氣候變遷對臺灣西南海域主要經濟性魚種資源與漁場影響之研究

賴繼昌 [1,2] 黃建智 [1] 楊清閔 [1] 何珈欣 [1] 吳龍靜 [1] 黃星翰 [1] 洪銘昆 [1]

摘要

過去臺灣對於沿近海表中層洄游性魚類在氣候變遷的影響下，漁場遷移與資源量變動的研究已經有相當豐富的研究成果，但對於底棲性魚種受氣候變遷的影響則少有著墨。本研究以西南海域重要的底棲性魚種-狗母魚及大眼鯛為對象，探討 1997-2013 年共 17 年間魚種在棲地水文環境因子的變動下，其資源量變動情形。

根據結果顯示，臺灣西南海域漁場以花斑蛇鰻 (*Saurida undosquamis*) 為最主要的狗母魚漁獲種類，大棘大眼鯛 (*Priacanthus macracanthus*) 為最主要的大眼鯛科漁獲種類，狗母魚及大眼鯛漁場主要以深度 100 m – 200 m 處 CPUE 較高。而由氣候變遷指數與狗母魚及大眼鯛的資源量變動關係可知，在反聖嬰現象發生時，有助於狗母魚及大眼鯛 CPUE 的上升，100 m 水深的溫度變動與狗母魚 CPUE 呈現正相關，與鹽度變動則與兩魚種資源量呈現負相關。推測反聖嬰現象帶來強東北季風有利於垂直水層混合，且營養鹽相對高於黑潮水的南海海水經由澎湖水道湧入，促進狗母魚及大眼鯛資源量增加。

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此種底棲性水產糧食資源的掌握，預測其變動，並作為因應策略擬定之重要參考依據。

關鍵詞：候變遷、水文環境、底拖網 、狗母魚、大眼鯛。

前言

根據 FAO (2010) 報告指出，世界大約有 53%的海洋漁業資源被“充分捕撈”，或者已經達到最高捕撈限量。另外 32%的資源被“過度捕撈”、枯竭或正從枯竭狀態恢復。有關漁業資源的變動原因，除了海洋儀器性能的提升與人類漁捕技術的增進等因素外，氣候變遷對漁業的影響亦是海洋科學研究者所關心的新興議題之一。雖然海洋資源具有再生之特性，然而一旦遭受到氣候變遷長期的影響，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 and Feingold,1992)。日本學者 Kawasaki（1995,1999, 2013）提出魚類社會的「政權交替」(Regime shift) 現象，便是

1 行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

2 通訊作者 電子信箱：cclai@mail.tfrin.gov.tw；電話：07-8218103#212。

以太平洋各海域產量豐富的沙丁魚（鯡）與秘魯鯷魚、南非的鯡魚資源為例，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氣候變遷。

與其他中高緯度區域相較，臺灣對於氣候變遷於海洋所造成的現象，如漁業資源、生物多樣性與棲地的變動等等，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包括資源量、洄游路徑及分布界線 (Tung et al.，2003；Lu, 2005) 之影響已有相當成果。

在沿近海漁業方面的研究包括有：烏魚、魩鱙、鯖鰆、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 (Lee et al., 1999；Chen, 1980；Sun, 1988；Yeh, 2002；Chen, 1999；Lee, 2007；Lee et al. 2011)。但關於氣候變遷對沿近海漁業中產值最高的底拖網漁業，及重要經濟性底棲性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。Mendelssohn 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) 針對北海底棲性魚種由 1980 年至 2004 年，25 年間的觀察，在氣候變遷的影響下，其平均棲息深度仍向更深處遷移約 3.6 公尺。本研究希望以臺灣西南海域水文監測為基礎，逐步探討在長期氣候變遷下，對於貼近一般民眾，在沿岸魚市場、餐桌上常見，廣泛利用於魚鬆、魚丸等水產加工食品俗稱狗母魚的底棲性合齒魚科魚種，以及俗稱紅目鰱的大眼鯛科魚種所造成的衝擊，以利未來因應氣候變遷進行水產糧食安全評估與管理之參考。

材料與方法

我們首先蒐集底拖網漁獲資料、氣候變遷指數資料及魚類棲地、生理生態資料後，將相關資料進行彙整，了解目標魚種食性、生殖特性及單位努力漁獲量 (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對狗母魚漁業資源的相關性，最後以統計分析方法解析狗母魚資源量變動之可參考因素，作為後續預測與管理之重要依據。

一、資料來源

1. 漁獲資料

漁獲資料包含自 1997 年起陸續於高雄茄萣、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 艘按月填報之漁獲報表，以及不定期利用漁船及本所海富號試驗船實際出海採集之樣本。因標本船的漁獲報表中並不會對各個魚種進行詳細分類，合齒魚科魚類僅以「狗母魚」作為代表，大眼鯛科魚類則以「紅目鰱」代表之。因此定期採樣後攜回實驗室後進行鑑種、體長、體重及生殖腺指數等基礎生物學資料量測。

此外，我們也選擇西南海域兩大底拖網漁船主要漁港-梓官與東港漁港中，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/statistics/reportmap.htm)蒐集自 1998 年起至 2013 年目標魚種每日拍賣量，作為與標本船長期漁獲資料之參考比對。

2. 溫鹽資料

本研究西南海域設定地理範圍為 118.5°E~121°E、21°N~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 年起每月西南海域每 10 m 深度之溫鹽資料，資料來源為行政院國家科學委員會及本中心長期探測資料。

3. 排水量資料

降雨量的多寡，造成河川流量的改變，進而引起乾旱或洪水，亦為氣候變遷現象之一。為了解乾旱或大量降雨，造成挾帶陸地大量營養物質進入沿近海之排水量多寡是否造成西南海域水文環境之改變，進而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 年至 2011 年高屏溪各測站所測得之每月總排水量 (立方公尺)。

4. 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，計有南方震盪指數 (SOI)、多重 ENSO 指數 (MEI) 、太平洋十年振盪指數 (PDO) 指數及西太平洋震盪指數 (WPO)。相關資料分別由澳大利亞氣象局網站 (http://www.bom.gov.au/)、美國國家海洋和大氣管理局網站（National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA）取得。

二、資料分析

1. 單位努力漁獲量 (Catch Per Unit Effort, 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估算各月別漁獲資源變動狀況，以每小時漁獲的公斤數為單位 (kg/h)，作為該資源受其他環境因子影響之變動參考基準。

2. 典型相關分析（Canonical correlation analysis, CCA）

參考 Hotelling (1935) 所提出的典型相關分析法（CCA），此法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，利用本計畫迄今所蒐集西南海域之各種重要經濟性魚類 CPUE，包含狗母魚及大眼鯛，以推斷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 2012 年 1-10 月自西南海域魚市場及漁船試驗作業採集俗稱狗母魚樣本之結果，共計採得合齒魚科 (Synodontidae)下 3 屬 (genus) 共 7 種 (species) 樣本 2291 尾，以尾數百分比組成視之，狗母魚亞科 (Synodontinae)的花斑蛇鰻 (*Saurida undosquamis*) 比例最高 (47%)，其次為同一亞科的多齒蛇鰻 (*Saurida tumbil*)(33%)，而後是大頭花桿狗母 (*Trachinocephalus myops*)(18%)，另有少數肩蓋狗母魚 (*Synodus tectus*)、長條蛇鰻 (*Saurida filamentosa*)、褐狗母魚 (*Synodus fuscus*)及大目狗母魚 (*Synodus macrops*)，以上種類之俗名皆稱作 lizardfishes。重量百分比組成仍以花斑蛇鰻比例最高 (60%)，其次為多齒蛇鰻 (37%)，大頭花桿狗母因平均漁獲體型明顯小於上述兩種主要漁獲魚種，故漁獲總重僅佔 3%，其他俗稱狗母魚之魚種則幾乎看不到其在漁獲重量比例上的表現。由漁獲組成結果可知，目前西南海域俗稱狗母魚，作為魚鬆、魚丸等材料的魚種主要為英文俗名 lizardfishes 的花斑蛇鰻與多齒蛇鰻，且明顯以花斑蛇鰻為主。分布概況如圖 1 所示。

而根據臺灣魚類資料庫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 1 屬 (genus) 共 4 種 (species) 樣本 3156 尾，以大眼鯛屬 (Priacanthus)，俗名 Red bigeye fish 的大棘大眼鯛 (*Priacanthus macracanthus*) 比例最高 (99.8%)，其餘少數為同一屬的日本大鱗大眼鯛 (*Pristigenys niphonia*)(4 尾)、高背大眼鯛(*Priacanthus sagittarius*)(1 尾)及寶石大眼鯛 (*Priacanthus hamrur*)(1 尾)，由漁獲組成結果可知，目前西南海域所存在的大眼鯛科魚種明顯以大棘大眼鯛為主。分布概況如圖 2 所示。

二、漁場與漁期

以西南海域標本船作業報表所填列之作業漁區、狗母魚及大眼鯛漁獲經緯度及 CPUE 匯入 GIS 地理資訊系統軟體分析，由 1997~2012 年間以年為單位表現各年度狗

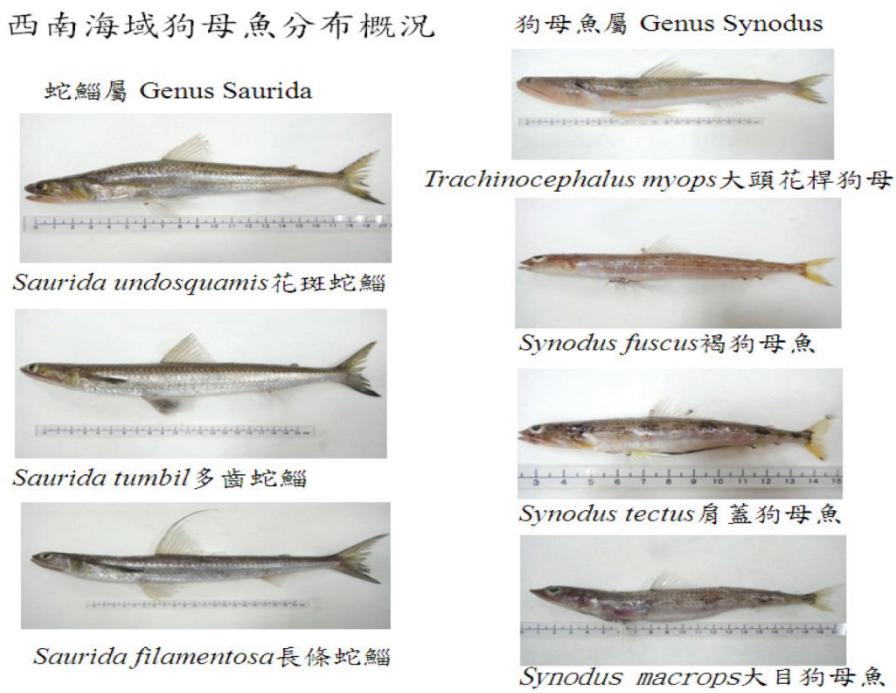


圖 1. 西南海域狗母魚分佈概況。

Fig. 1. Distribution overview of Lizardfishes off Southwestern Taiwan Waters.

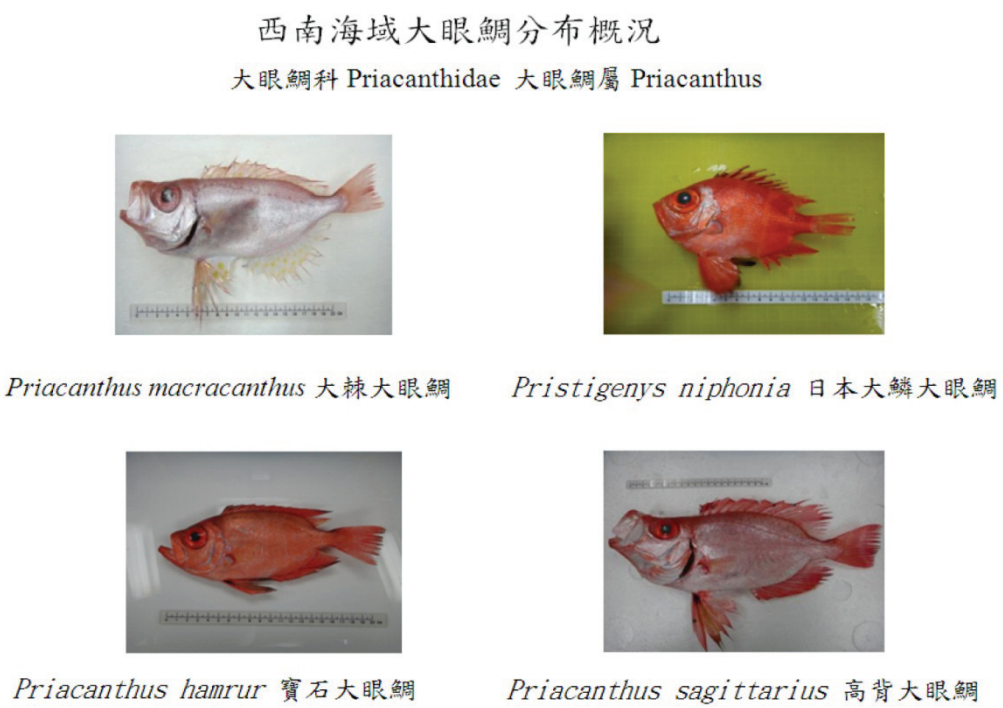


圖 2. 西南海域大眼鯛分佈概況。

Fig. 2. Distribution overview of Red bigeye fishes off Southwestern Taiwan Waters.

母魚在西南海域的分布狀況，可知兩魚種在西南海域漁場主要分布於深度深度 100 m – 200 m 處。由 1997~2011 年各月別平均狗母魚 CPUE 在經緯度上分布動態圖 (圖 3) 可知，狗母魚在漁場中 CPUE 之較大值有隨不同月別在西南海域發生偏移之現象，在東西向偏移上，於 2 - 3 月間在漁場中開始由西向東偏移，9 月再由東向西偏移;在南北向偏移上，於 3-4 月之後由北向南偏移，9 月再由南向北偏移。

由大眼鯛長期各月別平均 CPUE 分布圖 (圖 4) 可看出，4-5 月為長期西南海域大眼鯛的盛漁期，但若將 1997~2012 年各月別大眼鯛 CPUE 分年別檢視，可發現各年間大眼鯛漁期並不一致，2000 年以前，大眼鯛漁期為 4-6 月，2000-2003 年漁期則偏向於 10-12 月或無明顯界定，2004-2009 年逐漸恢復 4-5 月為漁期，但 2010 年起之 3 年間，漁期又再度變更為 10-12 月。

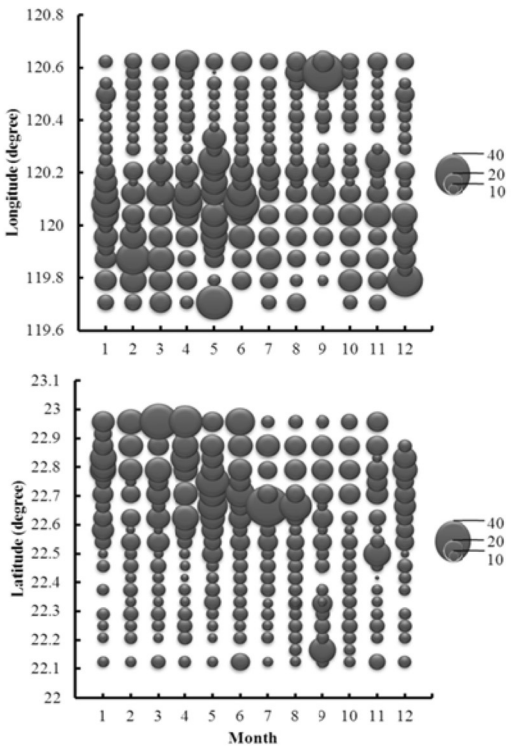


圖 3. 1997-2011 年臺灣西南海域狗母魚各經度、緯度-月別 CPUE 分布圖 (●大小代表 CPUE 多寡)。

Fig. 3. The longitude and latitude dynamic distribution diagram of the average lizardfish CPUE during the period of 1997~2011.〔● size represents CPUE(kg/h) amount〕

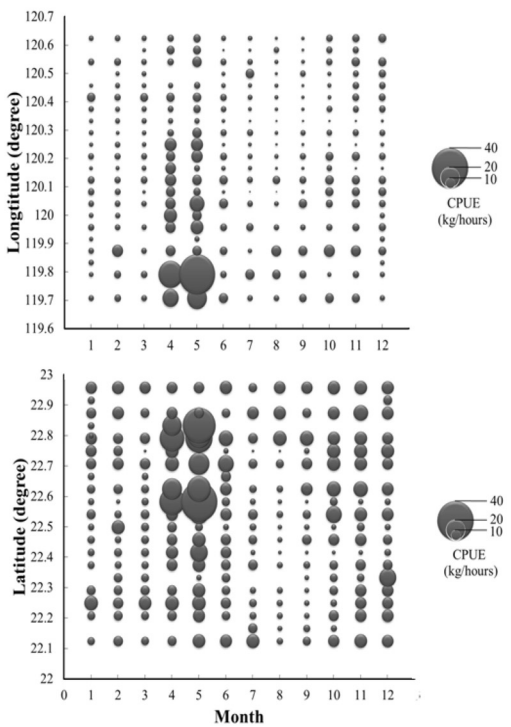


圖 4. 1997-2012 年臺灣西南海域大眼鯛各經度、緯度-月別CPUE分布圖(●大小代表CPUE多寡)。

Fig. 4. The longitude and latitude dynamic distribution diagram of the average Red bigeye fish CPUE during the period of 1997~2012.〔● size represents CPUE(kg/h) amount〕

漁獲量多寡為判斷是否為盛漁期的重要因素，根據漁獲統計資料較為完整的梓官地區長期月別-漁獲量資料分析，縱使各年度漁獲量多寡各有不同，但狗母魚每年之月別-漁獲量關係大致呈現一單峰現象，漁獲量最高值大致分布於每年 12 月至隔年 1 月間，因此可判斷西南海域狗母魚盛漁期為 12 月至 1 月，而大眼鯛盛漁期並非長期固定。

三、氣候變遷指數與 CPUE 變動關係

各項氣候變遷指數與狗母魚 CPUE 變動關係如圖 5 所示，觀察得知，狗母魚 CPUE 超過 4(kg/h)之高漁獲效率時，SOI 指數皆為正值，而 SOI 指數大於 17 時，CPUE 值有 85%的機率大於 2(kg/h) (圖 5A)；相反的，CPUE 超過 4(kg/h)之狀況只發生於 PDO 指數或 MEI 指數為負值時(圖 5 B、C)。而 PDO 指數大於 1 時，CPUE 值有 96%的機率小於 2(kg/h)，MEI 指數小於-1.3 時，CPUE 值有 85%的機率大於 2(kg/h)。由此可知，在冷事件發生時，即 SOI 指數長期處於正值，或 PDO 指數、MEI 指數長期為負值時，狗母魚 CPUE 有上升之趨勢。

各項氣候變遷指數與大眼鯛 CPUE 變動關係如圖 6 所示，嘗試以各項氣候變遷指數與大眼鯛 CPUE 變動關係作圖觀察發現，大眼鯛 CPUE 超過 2(kg/h)之較高漁獲效率時，PDO 指數有 85%的機率呈現負值 (圖 6 A)，NPGO 指數有 96%的機率呈現正值 (圖 6 B)。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 PDO 指數與大眼鯛 CPUE 變動呈現負相關 ($p<0.05$, $r=-020$)。由 1998 年起至 2012 年 CPUE 與各項氣候變遷指數之長期變動狀況圖 9 可發現，當 PDO 指數長期呈現負值時，大眼鯛 CPUE 有上升之趨勢。

四、典型相關分析 (Canonical correlation analysis, CCA)

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圖 7 所示，由圖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，該兩項生物子因子與環境因子中的 SOI 指數、WPO 指數及水下 100m 溫度均呈現正面關係，而與 PDO 指數、MEI 指數及水下 100m 鹽度則呈現負面關係，其中狗母魚資源與 SOI 指數、水下 100m 溫度呈現正相關($p<0.05$)，與 PDO 及 MEI 指數呈現負相關。大眼鯛資源與 PDO 指數呈現明顯負相關，表示該水產資源有受反聖嬰現象影響而上升之趨勢。

討論

俗稱狗母魚的蛇鯔屬魚種並非西南海域之高單價魚種，其漁獲價格依體型大小約每公斤 20-120 元，由於體內刺多，直接料理食用的機率不高，但經加工後，便成為魚鬆、魚漿、魚丸及魚麵等受歡迎美食;而大眼鯛於西南海域一直屬於底拖網漁獲中主要且穩定之高經濟性魚種，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，該 2 項

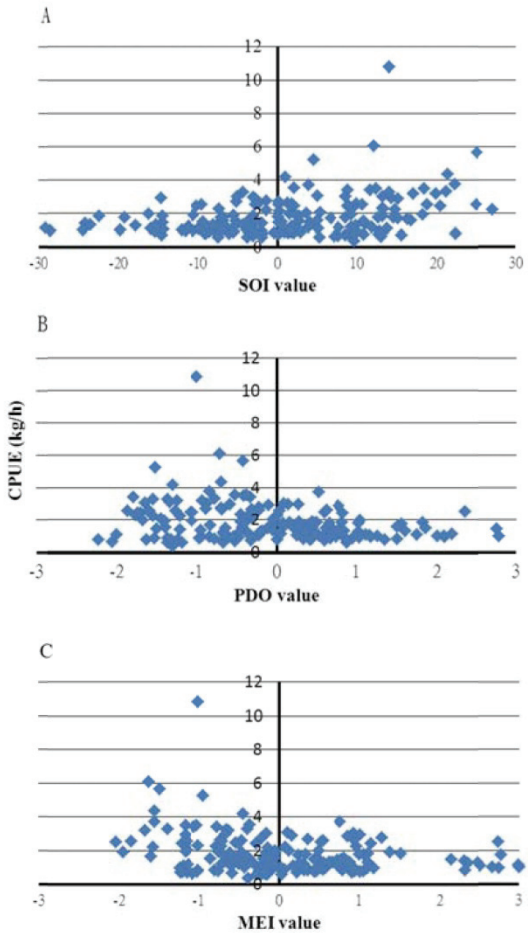


圖 5. 各項氣候變遷指數與狗母魚 CPUE 變動關係圖。

Fig. 5. Relationship between climate change indices and lizardfishes CPUE changes.

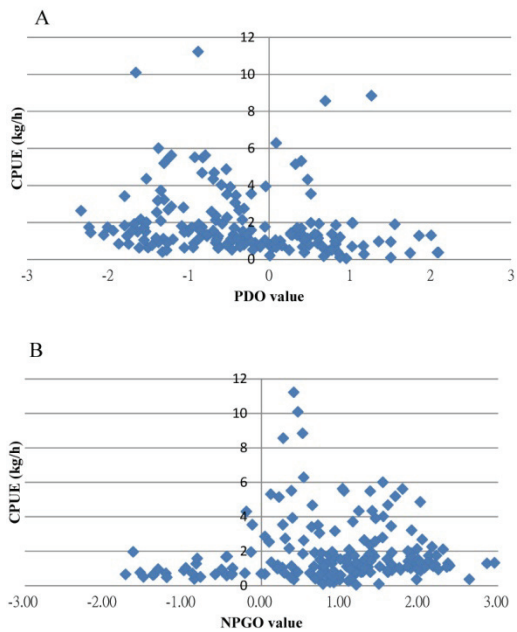


圖 6. 各項氣候變遷指數與大眼鯛 CPUE 變動關係圖。

Fig. 6. Relationship between climate change indices and Red bigeye fish CPUE changes.

餘種皆屬常見的平民化水產糧食，在目前陸地上所生產之糧食安全性屢受質疑，且民眾漸漸容易取得吃魚有益健康的訊息來源下，越貼近民眾可輕易取得的水產糧食便日形重要，且更具市場發展潛力。

經調查，西南海域俗稱狗母魚的魚種共有 7 種，因漁獲本身單價不高，故漁獲上岸漁民做完簡單的大小選別後，並不會特意將其依種類分裝，因此本研究所採用之狗母魚 CPUE 涵蓋以上 7 種狗母魚，以尾數比例視之，花斑蛇鰻、多齒蛇鰻及大頭花桿狗母占 98%，主要為花斑蛇鰻，在重量比例上花斑蛇鰻更達 60%。然而西南海域統底拖漁場所捕獲之狗母魚並非全數以花斑蛇鰻為主，不同深度及不同月別所捕獲魚種仍會有所差異。在深度差異上，根據 Yeh et al. (2011)調查結果，西南海域花斑蛇鰻及多

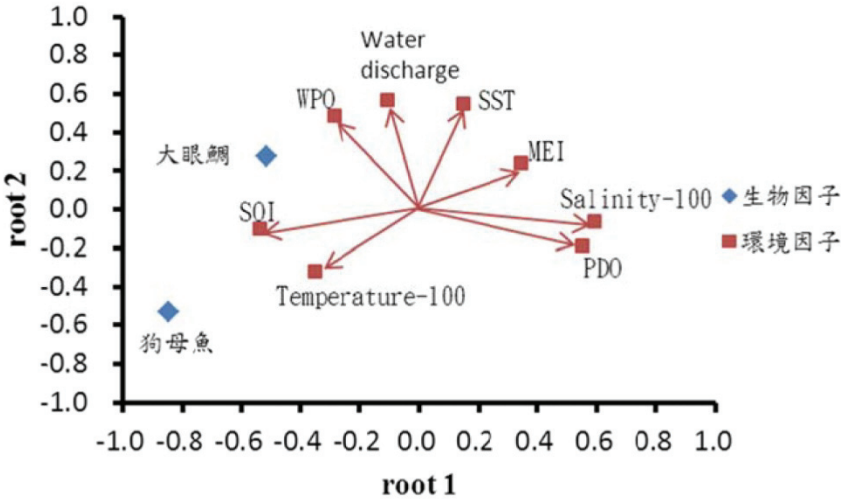


圖 7. 重要經濟魚種 CPUE 與環境因子以主成分 (CCA) 分析結果。

Fig. 7. CCA analysis by important economic species' CPUE and environmental factors.

齒蛇鰻主要漁場以 100 m 水深為分界，100 m 以深至 200m 為花斑蛇鰻漁場，100 m 以淺為多齒蛇鰻漁場，推測 100 m 以淺水域因包含 3 海浬禁漁區，在該區由於法規因素採樣不足之緣故，或許為目前西南海域狗母魚漁獲仍以花斑蛇鰻為主之原因。

根據臺灣西部海域海底地形圖分布，西南海域漁場分布在澎湖水道之右側外緣。澎湖水道位處台灣西南沿近海域，底質為細沙質，是臺灣西南部、澎湖群島及台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 (Huang, 2009)。由研究可知，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(Liu, 1985; Horng, 2000; Liu et al., 2001; Wang, 2008; Chiang, 2012)，在生殖期不變的情況下，推論近年來西南海域並非大眼鯛主要之產卵場。

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，由目前如烏魚、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 (Dai, 2008; Senina et al., 2008; Kawasaki, 2013)。本研究聚焦在西南海域沿近海底棲性的狗母魚及大眼鯛，由長期資料觀之，兩魚種的單位努力漁獲量在近 15 年間並未隨著時間而逐年下降，近年來甚至有較為上升的趨勢，顯示該魚種的漁業資源在人為過度開發的負面影響外，仍有正面發展的因子存在，在各項變動因子分析中，以氣候變遷各項指數 SOI、PDO 及 MEI 及水下 100m 溫鹽可作為預測倆魚種資源量變動的有利參考因子。顯示在氣候變遷的衝擊下，沿近海底棲性魚種亦受其影響。

由於兩魚種屬於底棲性魚種，其於台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，故魚類資源受這些水團衝擊的可能性便不能被忽略。由本研究結果可知，兩魚種在 La Niña 年時容易出現高漁獲效率之情形，再依 Huang (2009) 之澎湖水道聖嬰、正常及反聖嬰現象夏季溫鹽圖分布研究，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，由於南海水有大陸珠江水注入，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 年強東北季風作用，加強各水層之垂直混合作用 (Wang, 2007)，更營造有利於狗母魚資源量增加之水文環境條件。

以上根據長期的水文環境與狗母魚資源量變動，推論在海流帶來高營養鹽及季風增強水層混合之條件下，有利於兩魚種資源量增加。

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。

致謝

本研究感謝農委會「因應氣候變遷及糧食安全之農業創新研究」項下計劃 (計畫編號：102 農科-14.1.5-水-A1) 支應相關研究經費，並感謝許明樹先生協助統計資料分析，得以始研究得到多面向的分析結果。

引用文獻

Beamish R. J., M. Henderson and H. A. Regier. 1997. Impacts of Climate Change on the Fishes of British Columbia. In: Responding to Global Climate Change in British Columbia and Yukon [Taylor, E. and B. Taylor, (eds.)]. Volume I of the Canada Country Study: Climate Impacts and Adaptation, Environment Canada and B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks, Vancouver, British Columbia, pp. 12-1 to 12-16.

Chen, S. J. 1999. A Fundamental Study on the Management of Sakura Fishery Resources in Taiwan. Ph.D. Department of Fishery Science, National Taiwan Ocean University. 134 pp.

Chen, T. H. 1980. The Survey on Offshore Anchovies Resources in Taiwan. Test report of Fisheries Research Institute, COA, ROC, 32: 219-233. (in Chinese with English summary)

Chiang W. J. 2013. Reproductive biology of Big eye *Priacanthus macracanthus* in the coastal waters off southwestern Taiwan. MS Thesis, Department of Fisheries Production and Management, National Kaohsiung Marin University. 57 pp.

Cushing, D. H. 1982. Climate and fisheries.Academic Press, London, England.

Dai C. F. 2008. Climate change effects to marine organisms. Taiwan Forestry Research Institute Newsletter, 15(2): 16-19. (in Chinese)

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.

FAO (2010). The State of World Fisheries and Aquaculture. 2010.Part 1 (R. Grainger ed.), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, pp. 3-87.

Glantz, M. H. and L. Feingold (eds). 1992. Climate variability, climate change, and fishery. Cambridge University Press, pp.450.

Horng G. Y. 2000. Reproductive biology and estimate of reproductive value for the big eye, Priacanthus macracanthus in the northeastern waters off Taiwan. MS Thesis, Department of Fishery Science, National Taiwan Ocean University. 78 pp.

Huang, T. H. 2009. Carbon Dioxide Variation in Taiwan Strait and the northern South China Sea.MS Thesis, Institute of Marine Geology and Chemistry, National Sun Yat-Sen University. 135 pp.

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 Research II, 50(6-7): 1117-1126.

Kawasaki, T. 1995. Global Scale Environmental Changes and Floating Fish Resources. Aquatic Food and Ocean Research, 55(4):403-405. (in Japanese)

Kawasaki, T. 1999. El Niño and Earth Environment. Society of Climatic Impact Application. Seizando, Tokyo, Japan. 213 pp. (in Japanese)

Kawasaki, T. 2013. Regime Shift - Fish and Climate Change. Tohoku University Press, Sendai, Japan. 162 pp.

Lee, K.T., Lee, M.A., Hsu, C.H. 1999. Application of Acousto-optic Telemetry Technology in Fishery - a Case Study of Mackerel Fishery. *J. Underw. Tech.*, 8(4):34-45. (in Chinese)

Lee, K.T. 2007. Fish Community Regime Change-Climate change and Offshore Fishery resources, Taiwan *Fish. Assoc.*, 645: 38-48. (in Chinese)

Lee, K. T., K. Y. Wang and H. Y. Chiu. 2011. Impacts of Climate Change on the fluctuation in catch of Japanese eel (Anguilla japonica) elvers immigrating into the waters off Taiwan. Taiwan *Fish. Assoc.*, 661:13-22. (in Chinese)

Liu K. M. 1985. Reproductive biology of Big eye *Priacanthus macracanthus* in the coastal waters off Dong Gang. MS Thesis, Department of Fishery Science, National Taiwan Ocean University. 71 pp.

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.

Lu, H. J. 2005. Assessment of Climate Change Impacts and Adaptation Actions for Taiwan Area-Fisheries. National Science Council, Taipei, Taiwan. (in Chinese with English summary)

Mendelssohn 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.

Senina, I., J. Sibert, P. Lehodey. 2008. Parameter estimation for basin-scale ecosystem-linked population models of large pelagic predators: application to skipjack tuna. Progress in Oceanography, 78: 319–335.

Sun, F. J. 1988. Basic studies on the standing crop of engraulid larval fish off the coastal water of

northeast Taiwan by acoustic assessment method. MS Thesis, College of Ocean Science and Resource, National Taiwan Ocean University. 57 pp.

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.

Tung, C. P., M. C. Wu, K. T. Lee, C. F. Dai, P. F. Lee, Y. H. Chien, C. R. Chiou, H. J. Lu and M. H. Li. 2003. Establishment of National Communications Shock Adaptation Data for Member States of the United Nations Framework Convention on Climate Change - Climate, Hydrology, and Ecology (2).Environmental Protection Administration, Taipei, Taiwan.(in Chinese)

Wang, L. W. 2007. Inter-annual variability of marine biogeochemistry at the SEATS site: application of a one-dimensional coupled physical-biogeochemical model. Ph.D. Dissertation, Institute of Marine Geology and Chemistry, National Sun Yat-Sen University. 126 pp.

Wang W. C. 2008. Fishing impact on reproduction and growth of the bigeye, *Priacanthus macracanthus*, in waters off northeastern Taiwan. MS Thesis, College of Ocean Science and Resource, National Taiwan Ocean University. 89 pp.

Yeh, H. M., C. C. Wu, Y. H. Chen, C. Y. Chen and L. J. Wu. 2011. The fishing grounds and reproductive migrations of *Saurida* spp. off southwestern Taiwan. Fisheries Society of Taiwan 2011 Annual Meeting on 3th Dec. 2011.

Yeh, T. H. 2002. Study on the Impact of Ocean-Atmospheric Fluctuation of Grey Mullet (Mugil cephalus L.) catches in waters off Taiwan MS Thesis, Department of Fishery Science, National Taiwan Ocean University.

Impact of Climate Change on the Economical Fish Resources and Fishing Ground off the Southwestern Taiwan Waters

Chi-Chang Lai[1,2], Jian-Zhi Huang[1], Ching-Min Yang[1], Jia-Sin He[1], Long-Jing Wu[1], Hsing-Han Hung[1] and Ming-Kune Huang[1]

Abstract

A lot of studies have been done on the fishing grounds shift and resources of surface and mid-layer migratory fishes near Taiwan, but less were done on the bottom dwelling fish species. In this research, the important bottom dwelling Red bigeye fish were studied to understand the shift of its resources during the 17 year period between 1997 and 2013, under the climate change index and environment factors of its habitat.

Results show *Saurida undosquamis* was the main species of the Lizardfishes, and *Priacanthus macracanthus* was the main species of the Red bigeye fishes caught in the south-western waters of Taiwan. The CPUE in fishing grounds was significantly higher at the depth of 100–200 m. Judging from the variation of these climate change factors, the occurrence of La Niña raises the CPUE of Lizardfishes and Red bigeye fishes, with a positive correlation with temperature change, and a negative correlation with salinity at the depth of 100 m. This suggests that the strong northeast monsoon that La Niña brings was conducive to the vertical mixing of different water layers. Further more, water from the south China sea, more nutrient than the Kuroshio, comes through the Penghu Channel influx also contributes to the increase in lizardfishes and Red bigeye fishes resources.

This research will help predict changes in the lizardfish resources under the influence of hydrological environment changes and will be critical information for making coping strategies.

Keywords: Climate Change, Hydrological Environment, Bottom Trawlnet , Lizardfishes , Red Bigeye Fish.

---

1 Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute, Council of Agriculture, Kaohsiung, Taiwan 80672, ROC.

2 Corresponding Author, Email: cclai@mail.tfrin.gov.tw; Tel: 07-8218103#212.