

台江國家公園海域底棲魚類相與環境分析

陳國書¹，陳煦森¹，蘇彥霖¹，陳志遠²，陳孟仙^{1,3,4}

¹國立中山大學海洋科學系；²國立高雄科技大學海洋環境工程系；³國立中山大學海洋生態與保育研究所；⁴通訊作者 E-mail: mhchen@mail.nsysu.edu.tw

[摘要] 本研究使用海研三號研究船調查台江國家公園「海管一」及「海管二」底棲魚類群聚的物種組成及棲地環境特徵，並使用多變量統計方法探討優勢魚種的分布與棲地環境因子之關係。研究結果顯示，調查海域 7 個底拖測點共累計記錄魚種 47 科 84 屬 113 種，在海管一及海管二分別為 28 科 45 屬 61 種及 31 科 54 屬 67 種，其中 39 種為台江國家公園海域的新記錄魚種。本研究以鯧科 13 種最多，舌鰻科 8 種次之，再其次為鮎科、牛尾魚科和鰻科各 6 種，而石首魚科和牙鯧科各 5 種。此外，海管一及海管二的底棲魚類群聚物種組成，因海床深度及底質的不同，而具有空間分布差異。「海管一」七股北側沿海海床為淺於 31 公尺的砂質底質棲地，此海域代表性豐度優勢魚種為高體大鱗鯧、準大頭狗母魚和黑斑圓鱗鰻。「海管二」黑水溝海域的採樣水深介於 93 至 167 公尺，採獲多種深水魚類且多數種類為園區海域新紀錄種，例如：鼠尾鱈科、稚鱈科、發光鰻科、鱷齒魚科和鱸鰻科等魚類。再者，海管二西側為礁砂混合底質，具有較多岩礁棲性魚類(例如：鮨科和鮎科)，為台江國家公園底棲魚類物種多樣性最高的海域。

關鍵字：沿海魚類、環境因子、種類組成、物種多樣性、多變量統計分析

Species Composition and Habitat Characteristics of Demersal Fish Assemblages in Taijiang National Park, Taiwan

Kuo-Shu Chen¹, Hsu-Sen Chen¹, Yan-Lin Su¹, Chiee-Young Chen² and Meng-Hsien Chen^{1,3,4}

¹Department of Oceanography, National Sun Yat-sen University; ²Department of Marine Environmental Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology; ³Institute of Marine Ecology and Conservation, National Sun Yat-sen University; ⁴Corresponding author E-mail: mhchen@mail.nsysu.edu.tw

ABSTRACT The marine domain of Taijiang National Park, Taiwan, includes two parts: Marine Existing Use Areas one and two (MEUA1 and MEUA2). This study was aimed to understand the species composition of demersal fish assemblages and their habitat characteristics in MEUA1 and MEUA2 via the scientific expeditions by R/V *Ocean Researcher III* during the years 2016-2019. Demersal fish samples were collected at three sites in MEUA1 and four sites in MEUA2 using a beam trawl, and data of habitat characteristics, including bottom depth, temperature, and salinity of near-bottom seawater, and grain size and organic content of surface sediment at the fish-sampling sites were collected and used to represent environmental variables. Additionally, multivariate analyses were used to analyze the relationship between the distribution of dominant demersal fish species and environmental variables. The results indicated that demersal fish species belonging to 47 families, 84 genera, and 113 species, including 39 new records in Taijiang National Park, were collected. More specifically, 28 families, 45 genera, and 61 species in MEUA1 and 31 families, 54 genera, and 67 species in MEUA2 were recorded. The species numbers of the dominant families in descending order were Bothidae (13 species), followed by Cynoglossidae (8 species), Scorpaenidae

(6 species), Platycephalidae (6 species), Soleidae (6 species), Sciaenidae (5 species), and Paralichthyidae (5 species). Differences in the species composition of demersal fish assemblages as well as habitat characteristics were demonstrated between MEUA1 and MEUA2. In MEUA 1, which is characterized by a shallow soft bottom of sandy substrates, the large-tooth flounder *Tarphops oligolepis*, the snakefish *Trachinocephalus myops*, and the Carpet sole *Liachirus melanospilos* dominated by abundance. In MEUA2, on the contrary, several deep-sea fishes, mostly newly recorded, were found, e.g. macrourids, morids, acropomatids, champsodontids, and percophids. Moreover, as a result of the mixed sand/gravel substrates at the western sampling site in MEUA2, there were more reef-associated fishes (e.g. scorpionfishes and groupers), revealing the relatively high biodiversity in terms of demersal fish species diversity in Taijiang National Park.

Keywords: coastal fish, environmental factor, fish fauna, species diversity, multivariate analysis

前言

台江國家公園位在臺灣西南部及沿海，成立於 2009 年，為臺灣第八座國家公園，也是臺灣唯一濕地型國家公園。台江國家公園境內有曾文溪口濕地及四草濕地兩處國際級濕地，為珍稀保育候鳥黑面琵鷺重要的南遷度冬的棲息場域。除濕地及潟湖等自然景觀著名外，台江國家公園也肩負保護濕地的生物多樣性，及傳承人文、歷史古蹟和漁鹽產業文化等；並納入陸域園區沿海 20 公尺以淺與平均高潮線向海 3 哩涵蓋之最大範圍為「海域一般管制區一-臺南沿海一般管制區」，簡稱「海管一」；以及東吉嶼至鹿耳門段的黑水溝歷史航道，為「海域一般管制區二-黑水溝一般管制區」，簡稱「海管二」（內政部 2018）。海管二東側銜接海管一，西側則緊鄰澎湖南方四島國家公園。海管二橫跨水深超過 170 公尺的海谷地形「澎湖水道」，海床崎嶇不平，水深變化介於 60 至 180 m。

台江國家公園成立已屆 10 年，在成立前 Kuo *et al.* (2001) 記錄七股潟湖的魚類相，共 46 科 111 種。成立後，林幸助等(2011)記錄園區 44 科 92 種魚類，有 60 種為經濟性魚類。魚種數出現最多的是鰕虎科有 11 種，其次為鯡科、鰻科及鯧科各有 6 種。Chen *et al.* (2013) 調查河口半淡鹹水交會處及紅樹林的魚類多樣性，發現世界新種並命名為台江擬鰕虎 (*Pseudogobius taijiangensis*)。陳義雄等(2014) 調查園區沿海地區與潟湖的魚類物種多樣性，累積記錄 49 科 97 屬 123 種魚類，其中有 44 種魚類為園區的新紀錄魚種，並得知七股潟湖國家公園學報二〇二〇年第三十卷第二期

的優勢魚種隨著季節不同由日本海鰱 (*Nematalosa japonica*)、四帶雞魚 (*Pomadasy quadrilineatus*)、褐臭肚魚 (*Siganus fuscescens*) 及圈頸鰻 (*Nuchequula mammusella*) 等魚種交替出現。上述過去的研究成果主要著力在調查台江國家公園陸域園區及其周緣地區的相關河流、溪口、七股潟湖及近岸海域的魚類相，對於水深較深的海管一及海管二海域的底棲魚類相，則缺乏研究。

陳孟仙等 (2016、2017、2018、2019) 彙整文獻資料與 2006-2010 及 2016-2019 年期間以海研三號研究船的調查成果，建立台江國家公園魚類名錄 149 科 429 屬 798 最小分類單元 (taxa)；同時整理新紀錄魚種計 196 種(陳孟仙等 2019)。本研究即彙整 2016-2019 年陳孟仙等人以海研三號調查台江國家公園海域所得的底棲魚類及環境資料(陳孟仙等 2016、2017、2018、2019)，以多變量統計方法，解析海管一及海管二依測點位置的底拖魚類種類組成及其與環境因子的關係，作為園區海域經營管理及底棲魚類資源永續利用之參考資料。

材料與方法

一、調查範圍

本研究的底拖調查測點(圖 1)在海管一包括七股北側沿海的測點 C1 及 C2 和南側沿海的測點 C3；C1 及 C2 為過去研究船曾經調查的測點，C3 為本研究新設置的測點。海管二則包括東側的測點 T1、中間的測點 T2 及 T3，以及西側的測點 T4(表 1)，T1 至 T4 相鄰兩測點的間距約為 4.5 哩(約 8 km)，考量研究船作

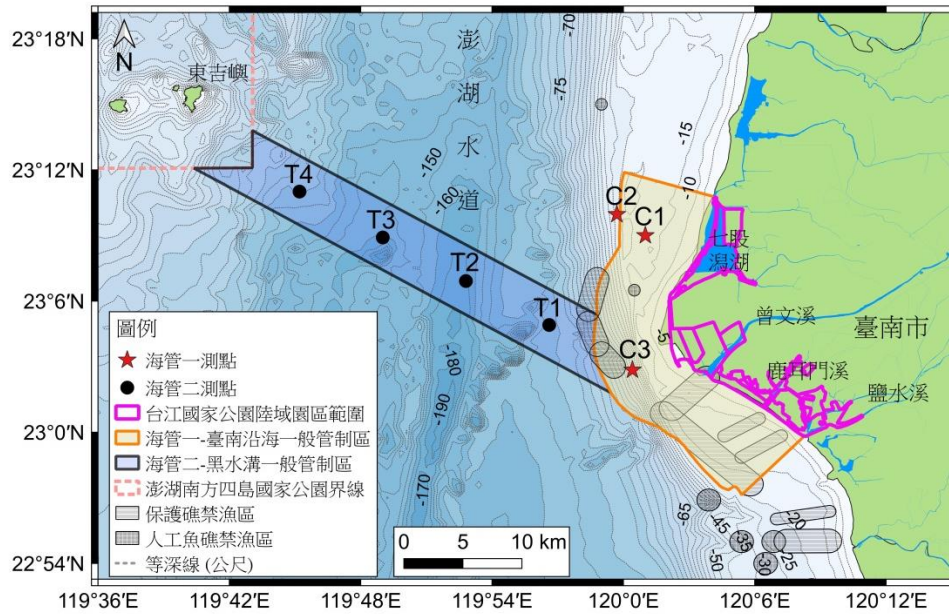


圖 1. 台江國家公園海域範圍及本研究測點的位置。C1-C3(★)：海管一測點；T1-T4(●)：海管二測點

表 1. 台江國家公園海管一測點的環境及底拖魚類資料。

地理區域	七股北側沿海		七股南側沿海
	C1	C2	C3
底拖水深範圍 m	12-25	20-31	44-76
底水溫度 °C (平均值±SD)	27.2±2.0	26.9±2.5	26.4±1.2
底水鹽度 psu (平均值±SD)	34.0±0.6	34.0±0.6	34.1±0.4
底質中值粒徑 μm (平均值±SD)	229±26	208±37	215±109
底質有機質比例% (平均值±SD)	2.5±0.3	2.5±0.3	2.2±0.1
成功網次數	13	13	4
採獲魚種數 (種或 taxa)	18 科 26 屬 33 taxa	24 科 36 屬 49 taxa	12 科 14 屬 18 種
每網次平均捕獲 魚種數 (±SD)	5.6±3.9	9.1±4.3	5.3±1.6

業的能量而設置此橫跨黑水溝的測點數量。七股北側沿海(測點 C1 及 C2)的底拖採樣網次數最多，原因為此處海床平坦，且無大區域的人工魚礁禁漁區域，適合研究船底拖調查作業。而海管一安南沿海的大部分海床為保護礁禁漁區(圖 1)，不適合研究船底拖調查作業，故未設置底拖調查測點。

二、調查方法

1. 作業方式及調查網具

本研究以「海研三號」研究船在所有測點進行底拖網調查採樣。在 2016 年 4 日至 2019 年 5 月期間約以每季一次的採樣頻率在「海管

一」七股北側沿海的測點 C1 及 C2，以桁桿式底拖網(beam trawl)採樣底棲魚類。「海管一」七股南側海域測點 C3 及「海管二」測點 T1-T4，因研究船每航次所規劃的採樣時間限制，這些測點在每季航次的採樣中，只有部分測點有底拖作業。桁桿式底拖網的規格為：桿長 6 m、網長 8 m、網身網目 20 mm、網尾網目 15 mm。底拖作業方式為以約 2 節的船速在測點海域進行拖網 30 分鐘，各測點作業海域水深介於 12 至 167 m。另外，在測點底拖調查前先以溫鹽深儀採樣系統，收集測點海域不同水深的水文資料(包括：溫度及鹽度)；並利用史密斯-麥金泰爾採泥器採集測點海床的表層沉積物，

作為底質粒徑及有機質比例分析之用。底拖網採獲的底棲魚類，在研究船上先以冷凍(-20°C)方式保存魚類樣本，上岸後再將樣本攜回實驗室進一步鑑定及測量體型大小(包括體長及體重)。

2. 樣本處理及魚類鑑定

冷凍攜回實驗室的底棲魚類樣本，逐批解凍後，依據參考文獻資料將每尾樣本魚儘可能鑑定至種，並測量魚體大小，包括標準體長、全長或尾叉長(精確至 1 mm)和體重(精確至 0.1 g)。魚類鑑定依據及魚種名稱，主要參考沈世傑(1993)和臺灣魚類資料庫(邵廣昭 2020)，其它鑑定所依據的參考文獻包括：Fishbase 網站(www.fishbase.org; Froese and Pauly 2019)及 Nakabo (2013)。本研究未能鑑定至種的魚類樣本，多數為幼魚或是外觀破損嚴重的個體。本研究將每網次捕獲的魚類資料標準化計算其豐度，亦即將各魚種鑑定數後，把該網次所採獲各魚種尾數除以拖網的掃海面積，以獲得單位面積的魚種豐度資料(Pacunski *et al.* 2016)，各魚種豐度資料之單位訂定為每 1 萬平方米(公頃, ha)捕獲的個體數(亦即： ind. ha^{-1})。本研究只使用底拖網成功採樣的網次結果，其他因海流流速太強造成翻網或因網子破損的失敗底拖網的採樣結果，皆不納入本研究的統計分析。本研究採獲的魚種中，僅有軟骨魚類的褐黃扁魷 *U. aurantiacus* (Last and Marshall 2006) 和赤魷 *Dasyatis (Hemirhynchus) akajei* (Huvneers and Ishihara 2016) 在 IUCN 紅色物種名錄評估為近危(Near Threatened)，其他有 37 魚種為無危(Least Concern)、8 種為數據缺乏(Data Deficient)、66 魚種為未予評估(Not Evaluated)(附錄 1)。

本研究使用雷射粒徑分析儀(Beckman Counter LS-100 或 LS-13 320 型)分析底質樣本的粒徑組成，並依據 Wentworth scale (Wentworth 1922)將沉積物的粒徑分類。另外，以乾灰化法(陳孟仙等 2016)的方法測量底質的有機質比例。

3. 資料分析

在分析環境因子方面，本研究利用主成分分析(principal component analysis, PCA)將具有複雜關係的環境因子縮減維度，以解釋測點

間環境因子的關係(Anderson *et al.* 2008)。PCA 為非約束性排序(unconstrained ordination)，常用來處理環境因子的降維，並以較少的維度視覺化呈現測點間環境因子相關(correlation)的主要型式(major patterns)，以利選擇可代表主要環境梯度的環境因子(Anderson *et al.* 2008)。在群聚資料分析方面，本研究使用聚類分析(cluster analysis, CA)檢視各網次及各測點魚類群聚物種組成的分群結果(Anderson *et al.* 2008)，並和其他多變量分析結果做討論。CA 常被用來將類似的群聚資料點分為一群組，而不同群組的資料點相似度差異大，藉以將具有多重資訊的群聚資料區分歸類，並由視覺化的樹狀結構圖(dendrogram)呈現各樣本間的類緣關係(Anderson *et al.* 2008)。本研究利用正典對應分析(canonical correspondence analysis, CCA)，藉以了解底棲魚種分布與環境因子間的關係(Giddens *et al.* 2019)。CCA 為約束型排序(constrained ordination)，群聚生態學上常使用 CCA 來了解物種分布和生態環境變數間的相關性(Legendre and Legendre 2012, Borcard *et al.* 2018)。上述多變量統計分析(PCA、CA 和 CCA)之資料處理細節簡述如下。2019 年 5 月測點 C1 及 C3 沒有收集到底質粒徑及有機質比例資料，故以相同測點但時間相近的航次所取得的資料來代表。PCA 使用歐氏距離(Euclidean distance)對環境因子降維；海水鹽度資料因其分布呈現左偏(negative skewness)，故先將鹽度以立方做資料轉換(data transformation)，再進行標準化(Newton and Rudestam 2013)。進行 CA 前，先將底棲魚類的豐度資料做對數轉換，亦即 $\log(X+1)$ ，並依據 Bray-Curtis 方法所估算的各網次間魚種組成的相似度，使用置換檢驗(permutation tests)檢示各分群是否顯著(Anderson *et al.* 2008)。CCA 使用相對豐度合計達 90% 以上的底棲魚類豐度資料與 5 個環境因子(拖網深度、底水溫度、底水鹽度、底質粒徑和底質有機質比例)進行多元直接梯度分析(multivariate direct gradient analysis)。本研究使用 Primer V7 軟體(PRIMER-E: Plymouth, UK)進行 PCA 及 CA，以及使用 XLSTAT 軟體(Addinsoft, Paris, France)進行 CCA。

結果

一、海域環境

本研究底拖調查拖網成功次數以「海管一」七股北側沿海的測點 C1 及 C2 最多，合計達 26 網次；測點 C3 及 T1-T4，因每季航次採樣時間的限制，並無法在每季的航次中完成每個測點的底拖採樣，較深水的測點也常有失敗網次；因此測點 C3 及 T1-T4 的成功網次數為 2 至 4 網次，少於測點 C1 及 C2(表 1、表 2)。測點 C1 及 C2 底拖水深範圍介於 12-31 m，為所有 7 個海域測點中最淺(表 1、表 2)。測點 C1 及 C2 的水文溫鹽性質相似，底質中值粒徑為細砂 (fine sand) 或中砂 (medium sand)，顯示調查海域為軟底質的砂質海床(表 1)。測點 C3 位在「海管一」七股南側沿海，底拖水深(44-76 m)較測點 C1 及 C2 (12-31 m) 為深，C3 海床為斜坡地形，底質中值粒徑為細砂或中砂，也為軟底質的砂質海床(表 1)。測點 T1 位在「海管二」東側，底拖水深介於 93-118 m，底水平均溫度高於測點 T2 至 T4 約攝氏 2 度；T1 底質中值粒徑的平均值為所有 7 個測點中最小，中值粒徑為粉砂(coarse silt)或極細砂(very fine sand)，為軟底質的砂泥質海床(表 2)。海管二中間測點 T2 及 T3，位在海谷地形澎湖水道的深水處，兩測點底拖水深介於 125-167 m，平均底水溫度約 19°C 左右；底質中值粒徑為細砂或中砂，本海域主要為軟底質的砂質海床(表 2)；惟測點 T2 有 2 網次採獲海床上的小石塊，故 T2 附近海域部份為礁砂混合底質。海管二西側測點 T4 底拖水深介於 97 至 116 m，底水溫度約 19-20°C 左右；底質中值粒徑為中砂，中值粒徑平均值為 7 個測點中最大(表 2)。在測點 T4 有 4 網次及測點 T2 有 2 網次的底拖網結果皆採得中小型石塊，顯示兩測點海域為礁砂混合底質。各海域測點的底質有機質比例相近(表 1、表 2)，介於 2.0% 至 2.5%，但以海管二中間測點 T3 較低(2.0%)。

二、魚種組成

海管一及海管二底拖記錄的魚種數(不包括未鑑定至種的分類單元)分別為 28 科 45 屬 61 種及 31 科 54 屬 67 種，兩海域共記錄魚種

數 47 科 84 屬 113 種(圖 2、附錄 1)，其中經濟性魚類 21 科 41 種，約佔 36% 種類數。高經濟性的魚種包括：沙鯪科的日本沙鯪(*Sillago japonica*)、鮨科的青石斑魚(*Epinephelus awoara*)、石首魚科的鱗鰭叫姑魚(*Johnius distinctus*)、大頭白姑魚(*Pennahia macrocephalus*) 和斑鰭白姑魚(*Pennahia pawak*)、鬚鯛科的大型海鯪鯉(*Parupeneus spilurus*)、牙鯪科的大齒斑鯪(*Pseudorhombus arsius*)、舌鰻科的大鱗舌鰻(*Cynoglossus arel*)、雙線舌鰻(*Cynoglossus bilineatus*) 和窄體舌鰻(*Cynoglossus gracilis*) 等。本研究記錄的魚種主要為底棲砂泥底質的中小型魚類(附錄 1)，採獲科別中以鯪科 13 種最多，舌鰻科(8 種)次之，再其次為鮪科、牛尾魚科和鰻科各 6 種，石首魚科和牙鯪科各 5 種，鬚鯛科 4 種。

「海管一」七股北側沿海的測點 C1 及 C2 各 13 網次採獲魚種數以測點 C2 的 49 taxa 較測點 C1 的 33 taxa 為多(表 1)。「海管一」七股南側沿海測點 C3 僅成功底拖 4 網次，採獲魚類 12 科 14 屬 18 種(表 1)。「海管二」東側測點 T1 成功底拖 4 網次採獲魚類 11 科 11 屬 15 taxa(表 2)。「海管二」中間測點 T2 採獲 15 科 20 屬 22 taxa；測點 T3 採獲 10 科 10 屬 14 taxa(表 2)。「海管二」西側，鄰近東吉嶼海域的測點 T4，4 網次採獲魚類 24 科 39 屬 44 taxa(表 2)。每網次平均捕獲魚種數以「海管二」西側測點 T4 為最多，達 14 種，測點 C2 的 9 種次之(表 1、表 2)。

「海管一」七股北側沿海的測點 C1 及 C2 的前二豐度優勢魚種皆為牙鯪科的高體大鱗鯪(*Tarphops oligolepis*) 和合齒魚科的準大頭狗母魚(*Trachinocephalus myops*)，且在一年四季皆可採獲(圖 3A、B)；第三豐度優勢魚種在測點 C1 為牛尾魚科的突粒眶棘牛尾魚(*Sorsogona tuberculata*)，在測點 C2 為鰻科的黑斑圓鱗鰻(*Liachirus melanospilos*) (圖 3A、B)。海管一七股南側沿海的測點 C3 前 3 豐度優勢魚種依序為鯪科的康氏側帶小公魚(*Stolephorus commersonii*)、舌鰻科的斷線舌鰻(*Cynoglossus interruptus*) 和格氏舌鰻(*C. kopsii*) (圖 3C)。海管二東側的測點 T1 前三豐度優勢魚種依序為石首魚科的鱗鰭叫姑魚(*J.*

表 2. 台江國家公園海管二測點的環境及底拖魚類資料

地理區域 測點	東側		中間		西側
	T1	T2	T3	T4	
底拖水深範圍 m	93-118	125-167	155-158	97-116	
底水溫度 °C (平均值±SD)	22.1±1.3	19.0±0.7	19.7±0.4	19.7±0.4	
底水鹽度 psu (平均值±SD)	34.5±0.13	34.7±0.1	34.7±0.0	34.6±0.1	
底質中值粒徑 μm (平均值±SD)	82±39	231±163	201±0	341±2	
底質有機質比例% (平均值±SD)	2.5±0.1	2.2±0.1	2.0±0	2.5±0.4	
成功網次數	4	4	2	4	
採獲魚種數 (種或 taxa)	11 科 11 屬 15 taxa	15 科 20 屬 22 taxa	10 科 10 屬 14 taxa	24 科 39 屬 44 taxa	
每網次平均捕獲 魚種數 (±SD)	4.8±1.8	6.8±4.0	7.0±7.1	14.5±4.0	

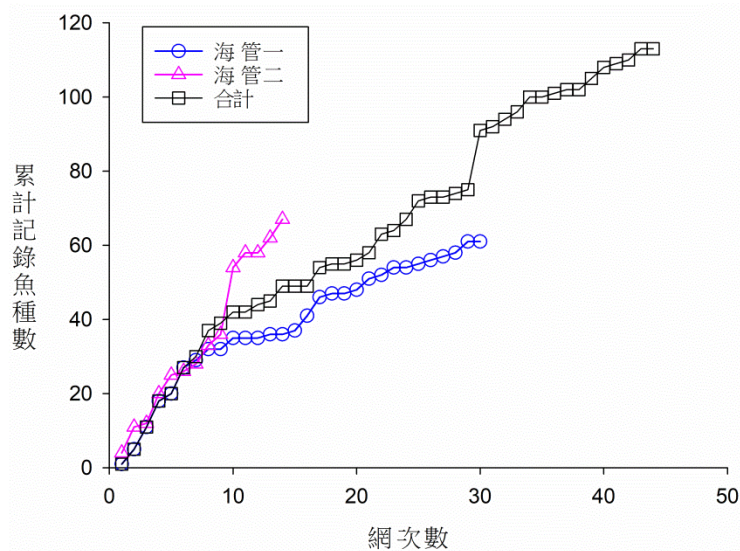


圖 2. 台江國家公園海管一及海管二底棲魚類相調查之網次數與累計記錄魚種數之折線圖。海管一：30 網次 61 種；海管二：14 網次 67 種；兩海域合計 44 網次 113 種(不重複計算相同的魚種)

distinctus、鰻科的卵鰻(*Solea ovata*)和石首魚科的屈氏叫姑魚(*Johnius trewavasae*) (圖 3D)。海管二中間的測點 T2 前 3 豐度優勢魚種依序為鼠尾鱈科的臺灣腔吻鱈 (*Coelorinchus formosanus*)、格氏舌鰻(*C. kopsii*)和扁魷科的褐黃扁魷(*Urolophus aurantiacus*) (圖 3E)；測點 T3 依序為格氏舌鰻(*C. kopsii*)、鬚鯛科的日本緋鯉(*Upeneus japonicus*)和牛尾魚科的大眼牛尾魚(*Suggrundus meerdervoortii*) (圖 3F)。海管二西側測點 T4 的前三豐度優勢魚種為鮎科的小口鮎(*Scorpaena miostoma*)、鮨科的臺灣擬鮨(*Parabothus taiwanensis*)和擬鱸科的六帶擬鱸(*Parapercis sexfasciata*) (圖 3G)。

三、多變量統計分析

由 PCA 結果顯示，第一至第三主成分共解釋變異達 88% (表 3)。PCA 第一軸(PC1)變數負荷(variable loading or coefficient)較大之變數主要為拖網深度和底水溫度及鹽度等水文環境因子(表 3)。因為海洋水文環境的底水溫度和海床深度常為負相關，而底水鹽度和海床深度呈正相關；故 PC1 可視為以拖網深度為最主要解釋變異的環境因子。第二軸(PC2)和第三軸(PC3)則分別以底質粒徑和底質有機質比例兩者為變數負荷較大之變數(表 3)。由圖 4 測點的位置顯示，測點 C1-C3 為底深淺的測點，位在 PC1 軸的左側，也對應相對較高的底水溫度和底質有機質比例、較低的底水鹽

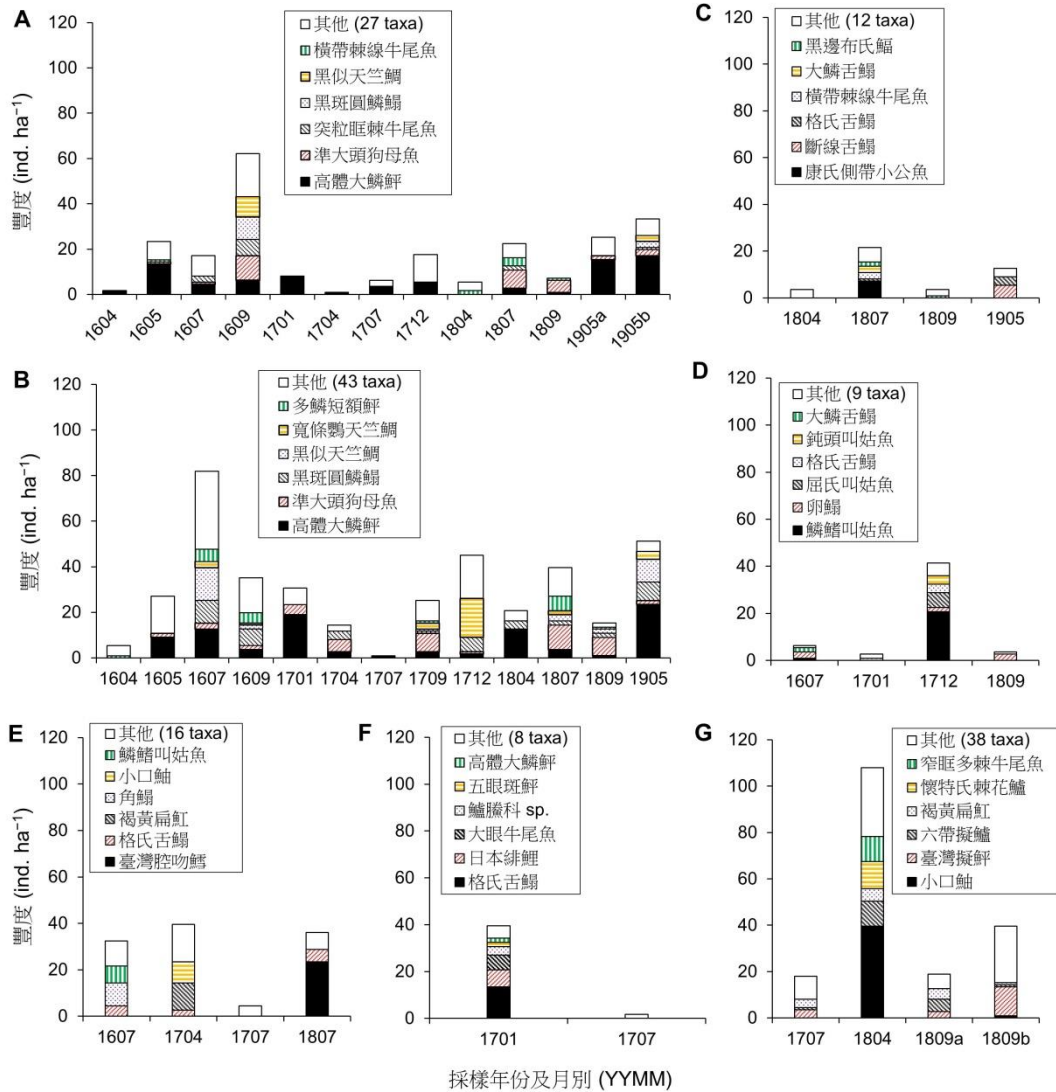


圖 3. 台江國家公園海域(A)測點 C1、(B)測點 C2、(C)測點 C3、(D)測點 T1、(E)測點 T2、(F)測點 T3 及(G)測點 T4 的前六豐度優勢底棲魚種之堆疊圖

表 3. 主成分分析各軸之變數負荷(variable loading or coefficient)、特徵值(eigenvalues)及佔解釋變異之比例

環境因子	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
拖網深度(底深)	0.54	-0.01	0.41	-0.30	-0.67
底水溫度	-0.55	0.17	-0.36	0.12	-0.72
底水鹽度	0.49	0.01	-0.24	0.83	-0.11
底質粒徑	0.03	-0.94	-0.30	-0.10	-0.10
底質有機質比例	-0.40	-0.29	0.74	0.45	-0.06
特徵值	2.64	1.04	0.718	0.461	0.141
佔解釋變異之比例 (%)	52.7	20.9	14.4	9.2	2.8

度和較小的底質粒徑；而 T1-T4 為底深較深的測點，位在 PC1 軸的右側，也對應較低的底

水溫度、較高的底水鹽度及部份測點(測點 T2 及 T4)有較大的底質粒徑(圖 4)。由 CA 結果

顯示(圖 5),測點 C1 及 C2 的底棲魚種組成明顯與海管二測點 T1-T4 為不同的分群;此外,「海管二」測點 T4 的 4 個網次及 T2 的 1 個網次,其底棲魚類組成相似度亦被區分為不同群。C3 測點 4 個網次的魚種組成相似度較接近於測點 T1-T3。本研究以相對豐度較高的 48 魚種(表 4)做為 CCA 之用,以減少稀有種對 CCA 結果的影響。CCA 使用的魚種約占全部魚種數量達 91%。CCA 結果(表 5)顯示,約束慣量(constrained inertia)佔總慣量約 23.8%,置換檢驗結果達顯著水準(Pseudo- $F = 2.371$, $P < 0.0001$),並且個別環境因子對解釋底棲魚種豐度之分布,皆達顯著水準($P < 0.05$)。CCA 結果(圖 6A)中的測點相對位置與 PCA 結果(圖 4)類似,但可由圖 6B 看出測點的環境因子與底棲魚種分布之關係。舉例來說,測點 C1 及 C2 所對應的環境特徵為底深淺、底水溫度較高及鹽度較低、以及底質有機質比例較高(圖 6A),相對應的代表性魚種(圖 6B)包括:合齒魚科準大頭狗母魚#4、牛尾魚科魚類(橫帶棘線牛尾魚#9、棘鱗牛尾魚#10 和突粒眶棘牛尾魚#12)、天竺鯛科黑似天竺鯛#17、沙鯪科日本沙鯪#20、鼠鱚科扁鱚#32、牙鯨科高體大鱗鯨#34、鯨科魚類(青纓鯨#36、偉鱗短額鯨#38、馬爾地夫短額鯨#39 和多鱗短額鯨#40)、鰻科黑斑圓鱗鰻#43 以及舌鰻科雙線舌鰻#46。測點 T1 所對應的水文環境為拖網深度較深、底水溫度較低及底質粒徑較小(圖 6A);T1 對應的魚種(圖 6B)包括:石首魚科的鈍頭叫姑魚#22、鱗鱗叫姑魚#23 和屈氏叫姑魚#24,以及鰻科的卵鰻#44。圖 6B 右下角#6 為鼠尾鱈科的多棘腔吻鱈,其對應測點 T2 的一個網次,該網次的底質粒徑較大並且拖網深度也較深。此外;魚種編號為#1(褐黃扁魷)、#3(日本姬魚)、#7(小口鮎)、#11(犬齒牛尾魚)、#14-16(窄眶多棘牛尾魚、日本發光鯛、懷特氏棘花鱸)、#19(中線鸚天竺鯛)、#28-31(莫氏擬鱸、六帶擬鱸、鬚棘吻魚、臺灣小骨騰)及#41(臺灣擬鯨)偏好棲息在礁砂混合底質的 T2 及 T4 海域(表 4、圖 6B)。

討論

本研究調查台江國家公園成立後海管一及海管二的底棲魚類相及棲地環境特徵。海管一採獲底棲魚類 28 科 45 屬 61 種,海管二採獲 31 科 54 屬 67 種,兩海域共合計 47 科 84 屬 113 種,其中有 39 種為園區海域的新紀錄種,並且海管一及海管二的底棲豐度優勢魚種組成明顯不同。「海管一」七股北側沿海以高體大鱗鯨、準大頭狗母魚和黑斑圓鱗鰻為豐度最優勢種。海管二的優勢魚種包括斷線舌鰻、格氏舌鰻、鱗鱗叫姑魚、臺灣腔吻鱈和小口鮎等。以魚種數來看,最優勢科別包括鯨科、舌鰻科、鮎科、牛尾魚科、鰻科、石首魚科、牙鯨科和鬚鰻科等。此外,海管二可採獲多種的深海魚類,並且在西側礁砂混合底質的測點 T4 可採獲較多種的岩礁棲性魚類,呈現海管二西側為台江國家公園海域底棲魚類物種多樣性較高的海域。

「海管一」七股北側沿海的測點 C1 及 C2,因海床水深差異小、相隔距離近且底質和海水溫鹽性質皆相似,兩測點海域的底拖魚類群聚也相似,皆以高體大鱗鯨和準大頭狗母魚為前二豐度優勢底棲魚種,魚種組成明顯與七股南側沿海測點 C3(位在海床斜坡處)及海管二各測點明顯不同(圖 1、表 2、4)。七股南側沿海測點 C3 底拖水深達 45 m 可採獲中、表層魚類的康氏側帶小公魚(*S. commersonii*),一般其棲息水深可達 50 m (Froese and Pauly 2019)。另外,海管二測點 T1 至 T3 的海床水深達 90 至 170 m,底質為軟底質砂泥海床;僅測點 T2 部分區域及測點 T4 的底質粒徑較大,為礁砂混合底質,具有礁塊散布所形成的微棲地(圖 1、表 2)。海管二各測點的水深較深且海流因潮汐作用及海底地形的影響十分強勁,易造成拖網採樣失敗(翻網或網具未接觸海床),因此各測點成功的採樣網次皆少於 5 網次。採獲的魚種多數可能是棲地範圍廣大的巡遊性魚種,因此海管二各測點每網次採獲的底棲魚類群聚魚種組成變化大。海管一及海管二的累計記錄的魚種數仍隨著網次數的增加而累增中(圖 2);日後應加強海管一南側及海管二的調查,以便記錄到更多的魚種,有助於全面了解台江國家公園海域底棲魚類群聚的物種多樣性。

「海管一」七股北側沿海(測點 C1 及 C2)

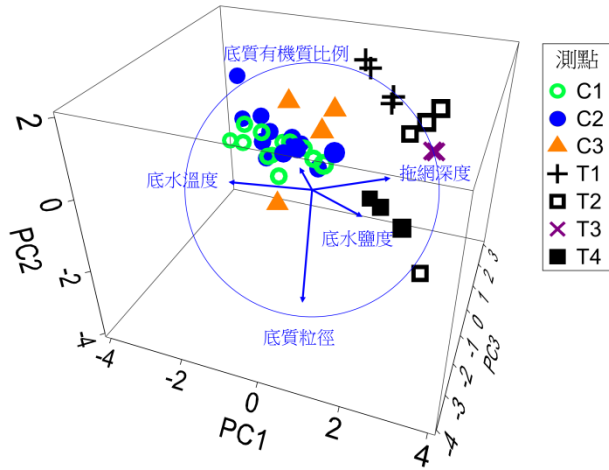


圖 4. 台江國家公園海域測點環境因子之主成分分析結果

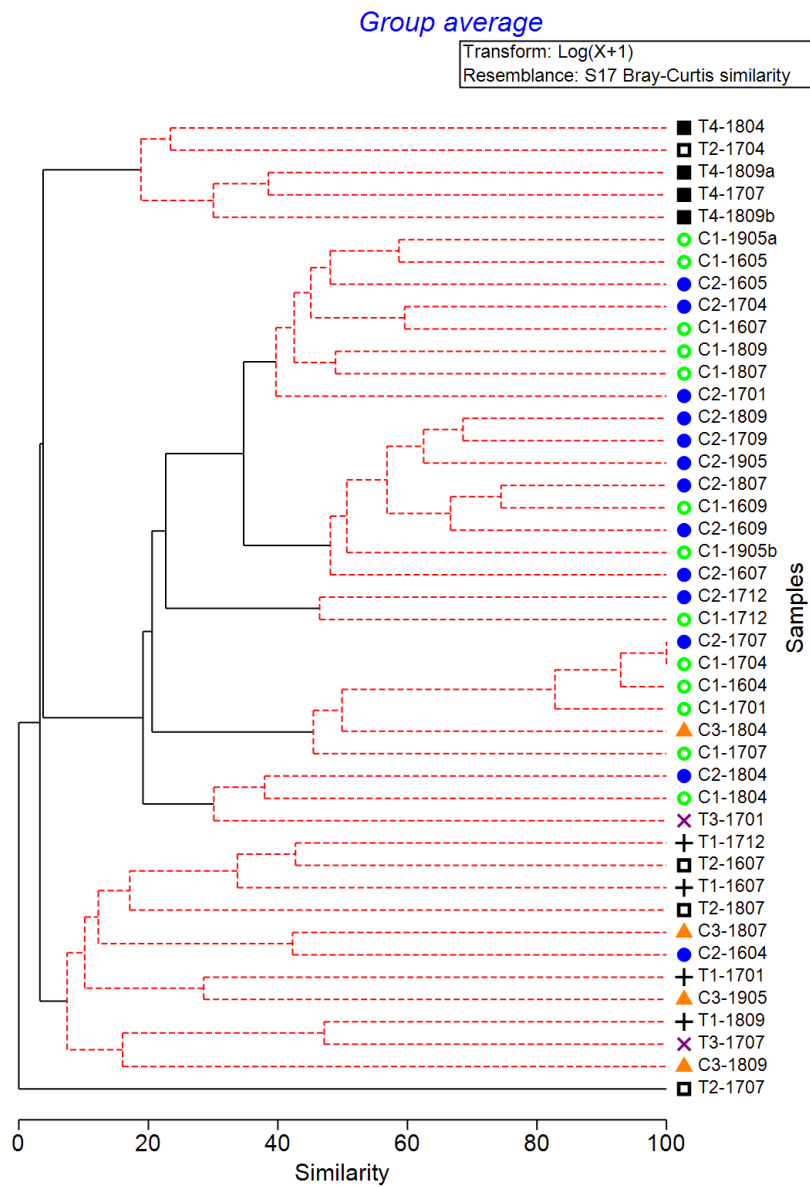


圖 5. 台江國家公園海域 44 網次底拖網採獲魚類組成之聚類分析結果。圖上以紅色虛線代表各網次及群組間未具顯著的相似性差異(permutation tests, $P > 0.05$)。每網次代碼標註方式：測點-YYMM (YYMM 為採樣的西元年月，末端以字母 a 和 b 區分具有相同採樣年月之網次)

表 4. 正典對應分析使用之魚種列表

魚種代碼	科名/Family	學名	中文名
1	扁魷科 Urolophidae	<i>Urolophus aurantiacus</i>	褐黃扁魷
2	鯤科 Engraulidae	<i>Stolephorus commersonii</i>	康氏側帶小公魚
3	仙女魚科 Aulopidae	<i>Hime japonica</i>	日本姬魚
4	合齒魚科 Synodontidae	<i>Trachinocephalus myops</i>	準大頭狗母魚
5	鼠尾鱈科 Macrouridae	<i>Coelorinchus formosanus</i>	臺灣腔吻鱈
6		<i>Coelorinchus multispinulosus</i>	多棘腔吻鱈
7	鮋科 Scorpaenidae	<i>Scorpaena miostoma</i>	小口鮋
8		<i>Scorpaenodes crossotus</i>	皮鬚綫鮋
9	牛尾魚科 Platycephalidae	<i>Grammoplites scaber</i>	橫帶棘線牛尾魚
10		<i>Onigocia spinosa</i>	棘鱗牛尾魚
11		<i>Ratabulus megacephalus</i>	犬齒牛尾魚
12		<i>Sorsogona tuberculata</i>	突粒眶棘牛尾魚
13		<i>Suggrundus meerervoortii</i>	大眼牛尾魚
14		<i>Thysanophrys chiltonae</i>	窄眶多棘牛尾魚
15	發光鯛科 Acropomatidae	<i>Acropoma japonicum</i>	日本發光鯛
16	鮨科 Serranidae	<i>Plectranthias whiteheadi</i>	懷特氏棘花鱸
17	天竺鯛科 Apogonidae	<i>Apogonichthyoides niger</i>	黑似天竺鯛
18		<i>Ostorhinchus fasciatus</i>	寬條鸚天竺鯛
19		<i>Ostorhinchus kiensis</i>	中線鸚天竺鯛
20	沙鯪科 Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>	日本沙鯪
21	石鱸科 Haemulidae	<i>Haplogenyis analis</i>	臀斑髭鯛
22	石首魚科 Sciaenidae	<i>Johnius amblycephalus</i>	鈍頭叫姑魚
23		<i>Johnius distinctus</i>	鱗鱗叫姑魚
24		<i>Johnius trewavasae</i>	屈氏叫姑魚
25		<i>Pennahia macrocephalus</i>	大頭白姑魚
26	鬚鯛科 Mullidae	<i>Upeneus japonicus</i>	日本緋鯉
27	鱷齒魚科 Champsodontidae	<i>Champsodon snyderi</i>	斯氏鱷齒魚
28	擬鱸科 Pinguipedidae	<i>Parapercis moki</i>	莫氏擬鱸
29		<i>Parapercis sexfasciata</i>	六帶擬鱸
30	鱸鱘科 Percophidae	<i>Acanthaphritis barbata</i>	鬚棘吻魚
31		<i>Osopsaron formosensis</i>	臺灣小骨鱘
32	鼠鱗科 Callionymidae	<i>Callionymus planus</i>	扁鱗
33	鰕虎科 Gobiidae	<i>Pseudogobius javanicus</i>	爪哇擬鰕虎
34	牙鯨科 Paralichthyidae	<i>Tarphops oligolepis</i>	高體大鱗鯨
35	鯨科 Bothidae	<i>Bothus myriaster</i>	繁星鯨
36		<i>Crossorhombus azureus</i>	青纓鯨
37		<i>Crossorhombus kobensis</i>	高本纓鯨
38		<i>Engyprosopon grandisquama</i>	偉鱗短額鯨
39		<i>Engyprosopon maldivensis</i>	馬爾地夫短額鯨
40		<i>Engyprosopon multisquama</i>	多鱗短額鯨
41		<i>Parabothus taiwanensis</i>	臺灣擬鯨
42	鰨科 Soleidae	<i>Aesopia cornuta</i>	角鰨
43		<i>Liachirus melanospilos</i>	黑斑圓鱗鰨
44		<i>Solea ovata</i>	卵鰨
45	舌鰨科 Cynoglossidae	<i>Cynoglossus arel</i>	大鱗舌鰨
46		<i>Cynoglossus bilineatus</i>	雙線舌鰨
47		<i>Cynoglossus interruptus</i>	斷線舌鰨
48		<i>Cynoglossus kopsii</i>	格氏舌鰨

的底拖 26 網次中，僅 2 網次未採獲豐度最優勢底棲魚種高體大鱗鯨(*T. oligolepis*)，得知其為定棲魚種，一年四季皆出現在七股北側海域(圖 3A)。此外在海管二水深超過 150 公尺的測點 T3 及水深超 90 公尺的測點 T4 亦有採獲本魚種。2018 年 4 月，在測點 C2 採獲數尾具

有成熟卵粒(水合卵)的高體大鱗鯨，顯示此海域為此魚種潛在的產卵場。測點 C2 捕獲到準大頭狗母魚(*T. myops*)的頻率較測點 C1 略高(圖 3B)，兩測點皆未採獲大型成魚。七股南側沿海測點 C3 位在海床的斜坡區域，底拖成功網次僅 4 次，每網次的魚類群聚物種組成

表 5. 正典對應分析(canonical correspondence analysis, CCA)之特徵值(eigenvalues)、慣量(inertia)百分比及個別環境因子的置換檢驗結果

CCA 結果	軸 1	軸 2	軸 3	軸 4	軸 5
Eigenvalues	0.834	0.583	0.378	0.242	0.226
Constrained inertia (%)	36.87	25.77	16.70	10.69	9.98
累計百分比	36.87	62.63	79.33	90.02	100.00
Pseudo-canonical correlation	0.97	0.89	0.83	0.73	0.76
Total inertia (%)	8.77	6.13	3.97	2.54	2.37
累計百分比	8.77	14.89	18.86	21.41	23.78
環境因子	% Explained		Pseudo- <i>F</i>		<i>P</i>
拖網深度	8.5		3.9		<0.0001
底水溫度	7.9		3.6		<0.0001
底水鹽度	5.5		2.4		0.025
底質粒徑	5.9		2.6		0.006
底質有機質比例	5.6		2.5		0.006

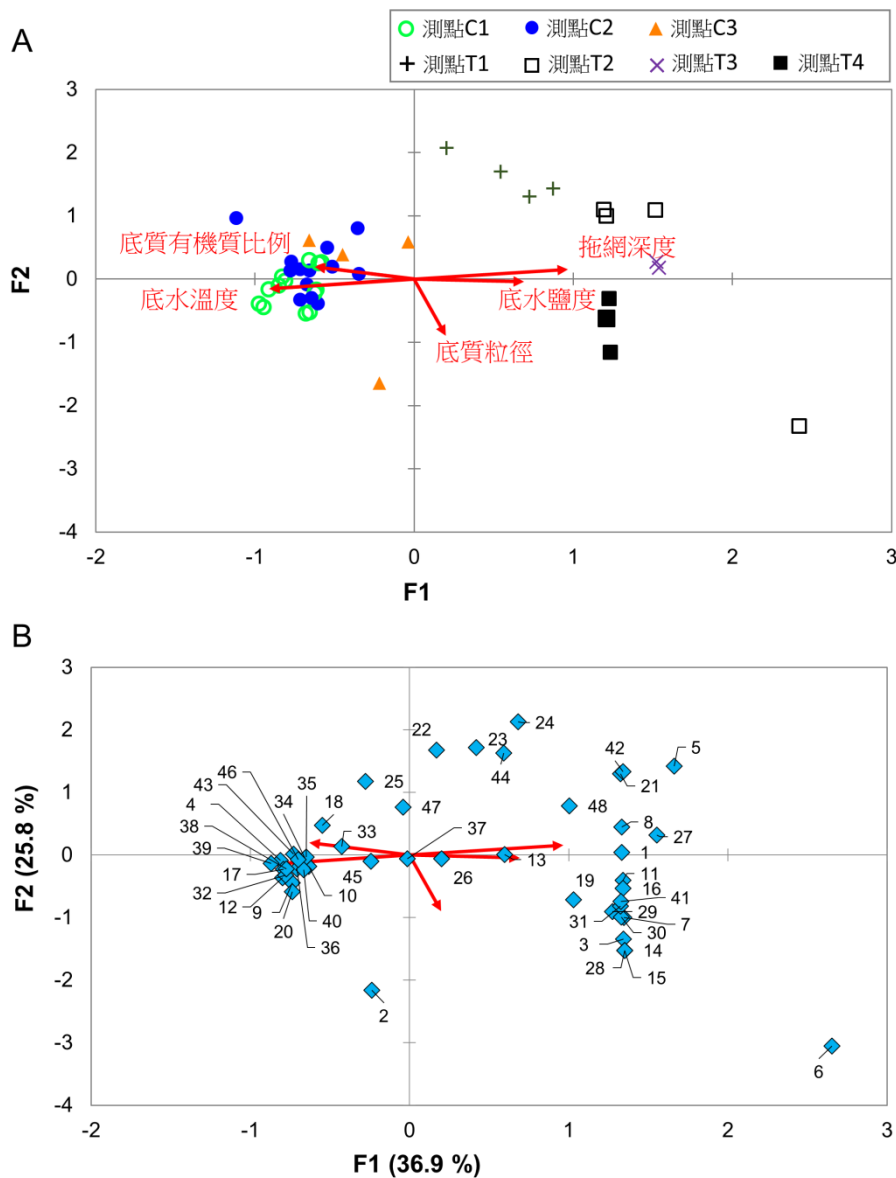


圖 6. 台江國家公園海域測點底棲魚類群聚之正典對應分析結果。本圖呈現第一軸和第二軸結果，魚種代碼列在表 4。第一至第五軸之解釋變異佔總變異的 23.8%，並且魚類群聚資料與測點環境因子線性關係之置換檢驗之 *P* 值小於 0.0001

變化大，顯示本測點海域採到的底棲魚種可能多數為巡游範圍廣大的魚種，不是終年棲息在本海域的魚種(圖 3C)。海管二各測點(T1 至 T4)每網次採獲的底棲魚種組成差異大，同樣顯示本海域採樣到的底棲魚類大多數為巡游範圍廣大的魚種，以及在礁砂混合區零星分布的魚種(圖 3；D-G)。此外，舌鰻科格氏舌鰻(*C. kopsii*)在測點 T1 至 T3 皆有採獲且為豐度優勢種，為海管二分布較廣泛的魚種(圖 3；D-F)。測點 T2 海域為底深最深的測點，底拖的水深可達 167 m(表 1)，其中 1 網次曾採獲深海底棲魚種臺灣腔吻鱈(*C. formosanus*)幼魚及亞成魚合計 26 尾。2017 年 7 月海管二西側測點 T4 也採獲孕育仔魚的褐黃扁魷(*U. aurantiacus*)；2018 年 4 月也在本測點採獲 2 尾沙勞越頭鯊(*Cephaloscyllium sarawakensis*)，全長為 41.7 及 44.6 公分，全長 41.7 公分的雌魚體內具有成熟卵鞘，推測測點 T4 海域為這兩種軟骨魚類的產卵場。

本研究用來呈現測點間的環境特徵差異，主要為海床底深(拖網深度)、底水溫度和鹽度、以及底質粒徑和有機質比例(圖 4、6A)；由 CCA 與 PCA 的圖形結果顯示，各網次的採樣在 CCA 及 PCA 圖上呈現類似的分布，顯示 CCA 的結果可以呈現 PCA 環境因子間大部分的變異(圖 4、6)。因為底水溫度和鹽度這兩個水文參數和拖網深度具相關性，亦即溫度和深度呈現負相關，而鹽度和深度呈正相關(圖 4、6A)；故在減少環境因子變數的情形下，亦可用拖網深度取代這兩個水文參數。CA 的結果呈現「海管一」七股北側沿海(測點 C1 和 C2)和海管二各測點(T1-T4)的底棲魚類組成差異大(相似度 < 20；圖 5)；C1 和 C2 為砂質底質海域，豐度優勢魚種包括高體大鱗魷、準大頭狗母魚和黑斑圓鱗魷；而「海管一」七股南側沿海測點 C3，因位在海床斜坡處，此區域底棲魚類組成和測點 T1-T3 較相近(圖 6B)。此外，海管二測點 T4 的 4 個網次及 T2 的 1 個網次，被區分為不同群(圖 4、5、6)，其環境特徵皆為底質粒徑較大的礁砂混合區底質，具有較多的岩礁棲性魚類(圖 6B；例如：#1 褐黃扁魷、#7 小口鮎和#16 懷特氏棘花鱸)，因而造成其底棲魚種組成與其他測點明顯不同。

CCA 結果中(圖 6A)，F1 軸以深度和溫度為主要的貢獻因子，而 F2 軸則以底質粒徑和有機質比為最重要的貢獻因子，顯示台江國家公園海管一及海管二底棲魚類群聚的物種組成，由於海床深度及底質的不同，而呈現明顯的空間分布差異(圖 6B)。

本研究魚種組成與 Kuo and Shao (1999)在國家公園成立前調查七股潟湖(包括西寮)、曾文溪、鹿耳門和四草的沿岸河口域魚類相之結果(243 種，已更新文章內的魚種學名)比較，只有 16 魚種相同；顯示沿近岸河口域及七股潟湖的魚類相與本研究近岸水深 12 至 31 m 海域的底棲魚類相差異大。另外，這 16 魚種中，有 15 種可以在七股潟湖內採獲，只有斑頭舌鰻(*Cynoglossus puncticeps*)未能在七股潟湖內調查到(附錄 1)。再者，Kuo *et al.* (2001)記錄七股潟湖魚類相 111 種，其中有 8 魚種，本研究也有記錄(附錄 1)。經比對 6 篇文獻的調查結果，本研究採獲的魚種中，在過去七股潟湖內也有採獲的紀錄，合計有 16 種(附錄 1)。這些魚種的生活史階段中會利用沿海和七股潟湖等棲地，未來可針對這些魚種的生活史特性及棲地偏好，選定特定魚種做為七股潟湖與沿海環境變遷的指標魚種。例如：列入紅色名錄近危物種(near-threatened species)的軟骨魚類赤魷(*Dasyatis akajei*)和常見的經濟性比目魚類大齒斑魷(*Pseudorhombus arsius*)等，研究這些魚生活史利用潟湖-沿海生態系的情形，了解潟湖和沿岸海域環境改變時對依賴此生態系生息之魚種所可能造成的衝擊。本研究與陳義雄等 2014 年在臺南沿海的底拖魚種組成比較，僅 7 魚種相同(赤魷、小裸胸鯔、準大頭狗母魚、黑邊布氏鰻、黑斑緋鯉、滑鱗斑魷和大齒斑魷)，顯示調查海域底棲魚類的魚種組成可能會因時因地而變動大，因此長期累積調查資料有助於更完整記錄園區海域的魚種多樣性，進而針對指標魚種的生活史進行詳細研究，以便作為國家公園海域生態保育策略擬定之用。

本研究的底拖魚類物種名錄與 20 篇文獻的魚種資料做比對和彙整(文獻包括：韓僑權和方力行 1997，Kuo and Shao 1999，簡淑君 2000，Kuo *et al.* 2001，宋心怡等 2007，朱

戊杉等 2007，吳世鴻和戴子堯 2007，翁義聰 2007，曾惠珠 2007，王奕棠 2009，曾惠珠和戴子堯 2009，王建平等 2010，國立成功大學海洋生物及鯨豚研究中心 2010，曾惠珠和戴子堯 2010，台江國家公園管理處 2011，呂政達 2011，林幸助等 2011，曾惠珠和汪佩儀 2011，陳明志 2012，陳義雄等 2014)後，有 39 種為台江國家公園海域的新紀錄種(附錄 1)。這些園區海域新紀錄種經比對「臺灣魚類資料庫」(邵廣昭 2020)及個別魚種的文獻資料後，並非臺灣海域的新紀錄種。此外，上述過去的研究未曾調查海管二的魚類相，本研究在海管二採獲棲息於深水海域的魚種，包括：糯鰻科的狹尾糯鰻(*Uroconger lepturus*)、鼠尾鱈科的臺灣腔吻鱈(*C. formosanus*)和多棘腔吻鱈(*C. multispinosus*)、稚鱈科(Moridae)魚類、發光鯛科的日本發光鯛(*Acropoma japonicum*)和菲律賓尖牙鱸(*Synagrops philippinensis*)、鱷齒魚科的斯氏鱷齒魚(*Champsodon snyderi*)、以及鱸鱘科的鬚棘吻魚(*Acanthaphritis barbata*)和臺灣小骨鱘(*Osopsaron formosensis*)，這些魚種都為台江國家公園海域的新紀錄種(附錄 1)。

海管二西側的測點 T4，因其底質為礁砂混合底質，可採獲較多的岩礁棲性魚類，例如：鮡科和鮨科魚類(附錄 1)，也有採獲深海魚類，其平均每網次採獲的魚種數高於其他砂泥底質的測點海域(表 2、3)，為台江國家公園底棲魚類物種多樣性最高的海域。

結論與建議

台江國家公園除了陸域園區的濕地具有豐富的自然資源與獨特景觀外，園區海域亦具多元的魚類棲地與物種多樣性。本研究提供台江國家公園成立後，海管一及海管二底棲魚類相及棲地環境特徵，包括名錄、魚類群聚的種類組成及海域水文和底質環境等的基線資料，並比對過去文獻資料，新增 39 魚種園區海域的新紀錄種。此外亦瞭解海管一及海管二底棲魚類組成的主要環境影響因子包括海床深度、底質粒徑和有機質比例。海管一七股北側沿海及南側沿海，距離近且底質組成相似，雖然皆為砂質底質，但因七股南側沿海的調查點

位在海床斜坡處，採獲較多的非定棲性魚類，造成優勢底棲魚類與其他兩沿岸測點不同。海管二橫跨澎湖水道為魚類從北南海通往臺灣海峽北部和東海南部的重要通道，水深較海管一為深，具有多種深海魚類棲息或巡遊，呈現底棲魚類多樣性較海管一為高，尤其是海管二西側鄰近東吉嶼海域為礁砂混合底質，可採獲許多的岩礁棲性魚類，為台江國家公園海域底棲魚類物種多樣性最高的熱點。

本研究在海管一及海管二的調查網次數仍然十分有限，日後若能增加這些海域的調查網次數，將有助於全面了解台江國家公園海域底棲魚類群聚的多樣性。台江國家公園海域的底棲魚類資源與陸域園區周緣地區的溪流、河口和潟湖的魚種組成差異大，呈現園區內不同海洋生態環境的魚類多樣性。園區海管一為許多經濟性底棲魚類的育幼場及覓食場，海管二為深海性和岩礁棲性魚類的棲地，建議應保護園區底棲環境的棲地，避免非法漁撈使海域棲地遭受破壞。在全球暖化環境變遷下，園區海域魚類資源變動和海洋環境的關係，需藉由長期的海洋生態資料的解析予以釐清，作為經營管理方針擬定的依據，以維護園區內海洋資源的永續利用。為保育園區海域的棲地環境與魚類資源，建議除了持續推動海管一及海管二相關的海域生態調查與經濟性或指標性魚類的生活史研究外，並逐步建構長期的海洋環境生態監測網絡，以累積園區海域長期的海洋環境生態監測資料，做為未來研判全球或在地環境變遷所引發的海域生態衝擊之用。

誌謝

本研究承蒙內政部營建署台江國家公園管理處委託研究計畫經費補助(GRB 編號：PG10801-0040)。我們由衷感謝國立中山大學海科院海研三號工作人員協助海上的調查採樣作業，以及國立中山大學海洋科學系陳孟仙實驗室人員及高雄科技大學陳志遠實驗室人員協助海上調查及樣本處理。更感謝兩位審查委員提供寶貴的意見，讓本文更臻完整。

引用文獻

- 內政部。2018。台江國家公園計畫(第 1 次通盤檢討)計畫書。內政部，臺北市。
- 王奕棠。2009。南瀛潮間帶生物誌(南瀛文化研究 80)。臺南市政府文化局，臺南市。
- 王建平、賴雪端、翁義聰、朱戊杉、蘇永銘、胡弘仁、郭爵錕、洪莞茹、陳恩倫、陳麒麟、黃永豐、陳宏誠。2010。臺灣西南沿海濕地魚類相。臺灣濕地 76: 6-13。
- 台江國家公園管理處。2011。台江魚踪—台江魚類圖鑑暨垂釣生態導覽。台江國家公園管理處，臺南市。
- 朱戊杉、黃永豐、陳麒麟、許向儀、王建平。2007。七股保護區魚蟹類生態資源調查之研究。濕地環境與生態旅遊研討會論文集。臺南大學，臺南市。
- 吳世鴻、戴子堯。2007。七股地區天然與半天然濕地優勢魚種體長體重回歸分析。台南縣黑面琵鷺保育學會研究報告，9 頁。
- 呂政達。2011。臺灣西南部七股溪河口魚類生物量與棲地利用之研究。臺灣大學漁業科學研究所碩士論文，100 頁。
- 宋心怡、曾惠珠、汪佩儀、郭忠誠、黃福興、吳世鴻、戴子堯。2007。黑面琵鷺保護區內魚蝦蟹物種數與環境因子之相關性。台南縣黑面琵鷺保育學會研究報告，9 頁。
- 沈世傑。1993。臺灣魚類誌。臺灣大學動物系，臺北市。
- 林幸助、李麗華、邵廣昭、邱郁文、張原謀、許皓捷、陳宣汶、陳添水、劉弼仁、薛美莉、謝宗欣、謝蕙蓮、羅文增。2011。台江國家公園及周緣地區重要生物類群分佈及海岸濕地河口生態系變遷。台江國家公園管理處保育研究報告，454 頁。
- 邵廣昭。2020。臺灣魚類資料庫，網路電子版。
<http://fishdb.sinica.edu.tw>
- 翁義聰。2007。臺灣西南部度冬黑面琵鷺之族群生物學研究。成功大學生命科學系博士論文，70 頁。
- 國立成功大學海洋生物及鯨豚研究中心。2010。99 年臺南縣七股鹽田濕地與曾文溪口濕地調查監測計畫成果報告。內政部營建署監測計畫報告，25 頁。
- 陳孟仙、孟培傑、洪慶章、翁韶蓮、陳志遠、陳義雄、廖德裕、陳國書、陳煦森等。2017。台江國家公園海域生態系生物資源調查與多樣性保育研究(2/4)。台江國家公園管理處保育研究報告，542 頁。
- 陳孟仙、孟培傑、洪慶章、翁韶蓮、陳志遠、陳義雄、廖德裕、陳國書、陳煦森等。2018。台江國家公園海域生態系生物資源調查與多樣性保育研究(3/4)。台江國家公園管理處保育研究報告，428 頁。
- 陳孟仙、孟培傑、洪慶章、翁韶蓮、陳志遠、陳義雄、廖德裕、陳國書、陳煦森等。2019。台江國家公園海域生態系生物資源調查與多樣性保育研究(4/4)。台江國家公園管理處保育研究報告，288 頁。
- 陳孟仙、陳義雄、陳國書、陳煦森、孟培傑、翁韶蓮、陳志遠。2016。台江國家公園海域生態系生物資源調查與多樣性保育研究。台江國家公園管理處保育研究報告，318 頁。
- 陳明志。2012。臺灣七股濕地的魚苗組成及鯤科繁殖季之探討。崑山科技大學環境工程研究所碩士論文，50 頁。
- 陳義雄、黃世彬、溫宗翰、劉育瑋、蔡宗憲、黃光善、蔡維倫。2014。台江國家公園沿海與潟湖魚類生態資源調查及經營管理計畫。台江國家公園管理處保育研究報告，214 頁。
- 曾惠珠。2007。七股黑面琵鷺保護區魚類資源調查。真理大學管理科學研究所碩士論文，95 頁。
- 曾惠珠、汪佩儀。2011。2010 年七股黑面琵鷺保護區魚類資源調查。台南縣黑面琵鷺保育學會研究報告，34 頁。
- 曾惠珠、戴子堯。2009。七股黑面琵鷺保護區魚類資源調查。台南縣黑面琵鷺保育學會研究報告，51 頁。
- 曾惠珠、戴子堯。2010。七股黑面琵鷺保護區與水域環境魚類資源調查 92 至 94 年度結果報告。台南縣黑面琵鷺保育學會研究報告，107 頁。
- 韓僑權、方力行。1997。台南縣河川、湖泊魚類誌。台南縣政府，新營市。
- 簡淑君。2000。台南七股潟湖區及附近海域浮

- 游性仔稚魚種類組成及其與環境因子相關性之研究。中山大學海洋資源學系研究所碩士論文，109 頁。
- Anderson MJ, RN Gorley and KR Clarke. 2008. *PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods*. PRIMER-E, Plymouth.
- Borcard D, F Gillet and P Legendre. 2018. *Numerical ecology with R*. Springer, Cham.
- Chen IS, SP Huang and KY Huang. 2013. A new species of Genus *Pseudogobius* Popta (Teleostei: Gobiidae) from brackish waters of Taiwan and southern China. *Journal of Marine Science and Technology* 21 (Suppl.):130-134.
- Froese R and D Pauly (Ed.). 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (12/2019).
- Giddens J, W Goodell, A Friedlander, P Salinas-de-León, C Shepard, B Henning, E Berkenpas, E Sala and A Turchik. 2019. Patterns in bathyal demersal biodiversity and community composition around archipelagos in the tropical Eastern Pacific. *Frontiers in Marine Science* 6: 388.
- Huveneers C and H Ishihara. 2016. *Hemistrygon akajei*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T60148A104113240.
- Kuo SR, HJ Lin and KT Shao. 2001. Seasonal changes in abundance and composition of the fish assemblage in Chiku Lagoon, southwestern Taiwan. *Bulletin of Marine Science* 68(1):85-99.
- Kuo SR and KT Shao. 1999. Species composition of fish in the coastal zones of the Tsengwen estuary, with descriptions of five new records from Taiwan. *Zoological Studies* 38(4):391-404.
- Last PR and LJ Marshall. 2006. *Urolophus aurantiacus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006:e.T60087A12238245.
- Legendre P and L Legendre. 2012. *Numerical ecology (Third ed.)*. Elsevier, Boston.
- Nakabo T. (Ed.) 2013. *Fishes of Japan with pictorial keys to the species (Third ed.)*. Tokai University Press, Tokyo.
- Newton RR and KE Rudestam. 2013. *Your Statistical Consultant: Answers to Your Data Analysis Questions (Second ed.)*. SAGE Publications, Inc., London.
- Pacunski R, D Lowry, L Hillier and J Blaine. 2016. *A comparison of groundfish species composition, abundance, and density estimates derived from a scientific bottom-trawl and a small remotely-operated vehicle from trawlable habitats*. Report of Washington Department of Fish and Wildlife Fish Program Science Division, State of Washington.
- Wentworth CK. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology* 30(5):377-392.

附錄 1. 2016–2019 年台江國家公園海域底拖魚類相調查名錄

科名	學名/中文名	採獲測點	七股 潟湖	IUCN
貓鯊科	<i>Cephaloscyllium sarawakensis</i> 沙勞越頭鯊*	T4		DD
	<i>Halaelurus buergeri</i> 伯氏豹鯊	T2, T4		DD
原鯊科	<i>Proscyllium habereri</i> 哈氏原鯊*	T2		DD
鱸科	<i>Dipturus wuhanlingi</i> 伍氏長吻鱸*	C2		DD
	<i>Okamejei boesemani</i> 鮑氏甕鱸*	T4		DD
黃點鮪科	<i>Platyrrhina tangi</i> 湯氏黃點鮪	T2		NE
扁魷科	<i>Urolophus aurantiacus</i> 褐黃扁魷*	T2, T4		NT
魷科	<i>Dasyatis (Hemityrion) akajei</i> 赤魷#	C2	1,2,3,4	NT
	<i>Dasyatis (Hemityrion) bennettii</i> 黃魷#	C2		NE
鯨科	<i>Gymnothorax minor</i> 小裸胸鯨	T4		LC
糯鰻科	<i>Uroconger lepturus</i> 狹尾糯鰻*	T1		LC
鯉科	<i>Stolephorus commersonii</i> 康氏側帶小公魚*#	C3		LC
仙女魚科	<i>Hime japonica</i> 日本姬魚*	T4		NE
合齒魚科	<i>Synodus fuscus</i> 褐狗母魚	T4		NE
	<i>Synodus pacificus</i> 太平洋狗母魚*	T4		NE
	<i>Trachinocephalus myops</i> 準大頭狗母魚#	C1, C2		LC
海鯽科	<i>Bregmaceros</i> sp. 海鯽科	T1		—
鼠尾鱈科	<i>Coelorinchus formosanus</i> 臺灣腔吻鱈*#	T2		NE
	<i>Coelorinchus multispinulosus</i> 多棘腔吻鱈*#	T2		NE
稚鱈科	Moridae sp. 稚鱈科	T4		—
躑魚科	<i>Antennarius striatus</i> 條紋躑魚	C1	1	LC
鱸科	<i>Hemiramphus lutkei</i> 南洋鱸*#	C2		NE
荊刀魚科	<i>Solenostomus cyanopterus</i> 藍鰭荊刀魚*	C1		LC
海龍科	<i>Hippichthys penicillus</i> 筆狀多環海龍*	C2		LC
	<i>Trachyrhamphus serratus</i> 鋸粗吻海龍	C2		DD
玻甲魚科	<i>Centriscus scutatus</i> 玻甲魚	C2		LC
飛角魚科	<i>Dactyloptena orientalis</i> 東方飛角魚	C2	1	LC
魷科	<i>Apistus carinatus</i> 稜鬚魷	C1, C2		LC
	<i>Minous pusillus</i> 細鰭虎魷	T3		NE
	<i>Neomerinthe procurva</i> 曲背新棘魷	T4		NE
	<i>Neomerinthe rotunda</i> 鈍吻新棘魷	T4		LC
	<i>Scorpaena miostoma</i> 小口魷	T2, T4		NE
	<i>Scorpaenodes crossotus</i> 皮鬚魷	T2, T4		NE
	<i>Erisphex pottii</i> 絨魷	T1		LC
角魚科	<i>Erisphex simplex</i> 平滑絨魷	T4		NE
	<i>Chelidonichthys kumu</i> 黑角魚#	T4		LC
牛尾魚科	<i>Lepidotrigla guentheri</i> 貢氏鱗角魚	T4		NE
	<i>Grammolites scaber</i> 橫帶棘線牛尾魚	C1, C2, C3	1	NE
牛尾魚科	<i>Onigocia spinosa</i> 棘鱗牛尾魚	C2, T4		LC
	<i>Ratabulus megacephalus</i> 犬齒牛尾魚	T4		NE
	<i>Sorsogona tuberculata</i> 突粒眶棘牛尾魚	C1, C2		LC
	<i>Suggrundus meerdervoortii</i> 大眼牛尾魚	C1, C2, T3, T4		NE
	<i>Thysanophrys chiltonae</i> 窄眶多棘牛尾魚*	T4		LC
	<i>Thysanophrys chiltonae</i> 窄眶多棘牛尾魚*	T4		LC
發光鯛科	<i>Acropoma japonicum</i> 日本發光鯛*	T4		NE
	<i>Synagrops philippinensis</i> 菲律賓尖牙鱸	T1, T3		NE
鮨科	<i>Epinephelus awoara</i> 青石斑魚*#	T4		DD
	<i>Plectranthias whiteheadi</i> 懷特氏棘花鱸*	T2, T4		NE
	<i>Selenanthias analis</i> 臀斑月花鮨*	T4		NE
天竺鯛科	<i>Apogonichthyoides niger</i> 黑似天竺鯛	C1, C2		NE
	<i>Ostorhinchus fasciatus</i> 寬條鸚天竺鯛	C1, C2, C3		NE
	<i>Ostorhinchus kiensis</i> 中線鸚天竺鯛	C2, T4	1,2,5,6	NE
沙鯪科	<i>Sillago japonica</i> 日本沙鯪#	C1, C2		LC
鱸科	<i>Alepes djedaba</i> 吉打副葉鱸#	C1, C2, C3	1,4,6	LC
鰻科	<i>Equulites absconditus</i> 秘馬鰻*#	C1		NE
	<i>Equulites elongatus</i> 長身馬鰻*	C2		NE
	<i>Eubleekeria splendens</i> 黑邊布氏鰻#	C3	1,2,3,5	LC

附錄 1. (續). 2016–2019 年台江國家公園海域底拖魚類相調查名錄

科名	學名/中文名	採獲測點	七股 潟湖	IUCN
石鱸科	<i>Hapalogenys analis</i> 臀斑髭鯛 [#]	T2		NE
金線魚科	<i>Nemipterus zysron</i> 姬金線魚 [#]	C2	3	LC
	<i>Scolopsis vosmeri</i> 伏氏眶棘鱸 [#]	C2	1,4	LC
石首魚科	<i>Johnius amblycephalus</i> 鈍頭叫姑魚 [#]	C1, C2, T1		LC
	<i>Johnius distinctus</i> 鱗鱗叫姑魚 [#]	C1, C2, T1, T2		LC
	<i>Johnius trewavasae</i> 屈氏叫姑魚 ^{*#}	T1, T2		DD
	<i>Pennahia macrocephalus</i> 大頭白姑魚 [#]	C2, T1		LC
	<i>Pennahia pawak</i> 斑鱗白姑魚 [#]	C2		LC
鬚鯛科	<i>Parupeneus spilurus</i> 大型海緋鯉 [#]	T4		LC
	<i>Upeneus japonicus</i> 日本緋鯉 [#]	C1, C2, T3, T4		NE
	<i>Upeneus</i> sp. 緋鯉屬	C2		-
	<i>Upeneus tragula</i> 黑斑緋鯉 [#]	C1	1,2	LC
蝴蝶魚科	<i>Chaetodon modestus</i> 樸蝴蝶魚 [*]	T4		LC
鯛科	<i>Pelates quadrilineatus</i> 四帶牙鯛 [#]	C3	1,2,3,4,5	NE
雀鯛科	<i>Teixeirichthys jordani</i> 喬氏細鱗雀鯛	C2		LC
鱷齒魚科	<i>Champsodon snyderi</i> 斯氏鱷齒魚	T2, T3, T4		NE
擬鱸科	<i>Parapercis moki</i> 莫氏擬鱸 [*]	T4		NE
	<i>Parapercis sexfasciata</i> 六帶擬鱸	T1, T4		NE
	<i>Parapercis</i> sp. 擬鱸	T2		-
鱸鰱科	<i>Acanthaphritis barbata</i> 鬚棘吻魚 [*]	T4		NE
	<i>Osopsaron formosensis</i> 臺灣小骨鰱 [*]	T4		NE
	Percophidae sp. 鱸鰱科	T3		-
鰱科	<i>Uranoscopus chinensis</i> 中華鰱 [#]	T4		NE
鼠鱗科	<i>Callionymus curvicornis</i> 彎角鱗	T1, T2		NE
	<i>Callionymus huguenini</i> 長崎鱗 [*]	T4		NE
	<i>Callionymus planus</i> 扁鱗	C1, C2, C3	1	NE
鰕虎科	Gobiidae sp. 鰕虎科	C2		-
	<i>Pseudogobius javanicus</i> 爪哇擬鰕虎	C1, C3		NE
牙鯨科	<i>Pseudorhombus arsius</i> 大齒斑鯨 [#]	C1	1,4,5,6	NE
	<i>Pseudorhombus cinnamoneus</i> 檸檬斑鯨 [#]	C2, C3, T3	1,2	NE
	<i>Pseudorhombus levisquamis</i> 滑鱗斑鯨 [#]	T3, T4	1,2	NE
	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i> 五眼斑鯨 [#]	T1, T3		NE
	<i>Tarphops oligolepis</i> 高體大鱗鯨 [#]	C1, C2, C3, T3, T4		NE
鯨科	<i>Arnoglossus polyspilus</i> 多斑羊舌鯨	T2		LC
	<i>Arnoglossus tenuis</i> 細羊舌鯨 [*]	T3, T4		LC
	Bothidae sp. 鯨科	T1		-
	<i>Bothus myriaster</i> 繁星鯨 [#]	C1, C2		NE
	<i>Crossorhombus azureus</i> 青纓鯨	C1, C2, C3		NE
	<i>Crossorhombus kobensis</i> 高本纓鯨 [*]	C2, C3, T4		NE
	<i>Engyprosopon grandisquama</i> 偉鱗短額鯨	C1, C2		LC
	<i>Engyprosopon maldivensis</i> 馬爾地夫短額鯨	C1, C2		LC
	<i>Engyprosopon multisquama</i> 多鱗短額鯨 [*]	C1, C2, T4		NE
	<i>Grammatobothus krenpfi</i> 克氏雙線鯨 [*]	C2		NE
	<i>Japonolaeops dentatus</i> 日本左鯨	T2		NE
	<i>Parabothus taiwanensis</i> 臺灣擬鯨 [*]	T4		NE
	<i>Psettina gigantea</i> 長鰓鯨 [*]	T4		NE
	<i>Psettina iijimae</i> 鰓鯨 [*]	C2, T4		NE
鰻科	<i>Aesopia cornuta</i> 角鰻 [*]	T2, T3		LC
	<i>Aseraggodes kobensis</i> 可勃櫛鱗鰻	T2		NE
	<i>Liachirus melanospilos</i> 黑斑圓鱗鰻	C1, C2		NE
	<i>Solea ovata</i> 卵鰻 [#]	C3, T1, T2	1,2,3	NE
	<i>Zebrias quagga</i> 格條鰻 [#]	C2, C3		NE
	<i>Zebrias zebra</i> 條鰻 [#]	T2		NE
舌鰻科	Cynoglossidae sp. 舌鰻科	C1		-
	<i>Cynoglossus arel</i> 大鱗舌鰻 [#]	C2, C3, T1		NE
	<i>Cynoglossus bilineatus</i> 雙線舌鰻 [#]	C1, C2		NE

附錄 1. (續). 2016–2019 年台江國家公園海域底拖魚類相調查名錄

科名	學名／中文名	採獲測點	七股 潟湖	IUCN
	<i>Cynoglossus bilineatus</i> 雙線舌鰨 [#]	C1, C2		NE
	<i>Cynoglossus gracilis</i> 窄體舌鰨 [*]	C2		NE
	<i>Cynoglossus interruptus</i> 斷線舌鰨	C3		NE
	<i>Cynoglossus kopsii</i> 格氏舌鰨	C1, C2, C3, T1, T2, T3		NE
	<i>Cynoglossus lida</i> 利達舌鰨 [#]	C1		NE
	<i>Cynoglossus puncticeps</i> 斑頭舌鰨 [#]	C2, C3		NE
	<i>Cynoglossus</i> sp. 舌鰨屬	T3		–
	<i>Paraplagusia blochii</i> 布氏鬚鰨 [#]	C1		NE
四齒魷科	<i>Lagocephalus sceleratus</i> 圓斑兔頭魷 [*]	C1		LC
	<i>Torquigener hypselogeneion</i> 頭紋窄額魷 [*]	C1, C2		LC
二齒魷科	<i>Diodon holocanthus</i> 六斑二齒魷 [#]	T4		LC

註：

1. *：台江國家公園海域新紀錄魚種；#：經濟性魚種。
2. 七股潟湖：標註該魚種曾在七股潟湖內被捕獲的文獻紀錄。1：Kuo and Shao (1999)；2：Kuo *et al.* (2001)；3：國立成功大學海洋生物及鯨豚研究中心 (2010)；4：呂政達(2011)；5：林幸助 等(2011)；6：陳義雄 等(2014)。
3. IUCN：列出近年 IUCN 瀕危物種紅色名錄的評估情形。NT：Near Threatened，近危；LC：Least Concern，無危；DD：Data Deficient，數據缺乏；NE：Not Evaluated，未予評估。