺灣東北部海域大眼鯛生殖與成長之影響. 國立臺灣海洋大學碩士論文, 89 pp.
- 王麗文 (2007) 南海時間序列站之生化年變遷研究: 利用一維海洋生化模式之探討. 國立中山大學博士論文, 110 pp.
- 江宛儒 (2012) 臺灣西南海域產大棘大眼鯛 (*Priacanthus macracanthus*) 之生殖生物學研究. 國立高雄海洋科技大學碩士論文, 57 pp.
- 呂學榮 (2005) 氣候變遷對臺灣地區衝擊與調適策略研

- 析—漁業面向。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，科技部，台北，62 pp.
- 余嘉裕 (2008) 太平洋大氣與海洋系統中年際至年代震盪研究。中國文化大學博士論文，97pp.
- 李國添 (2007) 魚社會的政權交替—氣候變遷與沿近海漁業資源。臺灣水產，2(9): 38-48.
- 李國添，王凱毅，邱暉育 (2010) 氣候變遷對臺灣海域日本鰻 (*Anguilla japonica*) 鰻苗來游量變動之衝擊。臺灣水產，5(1): 13-22.
- 李國添，李明安，許金漢 (1999) 聲光遙測技術在漁業之應用—以鯖鱈漁業為例。海下技術季刊，8(4): 34-35.
- 邵廣昭 (2013) 臺灣魚類資料庫網路電子版 <http://fishdb.sinica.edu.tw> (2013-11-26).
- 洪國堯 (2000) 臺灣東北部海域大眼鯛之生殖生物學及生殖價估計。國立臺灣海洋大學碩士論文，78 pp.
- 孫芳仁 (1988) 臺灣東北海域紫科稚魚現存量評估之基礎研究。國立臺灣海洋大學碩士論文，57 pp.
- 陳守仁 (1999) 臺灣正櫻蝦漁業資源管理之基礎研究。國立臺灣海洋大學漁業科學系博士論文，134 pp.
- 陳宗雄 (1980) 臺灣沿岸魴鱈漁業資源調查研究。臺灣省水產試驗所試驗報告，32: 219-233.
- 郭紘志 (2012) 模糊分析應用於臺灣西南海域不同性質水團特性之基礎研究。國立臺灣海洋大學碩士論文，72 pp.
- 黃婷萱 (2009) 臺灣海峽及南海北部二氧化碳變化。國立中山大學碩士論文，119 pp.
- 葉宗賢 (2002) 海氣環境因子變遷對臺灣烏魚資源衝擊之研究。國立臺灣海洋大學碩士論文，66 pp.
- 童慶斌，吳明進，李國添，戴昌鳳，李培芬，陳瑤湖，邱祈榮，呂學榮，李明旭 (2003) 氣候變化綱要公約國家通訊衝擊調適資料建置—氣候、水文、生態部份(二)。行政院環境保護署計畫編號 EPA-92-FA11-03-034:9-1-10-36.
- 漁業署 (2015) 漁業統計年報 <http://www.fa.gov.tw/cht/PublicationsFishYear/index.aspx> (2015-3-24).
- 廖萩燁 (2013) 水溫與石珊瑚白化相關性之研究。國立中山大學海洋科學系研究所碩士學位論文，45 pp.
- 熊觀梅 (2012) ENSO事件對日本鰻柳葉期長短之影響。國立臺灣大學漁業科學研究所碩士學位論文，75 pp.
- 劉光明 (1985) 臺灣東港附近海域產大眼鯛之漁業生物學研究。國立海洋大學碩士論文，71 pp.
- Barnston, A. G. and R. E. Livezey (1987) Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. Mon. Weather Rev., 115: 1083-1126.
- Beamish, R. J., M. Henderson and H. A. Regier (1997) Impacts of climate change on the fishes of British Columbia. Responding to global climate change in British Columbia and Yukon, British Columbia, 187 pp.
- Beamish, R. J., D. J. Noakes, G. A. McFarlane, L. Klyashtorin, V. V. Ivanov and V. Kurashov (1999) The regime concept and natural trends in the production of Pacific salmon. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 56: 516-526.
- Cushing, D. H. (1982) Climate and Fisheries. Academic Press, London, 373 pp.
- Dulvy, K. N., S. I. Rogers, S. Jennings, V. Stelzenmüller, S. R. Dye and H. R. Skjoldal (2008) Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage, a biotic indicator of warming seas. J. Appl. Ecol., 45: 1029-1039.
- Francis, R. C., S. R. Hare, A. B. Hollowed and W. S. Wooster (1998) Effects of interdecadal climate variability on the oceanic ecosystems of the NE Pacific. Fish. Oceanogr., 7: 1-21.
- Gershunov, A. and T. P. Barnett (1998) Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. Bull. Amer. Meteor. Soc., 79: 2715-2725.
- Glantz, M. H. (1992) Climate variability, climate change, and fishery. Cambridge University Press, Cambridge, 450 pp.
- Hare, S. R. (1996) Low frequency climate variability and salmon production. Ph.D. Dissertation. Univ. Washington, Seattle, WA, 306 pp.
- Hare, S. R., N. J. Mantua and R. C. Francis (1999) Inverse production regimes: Alaskan and West Coast Salmon. Fisheries, 24: 6-14.
- Hollowed, A. B., S. R. Hare and W. S. Wooster (1998) Pacific-Basin climate variability and patterns of Northeast Pacific marine fish production. In Proceedings of the 10th 'Aha Huliko' a Hawaiian Winter Workshop on Biotic Impacts of Extratropical Climate Variability in the Pacific (G. Holloway, P. Muller and D. Henderson eds.), NOAA Award No. NA67RJ0154, SOEST Special Publication, 89-104.
- Hotelling, H. (1935) The Most Predictable Criterion. J. Educ. Psychol., 26: 139-142.
- Hsieh, H. Y., W. T. Lo and L. J. Wu (2012) Community Structure of Larval Fishes from the Southeastern Taiwan Strait: Linked to Seasonal Monsoon-driven Currents. Zool. Stud., 51(5): 679-691.
- Jan, S. and S. Y. Chao (2003) Seasonal variation of volume transport in the major inflow region of the Taiwan Strait: The Penghu Channel. Deep-Sea Res., 50: 1117-1126.
- Kawasaki, T. (2013) Regime shift-fish and climate change. Tohoku University, Japan, 162 pp.
- Kim, Y. Y., T. Qu, T. Jensen, T. Miyama, H. W. Kang, H. Mitsudera, and A. Ishida (2004) Seasonal and interannual variations of the North Equatorial

- Current bifurcation in a high-resolution OGCM. *J. Geophys. Res.*, 109: C03040.
- Lai, C. C., C. M. Yang, J. S. He, L. J. Wu and H. J. Lu (2013) Study of hydrological environmental factors' influence on lizardfishes resources change in the south-western waters off Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 40(2): 89-106.
- Lan, K. W., M. A. Lee, C. I. Zhang, P. Y. Wang, L. J. Wu and K. T. Lee (2014) Effects of climate variability and climate change on the fishing conditions for grey mullet (*Mugil cephalus* L.) in the Taiwan Strait. *Clim. Change*, 126: 189-202.
- Lee, H. H. and J. Brodziak (2011) Investigation of the association between Hawaii Deep Slope bottomfish CPUE and environmental variables. PIFSC Internal Report IR-11-019, 14 pp.
- Lima, M. and D. E. Naya (2010) Large-scale climatic variability affects the dynamics of tropical skipjack tuna in the Western Pacific Ocean. *Ecography*, 34(4): 597-605.
- Linkin, M. E. and S. Nigam (2008) The north pacific oscillation-west Pacific teleconnection pattern: Mature-phase structure and winter impacts. *J. Climate*, 21: 1979-1997.
- Liu, K. M., K. Y. Hung, and C. T. Chen (2001) Reproductive biology of the big eye *Priacanthus macracanthus* in the north-eastern waters off Taiwan. *Fish. Sci.*, 67: 1008-1014.
- Mantua, N. J. and S. R. Hare (1997) The Pacific Decadal Oscillation. *J. Oceanogr.*, 58: 35-44.
- Masumoto, Y. and T. Yamagata (1991) Response of the western tropical Pacific to the Asian winter monsoon. The generation of the Mindanao Dome. *J. Phys. Oceanogr.*, 21: 1386-1398.
- Mendelsohn, R., F. B. Schwing and S. J. Bograd (2003) Spatial structure of subsurface temperature variability in the California Current, 1950-1993. *J. Geophys. Res.*, 108(3): 1-15.
- Qiu, B. and S. Chen (2010) Interannual variability of the North Pacific subtropical countercurrent and its associated mesoscale eddy field. *J. Phys. Oceanogr.*, 40: 213-225.
- Shaw, P. T. (1989) The intrusion of water masses into the sea southern of Taiwan. *J. Geophys. Res.*, 94(12): 18212-18227.
- Sundby, S. and O. Nakken (2008) Spatial shifts in spawning habitats of Arcto-Norwegian cod related to multidecadal climate oscillations and climate change. *ICES J. Mar. Sci.*, 65: 953-962.
- Takasuka, A., Oozekia Y., H. Kubotaa and S. E. Lluch-Cota (2008) Contrasting spawning temperature optima: Why are anchovy and sardine regime shifts synchronous across the North Pacific? *Prog. Oceanogr.*, 77: 225-232.
- Tsai, C. F., P. Y. Chen, C. P. Chen, M. A. Lee, G. Y. Shiah and K. T. Lee (1997) Fluctuation in abundance of larval anchovy and environmental condition in coastal water off southwestern Taiwan as associated with the El Nino-Southern Oscillation. *Fish. Oceanogr.*, 6: 238-249.
- Tozuka, T., T. Kagimoto, Y. Masumoto and T. Yamagata (2002) Simulated multiscale variations in the western tropical Pacific: The Mindanao Dome revisited. *J. Phys. Oceanogr.*, 32: 1338-1359.
- Vandenbosch, R. (2000) Effects of ENSO and PDO events on seabird populations as revealed by Christmas bird count data. *Waterbirds*, 23: 416-422.
- Wallace, J.M. and D.S. Gutzler (1981) Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Weather Rev.*, 109: 784-812.
- Wang, S. P., M. A. Lee and W. Y. Chen (2012) Evaluating the uncertainty of the population growth parameter estimates of larval anchovy in the southwestern waters of Taiwan using Monte Carlo simulations. *J. Mar. Sci. Technol.*, 62(2): 662-669.
- Yaremchuk, M. and T. Qu (2004) Seasonal variability of the large-scale currents near the coast of the Philippines. *J. Phys. Oceanogr.*, 34: 844-855.

The Impact of Hydrological Factors on the Red Bigeye (*Priacanthus macracanthus*) Fishing Conditions in the South-western Waters off Taiwan

Chi-Chang Lai^{1,2}, Hsing-Han Huang¹, Jia-Sin He^{1*}, Jian-Zhi Huang¹ and Long-Jing Wu¹

¹Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute

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

ABSTRACT

In this research, the economically important bottom species of red bigeye fish were studied to understand how variations in these resources were influenced by the climate change index and environmental factors of its habitat during the 17-year period between 1997 and 2013.

The results show that *Priacanthus macracanthus* is the main species of red bigeye fish caught by bottom trawlers in the southwestern waters off Taiwan. The fishing grounds are mainly distributed at the depth range of 50 ~ 300 m with the CPUE being significantly higher at depths of 100 ~ 200 m. The fishing season for red bigeye fish in the southwestern waters of Taiwan previously varied other from April to May or from October to December. Since 2010, however, the fishing season has occurred from October to December, and the fishing ground data shows that the resources, were moving deeper and further off the coast.

Canonical correlation analysis (CCA) indicated that the red bigeye fish CUPE has a positive correlation with the SOI index and trash fish resource, and a negative correlation with the PDO index and salinity at a depth of 100 m. This indicates that the resource may be influenced by the effect of La Niña.

This study will help predict changes in red bigeye fish resources under the influence of hydrological environment changes, providing an important reference for fishery management in the future.

Key words: climate change, hydrological environment, bottom trawl net, red bigeye fish

*Correspondence: Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute, Kaohsiung, Taiwan.
TEL: (07) 8218103; E-mail: saxgirl42@gmail.com