

澎湖南方四島及其周邊海域一支釣漁獲組成分析

葉宇庭¹・張芸甄²・游庭于¹・林綉美¹・莊美英¹・洗宜樂¹・陳俊廷¹
謝恆毅¹・陳律祺^{2*}

¹ 農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

² 農業部水產試驗所海洋漁業組

摘要

澎湖南方四島海域擁有豐富的生物多樣性以及功能健全的珊瑚群聚，若能妥善落實保育，可為澎湖群島提供生態資源的避難所及復育的種原庫。本研究在澎湖南方四島及其鄰近海域進行為期兩年的一支釣調查，以評估分析當前管理措施對海域魚類資源的影響。調查期間在澎湖南方四島國家公園海域內共採集到 978 尾魚類樣本，分屬於 24 科 96 種，其中最常見的魚種為紅鰓龍占魚 (*Lethrinus rubrioperculatus*，佔比 10.94%)，其次為伏氏眶棘鱸 (*Scolopsis vosmeri*，佔比 10.63%) 及多帶海緋鯉 (*Parupeneus multifasciatus*，佔比 8.79%)。望安海域共採集到 561 尾魚，包含 13 科 53 種，漁獲尾數最多的種類為伏氏眶棘鱸 (佔比 23.35%)、斑帶石斑魚 (*Epinephelus fasciatomaculosus*，佔比 22.28%) 及藍豬齒魚 (*Choerodon azurio*，佔比 14.97%)。分析漁獲多樣性指數在各季及各海域間的差異，顯示季節為最重要的影響因素，而比較國家公園與望安海域間漁獲的各項多樣性指數則皆不具顯著差異。漁獲物組成上，相較於東、西吉海域，東、西嶼坪海域與望安海域較為相似，但國家公園海域漁獲組成在各季節間的差異較望安海域更大。漁獲豐度及單位努力漁獲量在海域間及季節間皆觀察到明顯的差異，然國家公園海域並未優於望安海域；而就季節而言，冬季則顯著低於其他各季。主要漁獲種類的體型分析中，國家公園海域的漁獲體型亦不大於望安海域。許多研究指出，海洋保護區有賴適當規範及確實管理才能真正發揮效益，惟本研究的結果顯示，目前國家公園海域經濟性魚類所承受的捕撈壓力仍大，且主要漁獲種類相關的生殖生物學研究也不充分，凸顯了調整當前管理措施並增加相關研究以強化資源保育的必要性。

關鍵詞：澎湖南方四島國家公園、一支釣、海洋保護區、漁獲組成分析

前 言

澎湖南方四島國家公園為我國第 9 座國家公園，也是我國繼東沙環礁國家公園後的第 2 座海洋型國家公園，全區面積 35,843.62 ha，其中陸域面積僅 370.29 ha，海域面積則達 35,473.33 ha。除東嶼坪嶼、西嶼坪嶼、東吉嶼、西吉嶼等四個主要島嶼外，另有頭巾、鐵砧、二塭、香爐、鋤頭嶼、豬母礁、鐘仔、紫垵塭與離塭仔等島礁座落其間。基於其自然景觀及生態資源之特殊性，過去曾在該海域進行過多次漁業生態的相關調查 (鄭與戴，2009; 蔡等, 2011; 王等, 2012; 陳等, 2017; 謝與洗, 2021)，指出澎湖南方四島海域全區深度在 100 m 以淺，以東側較深，流場季節性變化明顯，水文特性與南海水團較相近，具有珊瑚生長適合的水溫及底質，因而孕育出多樣而高覆蓋率的珊瑚群聚 (王等, 2012)。在南海表層流、黑潮支流及地形抬升的共同影響下，鄰近海域常有湧升的現象，也吸引種類繁多的魚類定棲或洄游至此，魚類群聚兼有北方體系與南方體系特徵，並具有底棲珊瑚礁魚類與大洋洄游性魚類的雙重特性 (鄭與戴, 2009)。

根據目前澎湖南方四島國家公園的海域分區規範，在海域特別景觀區中，除經漁業主管機關公告禁止管制的漁捕方式外，原則許可既有之傳統季節洄游性漁業活動。澎湖縣政府於 102 年 2 月制定

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號; TEL: (02) 2462-2101
轉 2304; FAX: (02) 2463-3110; E-mail:
lcchen@mail.tfrin.gov.tw

「東吉、西吉、東嶼坪、西嶼坪周邊海域禁漁區相關限制事宜」，在該海域分別劃設「完全禁漁區」、「底刺網禁漁區」及「底刺網季節性禁漁區」（現行禁捕期間為每年農曆 9 月至翌年 2 月）等海域 (Fig. 1)。相關調查曾在澎湖南方四島國家公園中記錄的漁捕活動包括一支釣、延繩釣、底刺網、流刺網、籠具及曳繩釣等，分別會在特定的月份利用該海域。其中一支釣作業在全年皆有紀錄，為該海域最盛行的作業漁法 (蔡等, 2011)。作業船隻的噸級方面以 CT3 以下未達 50 噸的小型船筏為主，作業熱點多集中在主要島嶼（礁）的周邊海域，以珊瑚礁及礁砂混合區的底棲性魚類為最主要的漁獲對象 (謝與洗, 2021)。

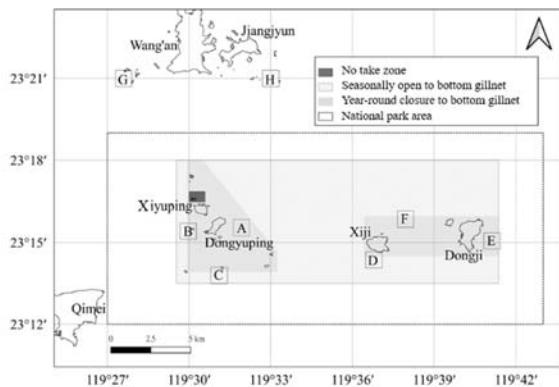


Fig. 1 Map showing the eight sampling stations (A to H) and the three management zones within South Penghu Marine National Park: a no-take zone, a bottom gillnet ban zone, and a seasonal bottom gillnet ban zone (enforced annually from September of the lunar calendar to February of the following year). Name comparison: Dongyuping (東嶼坪), Dongji (東吉), Jiangjun (將軍), Qimei (七美), Wang'an (望安), Xiyuping (西嶼坪), Xiji (西吉).

已有許多研究結果表明劃設海洋保護區 (Marine Protected Area, MPA) 限制採捕對提高魚類多樣性及促進資源復育的幫助 (Tetreault and Ambrose, 2007; Uehara *et al.*, 2019)，但相關措施也常因限制特定漁場或族群的利用而引起利害關係人的反彈，因此主管單位可能在權衡下採取相對較寬鬆的管理方案，如澎湖南方四島國家公園除鐵砧海域生態保護區外，其他生態熱區係以特定漁法的限制加以保護（或季節性限制）。雖然部分研究認為這類部分海洋保護區 (partial marine protected area, pMPA) 所能提供的效益相當有

限，但亦有相關報告透過比較分析研究指出其潛在的保育效益，相關的保護措施如體型限制、捕獲量限制及週期性禁漁等，仍會某程度上反映在魚類的多樣性、生物量和體型結構上 (Bohnsack, 2011; Alós and Arlinghaus, 2013)。因此，相對於沒有管理干預且承受休閒或商業漁捕壓力的生態相似海域中，我們預期應該能在受到特定管制措施保護的海域裡觀察到這些正向的差異。

在本研究中，為驗證以上假設，釐清現行管理方案的保育效益，我們規劃一支釣試驗收集澎湖南方四島國家公園中的漁獲資料，並與南方四島以外的周邊海域加以對照，比較分析歷次調查數據，希望能了解澎湖南方四島及其鄰近海域魚類的資源利用現況，彌補相關調查研究所未能闡明之處，並提供管理單位未來政策訂定與相關決策的參考。

材料與方法

一、研究地點及調查方法

在澎湖南方四島國家公園及其周邊的望安海域，分別參考該海域一支釣作業船隻的利用情形規劃固定測站 (Fig. 1)。其中國家公園海域規劃 6 個測站，包括西嶼坪東側海域 (A)、西嶼坪西北側海域 (B)、鐘仔巖西側海域 (C)、西吉嶼南側海域 (D)、東吉嶼東側海域 (E) 及西吉嶼東北側海域 (F)。另周邊的望安海域則規劃望安西南側三塭海域 (G) 及望安東南側將軍海域 (H) 二個測站 (Table 1)。位於國家公園海域的 6 個測站在分區規範上皆位於底刺網禁漁區及底刺網季節禁漁區範圍內。該海域一支釣作業的漁獲物種以雌雄同體的底棲性魚類為主，相關研究指出，這些物種成年個體活動範圍在大多情況下皆不超過 1 km^2 (March *et al.*, 2010; Alós *et al.*, 2011; Palmer *et al.*, 2011)，而本次調查各測站間的距離皆大於 1 km ，因此應可認為測站間具有足夠的區隔，假設測站間彼此獨立並進行相關比較 (Alós and Arlinghaus, 2013)。

海況允許下，在 2020 年 5 月起至 2021 年 11 月的調查期間內，每月在每一測站各進行一次連續 1 小時的一支釣調查作業，每次調查人數為 3 人。使用釣具為一般碳纖維船釣竿（俗稱敲底

Table 1 Locations and profiles of the sampling stations in this study

Station	Coordinates range	Depth (m)	Substrate	Management practices (bottom gillnet fishing)	Survey efforts (times)
A	23°15.669'N, 119°31.840'E 23°15.425'N, 119°32.000'E	22-29	Reefs, rubble and sand	Year-round closure	13
B	23°15.316'N, 119°29.991'E 23°15.516'N, 119°29.949'E	16-30	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	13
C	23°13.702'N, 119°31.274'E 23°13.882'N, 119°30.937'E	13-32	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	13
D	23°14.366'N, 119°36.915'E 23°14.356'N, 119°36.654'E	17-28	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	13
E	23°14.835'N, 119°41.068'E 23°15.288'N, 119°41.171'E	13-36	Reefs, rubble and sand	Year-round Closure	13
F	23°16.032'N, 119°37.787'E 23°15.684'N, 119°38.107'E	19-30	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	12
G	23°20.400'N, 119°27.000'E 23°21.600'N, 119°28.200'E	16-32	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	14
H	23°20.400'N, 119°32.400'E 23°21.600'N, 119°33.600'E	16-25	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	14

竿)，釣餌為澎湖地區一支釣作業最常使用的鬚赤蝦 (*Metapenaeopsis barbata*, 俗稱狗蝦)，釣組為 5 門直鉤，依據當天海流配置足重鉛錘使釣組沉底。每位調查人員皆具有相近的經驗及技巧。調查皆在白天進行，每次調查在各測站間無固定之調查順序，試驗船在抵達各測站範圍後隨機挑選起始位置開始進行，調查中不下錨固定船位，配合當天海流使試驗船隨之漂流移動，接近調查範圍邊界時即通知調查人員起竿，將試驗船開往隨機上流處重新下竿。此調查方法與該海域漁業人及休閒釣魚所使用的實際操作方法相同，此方法可使釣組慢速掃過海底，提高漁獲對象接觸釣餌並加以捕獲的機率。

所有漁獲在取得當下立即在船上凍藏保存，當天或隔天即攜回實驗室進行鑑定、丈量及過磅，體長最小單位為 1 mm，體重最小單位為 0.1 g。魚種鑑定及物種名稱參考國內出版之魚類圖鑑 (沈, 1993; 邵等, 1993; 邵, 1996; 江等, 2014) 及網路資料庫 (邵, 2014)。

二、生物多樣性分析

藉由生物多樣性 (Biodiversity)，得以瞭解一個群聚中物種的分布狀況，或是多個群聚之間物種組成的相對情形。生物多樣性指數的適當選用

及量測，可作為良好的生態監測指標或提供保育上的參考依據 (蔡與馮, 1999)。本次分析中採用以下多樣性指數：

(一) 歧異度指數 (Diversity index, H')

在許多常用的物種歧異度指數中，本研究中使用 Shannon index of diversity (Shannon, 1948; 林與陸, 2012) 評估之，其算式如下：

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i$$

其中 P_i 為第 i 個物種的個體數在總個體數中所佔比例，即各物種之可能性，而 S 則為樣本中的物種數量。公式中除了考慮物種總數外，也考慮各物種個體數的佔比，當物種數越多，個體分佈越平均，此指數越高；反之，當樣本中只有一種物種時，其值為 0。

(二) 豐富度指數 (Species richness index, D)

描述在群聚中包含物種的豐富程度。該指數越高，表示物種相對越豐富，其算式如下：

$$D = (S-1) / (\ln N)$$

其中 N 為個體總數、 S 為物種的數量。

(三) 均勻度指數 (Evenness, J')

物種均勻度是指一個群聚中物種間個體數量的分配情形。物種數目相同時，每個物種的個體數越平均，則均勻度越高。其算式如下：

$$J' = H' / \ln S$$

其中 S 為群聚中的物種數， H' 為 Shannon 歧異度指數。

三、漁獲豐度及單位努力漁獲量

探討調查結果的漁獲豐度 (catch abundance) 及單位努力漁獲量 (catch per unit effort, CPUE)，其中漁獲豐度指歷次調查 (survey session) 的總漁獲尾數 (單位：indiv./hr)，另計算每小時可釣獲漁獲生物量的名目單位努力漁獲量 (單位：kg/hr) 以進行後續分析。

四、統計分析

為比較評估歷次調查結果中魚類的組成結構、生物量和體型分布，利用使用 R 軟體 (版本 4.3.1, <http://www.r-project.org>) 進行處理分析。在季節間的分析中，本研究參考戴 (2018) 之分季方式，以每年 3–5 月為春季，以此類推。受限於調查計畫的執行期間與冬季海況，本研究不具完整兩年的四季調查資料，爰將兩年的資料依月別合併分析。合併的資料忽略調查期間季節周期變化的年間差異，因此該處理可能某程度會弱化季節間的差異。另基於地理相對位置及相關分析結果，除比較南方四島海域與望安海域間的調查數據外，亦將南方四島海域進一步拆分為東、西嶼坪海域 (A、B、C 測站) 及東、西吉海域 (D、E、F 測站)，另與望安海域 (G、H 測站) 共同比較分析。

(一) 多變量分析

利用非度量多維尺度分析 (non-metric multidimensional scaling, NMDS) 檢視歷次調查的漁獲豐度組成，此方法可透過計算距離來量化樣本間物種豐度組成上的差異。將每次調查的漁獲組成數據按不同海域及季節整理，以 $\log(x+1)$ 進行數據轉換後，計算出 Bray-Curtis 距離矩陣，以克氏法 (Cook's distance) 排除離群值，以繪製二維空間分布圖，觀察各組樣本間的組成相似度與空

間分布差異。進一步再利用分層聚類分析 (hierarchical cluster analysis) 繪製樹狀圖以探討各組間之相似程度。

為確認魚類群聚物種豐度組成與海域及季節間的關係，此分析中建構並使用代表歷次調查和所對應物種豐度的資料矩陣，進行重複分析 (redundancy analysis, RDA)。調查人員和測站環境的影響都在調查中加以控制並視為協變量。另外，也構建了一個虛擬變量 (dummy variables) 矩陣，除季節 (4 季) 及調查人員 (3 名) 外，基於東、西吉海域，東、西嶼坪海域及望安海域間在 NMDS 及聚類分析中的結果，亦將海域 (3 區) 作為解釋變量分別檢視之，並估計應變矩陣中有多少變化可歸因於解釋變量。雖使用典型相關分析 (canonical correlation analysis, CCA) 也可完成相同的分析，但根據 ter Braak and Smilauer (2002) 的建議，參考去趨勢對應分析 (detrended correspondence analysis) 的檢定結果，資料的特性更符合 RDA 模型，故選用 RDA 進行分析。排除資料中尾數佔比小於 2% 的偶見物種，並將漁獲豐度標準化處理，以排除量級的影響。採用基於模型的分析方法，除當下欲探討的變量外則皆作為協變量加以控制，以降低其影響。使用 R 軟體 vegan 套件進行分析。

(二) 單變量分析

為瞭解各季節及各海域間漁獲特性及漁獲量是否具統計上差異，對歷次調查的多樣性指數、豐度及 CPUE 進行變方分析 (ANOVA)。資料分布經過常態性檢查，包括直方圖、QQ 圖的視覺檢視，並進行 Shapiro-Wilk 常態性檢定，若發現違反假設的情況，則以對數轉換進行處理，另透過 Levene 法檢查變方之同質性。事後成對檢定以 Tukey-Kramer 法進行。

另為釐清在不同的管理方式下的各海域是否能在漁獲物體型大小上發現差異，針對總漁獲量最高的物種的體型進行比較。部分魚種因資料不符合變方同質性假設，採用 Welch's 變方分析，而事後成對檢定以 Games-Howell 法進行。所有分析中拒絕虛無假設的臨界值皆為 0.05。

結 果

一、主要漁獲組成

本研究共進行 101 次調查並取得 1,539 尾魚類樣本，分別屬於 25 科 105 種。最常見的科別是金線魚科 (Nemipteridae，佔比 20.21%)，其次是隆頭魚科 (Labridae，佔比 18.19%) 和鬚鯛科 (Mullidae，佔比 13.78%)。以魚種而言，釣獲數量最多的物種依序為金線魚科的伏氏眶棘鱸 (*Scolopsis vosmeri*，佔比 17.29%)、隆頭魚科的藍豬齒魚 (*Choerodon azurio*，佔比 11.11%) 及鮨科 (Serranidae) 的斑帶石斑魚 (*Epinephelus fasciatus*)，佔比 10.01%)。以下分別以海域及季節分別說明：

(一) 各海域漁獲組成

1. 澎湖南方四島國家公園海域漁獲組成

本次調查在國家公園海域中共採集到 978 尾魚類樣本，分屬於 24 科 96 種，其中有 12 科 52 種僅在該海域中釣獲。漁獲尾數較高的前 10 種詳如 Table 2，其中最常見的魚種為龍占魚科 (*Lethrinidae*) 的紅鰓龍占魚 (*Lethrinus rubrioperculatus*，佔比 10.94%)，其次為伏氏眶棘鱸 (佔比 10.63%) 及鬚鯛科的多帶海緋鯉 (*Parupeneus multifasciatus*，佔比 8.79%)。

Table 2 Top 10 catch species in the waters of South Penghu Marine National Park

Rank	Scientific name	Proportion (%)
1	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	10.94
2	<i>Scolopsis vosmeri</i>	10.63
3	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	8.79
4	<i>Trachinocephalus myops</i>	7.57
5	<i>Choerodon azurio</i>	6.85
6	<i>Parapercis tetracantha</i>	6.44
7	<i>Parupeneus spilurus</i>	4.50
8	<i>Sufflamen chrysopterum</i>	3.58
9	<i>Halichoeres hartzfeldii</i>	2.45
10	<i>Scolopsis monogramma</i>	1.94

進一步區分，在東、西嶼坪海域所釣獲的 557 尾魚中，包含 20 科 74 種，其中有 6 科 23 種僅

在該海域中採獲。漁獲尾數最高的前 10 種詳如 Table 3，其中以伏氏眶棘鱸 (佔比 17.77%) 最多，其次為合齒魚科 (Synodontidae) 的準大頭狗母魚 (*Trachinocephalus myops*，佔比 12.21%) 以及擬鱸科 (Pinguipedidae) 的四棘擬鱸 (*Parapercis tetracantha*，佔比 7.72%)。其中鰆科 (Carangidae)、飛角魚科 (Dactylopteridae)、海鰱科 (Elopidae)、箱鯧科 (Ostraciidae)、雀鯛科 (Pomacentridae) 及琵琶鱸科 (Rhinobatidae) 等 6 科僅在該海域釣獲。

Table 3 Top 10 catch species in the waters around Dongyuping and Xiyuping islets

Rank	Scientific name	Proportion (%)
1	<i>Scolopsis vosmeri</i>	17.77
2	<i>Trachinocephalus myops</i>	12.21
3	<i>Parapercis tetracantha</i>	7.72
4	<i>Choerodon azurio</i>	7.18
5	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	5.75
6	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	4.49
7	<i>Halichoeres hartzfeldii</i>	3.77
8	<i>Opistognathus castelnau</i>	2.51
9	<i>Parapercis pulchella</i>	2.51
10	<i>Parupeneus spilurus</i>	2.33

在東、西吉海域共採集 421 尾魚，分屬於 17 科 64 種，其中有 3 科 20 種僅在該海域中取得。漁獲尾數最高的前 10 種詳如 Table 4，紅鰓龍占魚 (佔比 17.81%) 是最常出現的漁獲種類，其次為鬚鯛科的多帶海緋鯉 (佔比 14.49%) 及大型海緋鯉 (*Parupeneus spilurus*，佔比 7.36%)。蝴蝶魚科 (Chaetodontidae)、二齒鯧科 (Diodontidae)、石鱸科 (Haemulidae) 及鸚哥魚科 (Scaridae) 等 4 科僅在該海域漁獲。

2. 望安海域漁獲組成

望安海域樣點共採集到 561 尾魚，包含 13 科 53 種。漁獲尾數最高的前 10 種詳如 Table 5，漁獲尾數最多的種類為伏氏眶棘鱸 (佔比 23.35%)、斑帶石斑魚 (佔比 22.28%) 及藍豬齒魚 (佔比 14.97%)。其中舵科 (Kyphosidae) 僅在該海域中採獲。

Table 4 Top 10 catch species in the waters around Dongji and Xiji islets

Rank	Scientific name	Proportion (%)
1	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	17.81
2	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	14.49
3	<i>Parupeneus spilurus</i>	7.36
4	<i>Choerodon azurio</i>	6.41
5	<i>Sufflamen chrysopterum</i>	6.41
6	<i>Parapercis tetracantha</i>	4.75
7	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>	3.09
8	<i>Scolopsis monogramma</i>	2.61
9	<i>Sufflamen fraenatum</i>	2.14
10	<i>Variola albimarginata</i>	2.14

Table 5 Top 10 catch species in the waters around Wang'an island

Rank	Scientific name	Proportion (%)
1	<i>Scolopsis vosmeri</i>	23.35
2	<i>Epinephelus fasciatomaculatus</i>	22.28
3	<i>Choerodon azurio</i>	14.97
4	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	5.35
5	<i>Cephalopholis boenak</i>	3.74
6	<i>Parupeneus ciliatus</i>	3.57
7	<i>Parupeneus spilurus</i>	2.32
8	<i>Synodus jaculum</i>	1.96
9	<i>Opistognathus castelnau</i>	1.25
10	<i>Synodus ulae</i>	1.25

(二) 各季漁獲組成

1. 澎湖南方四島國家公園海域各季漁獲組成

國家公園海域內春季共取得 237 尾魚類樣本，分屬於 18 科 46 種。最常見的物種為準大頭狗母魚 (佔比 17.14%)，其次依序為紅鰓龍占魚 (佔比 12.24%) 及伏氏眶棘鱸 (佔比 12.24%)，其餘佔比皆低於 10%。

夏季共採集到 319 尾魚，分屬於 17 科 60 種。漁獲數量最高的物種為紅鰓龍占魚 (佔比 11.60%)，其次依序為多帶海緋鯉 (佔比 10.03%) 及伏氏眶棘鱸 (佔比 9.40%)，其餘則無佔比高於 10% 者。

秋季共採集到 394 尾魚，分屬於 17 科 61 種。尾數最高的物種為伏氏眶棘鱸 (佔比 11.17%)，其次為多帶海緋鯉及紅鰓龍占魚，佔比皆為 10.41%，其餘種類佔比皆未達 10%。

國家公園海域冬季僅取得 28 尾樣本，包含於 13 科 23 種。以龍占魚科漁獲較多 (佔比 21.43%)，其餘科別則漁獲較平均。

2. 望安海域各季漁獲組成

望安海域春季共釣獲 118 尾魚，分屬於 8 科 18 種。最常見的物種為斑帶石斑魚 (佔比 24.58%)，其次依序為伏氏眶棘鱸 (佔比 22.88%)、藍豬齒魚 (佔比 19.49%) 及多帶海緋鯉 (佔比 10.17%)，其餘佔比皆低於 6%。

夏季樣本數為 246 尾，分屬於 13 科 32 種。漁獲數量依序為斑帶石斑魚 (佔比 26.02%)、伏氏眶棘鱸 (佔比 23.17%) 及藍豬齒魚 (佔比 14.63%)，其餘種類佔比皆低於 6%。

秋季共釣獲 190 尾，包含 11 科 32 種。數量最高的種類同樣為伏氏眶棘鱸 (佔比 24.74%)、斑帶石斑魚 (佔比 15.79%) 及藍豬齒魚 (佔比 13.16%)，其餘魚種佔比皆低於 7%。

冬季樣本僅 7 尾，屬於 2 科 3 種，其中以合齒魚科占 7 成以上。

二、漁獲物種多樣性

為瞭解調查海域間各季一支釣漁獲物的組成特性，分別計算漁獲的豐富度、歧異度及均勻度等多樣性指數以進行比較。歷次調查中，漁獲豐富度指數介於 0.621 – 5.739 之間，最高值出現在夏季的東、西吉海域 (D 測站)，而最低值則係冬季的望安海域 (H 測站)，顯示海域間漁獲物種的種類數差異；歧異度指數介於 0.673 – 2.840 之間，最高值出現在秋季的東、西吉海域 (D 測站)，最低值則出現在冬季的望安海域 (H 測站)；均勻度方面，數值介於 0.6630 – 1.000 之間，冬季的東、西嶼坪及東、西吉海域皆曾出現最大值 (A、D、E、F 測站)，而最低值則出現在春季的東、西嶼坪海域 (B 測站)，代表該站於該季節漁獲物種分布較不平均，其中大頭狗母魚即占總漁獲尾數的 50% 以上，因而造成數值的差異。

分別就多樣性指數在各季及各海域間進行分析 (Table 6, Figs. 2 & 3)。二因子變方分析的結果顯示海域對物種豐富度 (D) 影響並不大 ($p = 0.144$)，且海域與季節的交互作用對物種豐富度的

Table 6 ANOVA results for biodiversity indices across survey sessions, testing differences between areas and seasons

Variate	df	Richness index (D)		Diversity index (H')		Evenness (J')	
		F	p	F	p	F	p
Area	2	2.151	0.144	n.s	1.955	0.169	n.s
Season	3	23.076	< 0.001	***	32.022	< 0.001	***
Area: Season	6	0.520	0.786	n.s	0.746	0.620	n.s
Residuals	19						

Notes: n.s = not significant, * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

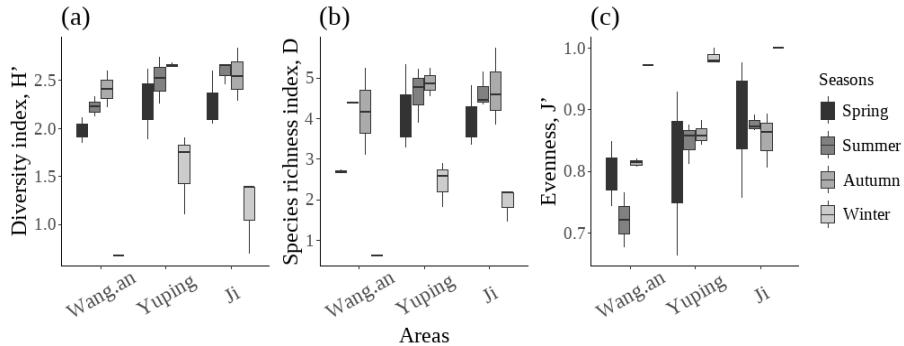


Fig. 2 Biodiversity indices of catches in the three sampling areas. (a) Diversity index (H'); (b) Species richness index (D); (c) Evenness (J').

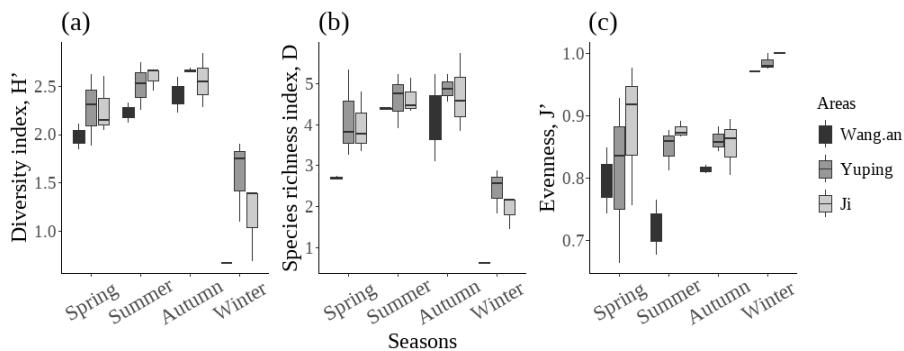


Fig. 3 Seasonal variation in biodiversity indices of catches. (a) Diversity index (H'); (b) Species richness index (D); (c) Evenness (J').

影響亦不顯著 ($p = 0.786$),但季節對物種豐富度的影響則非常明顯 ($p < 0.001$),其中冬季物種豐富度顯著低於其他三季。

物種歧異度 (H') 在二因子變方分析的結果亦指出季節為影響歧異度的因素 ($p < 0.001$),調查海域以及海域與季節間的交互作用對歧異度皆無顯著影響 (p 值分別為 0.169 及 0.620),季節間同樣以冬季顯著低於其餘三季 ($p < 0.001$)。

漁獲的均勻度指數 (J') 上,透過二因子變方分析顯示海域與季節的交互作用對漁獲均勻度的影響並不大,海域對漁獲均勻度的影響已達統計上顯著 ($p = 0.015$),但仍以季節最為重要的影響因素 ($p < 0.001$)。事後成對比較下,東、西吉的漁獲均勻度程度顯著高於望安海域 ($p = 0.012$),而冬季則顯著高於其它三季 ($p < 0.01$)。

在本次調查中,若在南方四島與望安海域間進行比較,歷次調查漁獲的多樣性指數則皆不具顯著差異 (Welch's t-test, 物種豐富度 p 值為 0.569; 物種歧異度 p 值為 0.810; 均勻度指數 p 值為 0.671),而同樣皆以季節為最主要的影響因素。

三、漁獲群聚分析

將歷次調查資料按季節及測站分組,繪製 NMDS 二維空間分布圖,可看出其中東、西吉海域相對於其他兩個海域在漁獲組成上大致形成分開的群體 (Fig. 4),望安海域各測站各季調查的漁獲組成較為一致,並與東、西嶼坪海域漁獲組成重疊性高。在聚類分析的結果中也能觀察到相同的模式 (Fig. 5),季節間無明顯的分組,而以東、西

吉海域與另外兩個海域的集合區分形成兩大群，東、西嶼坪測站中又以 A 站點的漁獲組成與望安海域更相近。

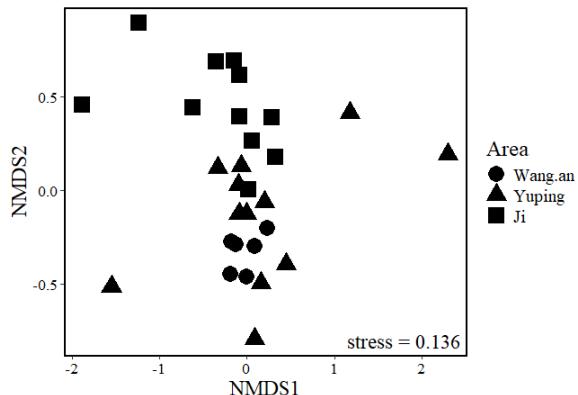


Fig. 4 NMDS ordination of catch species composition across three areas.

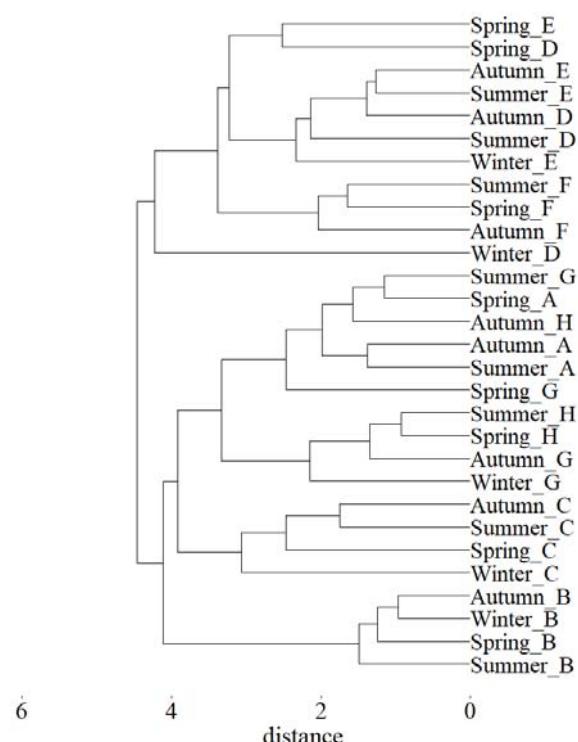


Fig. 5 Dendrogram of cluster analysis for seasonal catches at sampling stations.

RDA 分析中考量了季節、海域及調查人員等因素，針對主要漁獲種類，解釋變數整體對物種組成具有顯著影響 [RDA 模型在 999 次置換檢驗 (permutation test) 下， $F = 5.7937, p < 0.001$]，其中季節因素解釋了模型內總變異的 10.00%，對漁獲物種組成的影響相對較低 (pRDA 模型在 999 次

置換檢驗下 $F = 4.1095, p < 0.001$)，而以海域因素為解釋漁獲物種特定豐度最主要的原因，可解釋總變異的 21.62% (pRDA 模型在 999 次置換檢驗下 $F = 13.25, p < 0.001$)。其中東、西嶼坪海域以準大頭狗母魚、四棘擬鱸及伏氏眶棘鱸最豐富，而東、西吉海域則可漁獲較多的多帶海緋鯉、大型海緋鯉、鱗鮋科 (Balistidae) 的金鰭鼓氣鱗鮋 (*Sufflamen chrysopterum*) 及紅鰓龍占魚，至望安海域的漁獲組成則以斑帶石斑魚、橫紋九刺鮨、藍豬齒魚及伏氏眶棘鱸為主要特徵 (Fig. 6)。此外，在模型中調查人員的影響效應並不顯著 (pRDA 模型在 999 次置換檢驗下 $F = 0.9408, p = 0.508$)。

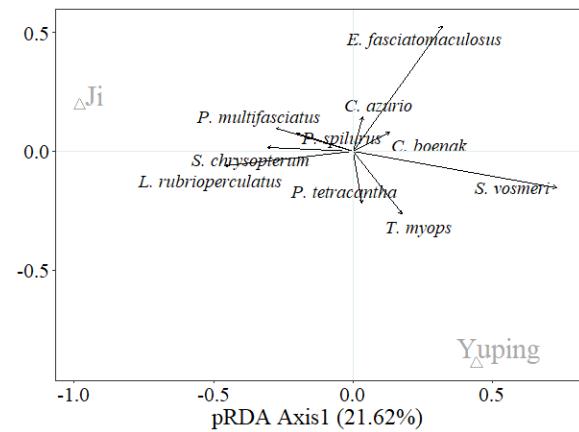


Fig. 6 Bi-plot from Partial Redundancy Analysis (pRDA) investigating area-specific effects on fish abundance. The percentage of variance explained by the first axis is shown in parentheses. Triangles represent the centroid of each category, with Wang'an area serving as the reference group in this plot.

四、漁獲豐度及 CPUE 分析

比較各海域及季節間歷次調查漁獲豐度及 CPUE 的變化顯示，漁獲豐度介於 2 – 51 indiv./hr 之間，最高值出現在夏季望安海域 (H 測站)，而最低值則係冬季的東、西吉海域 (F 測站)，南方四島海域中則以秋季的東、西吉海域最高 (E 測站)；CPUE 介於 0.336 – 9.60 kg/hr 之間，最高值出現在夏季的望安海域 (H 測站)，最低值亦出現在冬季的同一海域，僅以南方四島海域而言則以秋季的東、西吉海域最高 (D 測站)。

分析各季及各海域的漁獲豐度及 CPUE。漁獲豐度在季節上以冬季最低，其後隨著季節轉變逐

Table 7 ANOVA results for catch abundance and CPUE across survey sessions, testing differences between areas and seasons

Variate	Catch abundance (indiv./hr)			CPUE (kg/hr)			
	df	F	p	df	F	p	
Area	2	15.280	<0.001	***	7.077	0.005	**
Season	3	19.637	<0.001	***	13.541	<0.001	***
Area: Season	6	2.255	0.082	n.s	3.390	0.0191	*
Residuals	19						

Notes: n.s = not significant, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

漸提高，海域間則以望安高於其他海域 (Figs. 7 & 8)，二因子變方分析的結果顯示海域及季節間的交互作用影響未達顯著 ($p = 0.082$)，而漁獲豐度在海域及季節間則皆具有顯著的區別 ($p < 0.001$) (Table 7)。事後成對比較結果中，望安海域歷次調查漁獲豐度顯著高於東、西吉 ($p < 0.001$) 及東、西嶼坪海域 ($p = 0.002$)，而東、西吉和東、西嶼坪海域間則無顯著的差異。就季節而言，漁獲豐度在冬季顯著低於其他季節，而秋季又顯著高於春季 ($p = 0.012$)。

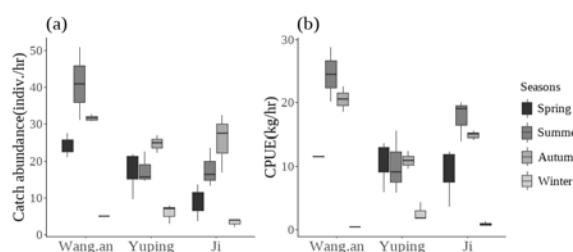


Fig. 7 Variations in (a) catch abundance (indiv./hr) and (b) CPUE (kg/hr) among three areas.

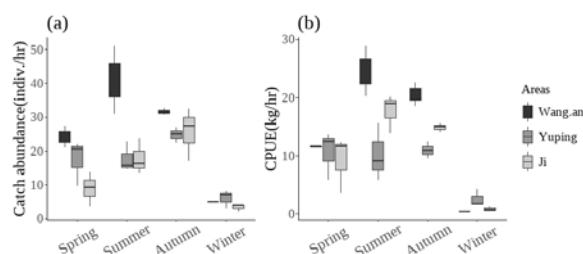


Fig. 8 Seasonal variations in (a) catch abundance (indiv./hr) and (b) CPUE (kg/hr).

CPUE 在季節上的變化趨勢與漁獲豐度相似，同樣自春季起逐漸增高，冬季較為低迷，海域間望

安海域數值略高於南方四島海域 (Figs. 7 & 8)。二因子變方分析中在海域、季節及兩者的交互作用上皆發現顯著的影響，以季節為最重要的影響因素 ($p < 0.001$) (Table 7)。事後比較發現歷次調查 CPUE 以望安海域高於東、西嶼坪海域 ($p = 0.016$)，而季節間則以夏季及秋季顯著高於冬季，其餘則未達統計顯著程度。調查分析結果顯示，南方四島海域在漁獲豐度或 CPUE 方面皆不優於望安海域，季節間漁獲豐度的變化情形，與相關調查報告中所觀察到的趨勢相似 (陳與李, 2017)。

五、漁獲體型分析

以統計分析比較本次調查中主要漁獲種類在各海域的體型大小，包括藍豬齒魚、伏氏眶棘鱸、大型海緋鯉、多帶海緋鯉及紅鰓龍占魚。各魚種樣本並未發現季節因素在統計上的顯著性，爰僅就海域間漁獲體型差異進行說明 (Fig. 9)。

藍豬齒魚為本研究中南方四島海域總漁獲量最高的魚種，漁獲個體的平均體長在南方四島海域為 25.24 cm，其中東、西嶼坪海域為 25.59 cm，東、西吉海域為 24.72 cm，而望安海域則為 25.08 cm，平均體長在海域間並不具統計上差異 (Welch's ANOVA, $p = 0.646$)。

本研究釣獲的伏氏眶棘鱸個體平均體長在南方四島海域為 16.40 cm，其中東、西嶼坪海域為 16.43 cm，東、西吉海域為 15.74 cm，而望安海域則為 17.56 cm，平均體長在望安海域顯著大於東、西嶼坪海域 (Welch's anova, $p < 0.001$)。

大型海緋鯉樣本的平均體長在南方四島海域為 31.00 cm，其中東、西嶼坪海域為 32.05 cm，東、西吉海域為 30.55 cm，而望安海域則為 29.92 cm，

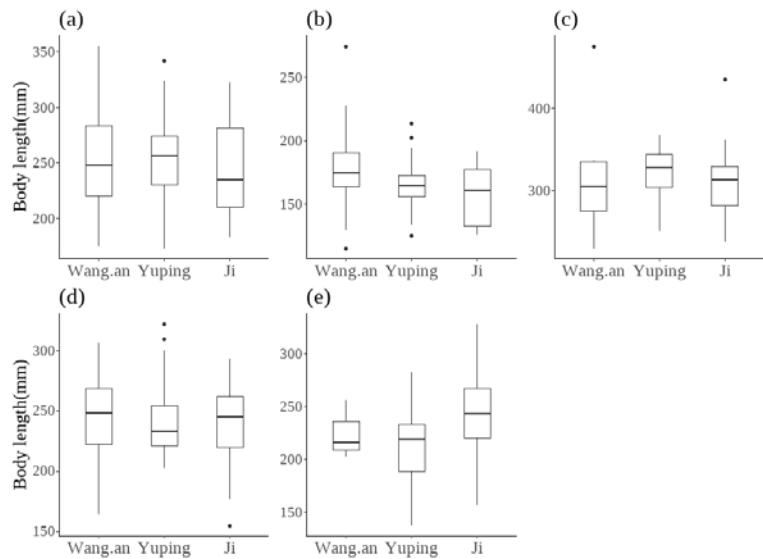


Fig. 9 Box plots of fish standard length (mm) for dominant species sampled across three areas. (a) *Scolopsis vosmeri* ($n = 235$), (b) *Choerodon azurio* ($n = 151$), (c) *Epinephelus fasciatusmaculosus* ($n = 136$), (d) *Parupeneus multifasciatus* ($n = 116$), and (e) *Lethrinus rubrioperculatus* ($n = 110$).

海域間平均體長未發現統計上差異 (Welch's anova, $p = 0.287$)。

研究中多帶海緋鯉體長在海域間同樣無顯著差異 (Welch's anova, $p = 0.716$)，平均體長在南方四島海域為 24.15 cm，其中東、西嶼坪海域為 24.29 cm，東、西吉海域為 24.09 cm，而望安海域則為 24.63 cm。

本次調查取得的紅鰓龍占魚樣本平均體長在南方四島海域為 23.46 cm，在東、西嶼坪周邊釣獲個體為 21.44 cm，東、西吉為 24.32 cm，望安海域則為 22.44 cm。東、西吉周邊個體顯著大於東、西嶼坪海域 (Welch's t-test, $p < 0.001$)，其餘則無顯著差異。

就本次調查所取得樣本的初步分析結果而言，主要漁獲種類平均體長在南方四島海域並不大於望安海域。

討 論

過去 2008 年間曾在澎湖海域發生嚴重的寒害事件，長時間劇烈波動的水溫造成大量魚類及無脊椎動物的死亡，導致當地漁業的重大損失及生態衝擊 (Hsieh *et al.*, 2008)。其後許多團隊投入相關研究，在澎湖海域進行大範圍的漁業資源及生態調查，發現寒害的影響程度以南海較北海低，南方四島海域所受影響相對較小 (鄭與戴, 2020)。該海域擁有豐富的生物多樣性以及功能健全的珊瑚群聚，若能妥善落實保育，可為澎湖群島提供生

態資源的避難所及資源復育的種原庫 (蔡等, 2011)，凸顯澎湖南方四島海域對我國海洋生態及漁業資源的重要性。海洋保護區規劃及管理背後的理論基礎，其中之一是透過相關的管制措施維持保護區內有更多的高齡及大型魚類個體，而基於高齡與大型個體更高的繁殖潛力 (Birkeland and Dayton, 2005)，確保當地魚類群聚的入添量 (recruit)，進而可能對周邊海域產生溢出效應 (spillover effect) (Pauly *et al.*, 2002; Botsford *et al.*, 2009)。魚類群聚組成及體型結構會反映人為捕撈壓力及環境變異而有所變化 (Tu *et al.*, 2018)，在一些保護區的評估調查報告中，亦可觀察到漁獲豐度與魚類體型與海域管理強度呈正向相關的研究結果 (Alós and Arlinghaus, 2013)。如果相關限制規定造成保護區海域漁獲努力轉移到鄰近海域的效果，甚至可能進一步擴大兩處之間漁業資源的對比。基於這些假設，在本研究中我們以固定測站一支釣調查方式比較了澎湖南方四島海域及鄰近的望安海域，觀察是否能觀察到漁獲豐度和體型結構上的不同。然而，本次調查結果並未顯示澎湖南方四島在現行管理制度下，比起望安海域在漁獲豐度和魚類體型上有顯著的正向差異。

在澎湖南方四島國家公園成立後，歷次調查所記錄的魚類物種數有逐漸增加的趨勢，顯示國家公園的成立對生態環境具有某程度正向的影響 (陳與李, 2017; 鄭與戴, 2020)。但從本次調查的結果可觀察到，漁獲豐度及 CPUE 雖有明顯的季節變動，但望安海域的調查數據整體而言仍高於南

方四島海域；漁獲體型上，部分魚種也出現南方四島海域測站個體小於望安海域的情形，似乎並未能達到劃設海洋保護區以增裕高齡及大型魚類數量的目標。作為一支釣、曳繩釣、底刺網、流刺網及雜魚延繩釣的傳統既有作業漁場，本次調查範圍中包括西吉嶼北側、東吉嶼東側及東、西嶼坪周邊海域皆為商業漁捕活動的作業熱區，此外休閒釣魚活動在該海域也相當活躍，包括隆頭魚、金線魚、鬚鯛、石斑、石鱸、笛鯛 (*Lutjanidae*) 及龍占魚等經濟性魚類皆為其主要的漁獲目標 (謝與洗, 2021)，而相關研究亦發現漁捕活動會對這些目標魚類族群在特定海域的豐度、生物量及體型產生顯著的影響 (Lester *et al.*, 2009)。邵與賴 (2011) 指出持續開放漁捕及缺乏落實管理為國內海洋保護區難以發揮功能的主因，在商業及休閒漁捕的共同影響下，該海域經濟性魚類所承受的獵捕壓力仍大，可能與本次調查的結果有關。

本研究的調查結果顯示，不同於漁獲豐度及 CPUE，漁獲的種類組成受海域差異的影響較季節因素的影響更明顯，在一些針對珊瑚礁魚類群聚的相關研究中也曾發現類似的現象 (Westera *et al.*, 2003; Letourneur *et al.*, 2008)，然回顧過去在該海域的相關調查報告，則得到一支釣漁獲的物種組成受到季節或測站的影響皆不明顯的結論 (蔡等, 2011)。棲地對漁獲組成的影響可能源自許多不同因素，除了珊瑚的覆蓋率或主要的珊瑚形態 (Bell and Galzin, 1984)、波浪與遮蔽 (Letourneur *et al.*, 1996)、魚類的運動及補充 (Lecchini *et al.*, 2005) 外，人為的干擾或漁捕也可能造成海域魚類群聚組成的變化 (Westera *et al.*, 2003)。因前後 2 次調查所涵蓋的範圍不盡相同，因此該結果的差異究竟是因為研究範圍不同，或是 2 次調查的間隔中海洋環境變化或人為捕撈壓力所致，則需要進一步研究的結果才能說明。

魚類的生物學特性包括體長體重關係、年齡成長曲線、性成熟體長及順序性雌雄同體 (sequential hermaphroditism) 魚類的性轉變體長等，皆為資源評估管理所需要參考的重要資訊，然該海域許多重要經濟性魚種的基礎研究都尚待充實。Kusen (1991) 分析在日本九州北方近岸採集的少量藍豬齒魚樣本，發現該魚種如同許多其他隆頭魚類為先雌後雄的雌雄同體 (protogynous

hermaphrodite) 魚類。雖然在其樣本中並未發現初級雄性 (primary males) 的個體，但作者認為需要更多樣本才能釐清該物種究竟是單雄性 (monoandric) 亦或具有雙雄性 (diandric) 的特徵。該研究從九州海域個體觀察到的最小性轉變體長大約為 28.50 cm (標準體長)，本研究所捕獲樣本皆未達該體長，但目前尚無針對我國海域系群的相關研究可資參考。伏氏眶棘鱸是本次調查中釣獲樣本數量最多的魚種，本研究中觀察到東、西嶼坪海域釣獲的樣本體型有小於望安海域的現象，可能反映海域間漁捕強度的差異，但目前該魚種的生殖特性及成熟體長都尚不清楚，需要更多的生物學研究才能評估其影響。大型海緋鯉是澎湖海鮮市場常見的魚種之一，根據 Bandai *et al.* (2020) 對九州南方近岸及沖繩島樣本的研究，該魚種為雌雄異體 (gonochoristic)，且在型態及體色上都具有雌雄二型性 (dichromatism 及 dimorphism)。樣本中雄性最小成熟體長為 11.54 cm (標準體長)，生殖期可能介於 7–10 月之間；雌性樣本最小成熟體長則為 21.54 cm (標準體長)，且具一年中多次產卵的特性，本研究所採集樣本大多已達該體長。多帶海緋鯉根據 Pavlov *et al.* (2011) 對越南熱帶海域族群的研究，與同為鬚鯛科的大型海緋鯉一樣具一年多次產卵的特性，生殖期主要為 11 月至隔年 5 月之間。雌魚的初次性成熟體長約為 11.00 cm (尾叉長)，雄魚的初次性成熟體長則約介於 10.00–12.20 cm (尾叉長) 之間，本研究採集的樣本多已達該體長，兩種鬚鯛科魚類皆尚待補充本地族群的生物學資料。紅鰓龍占魚是在本次調查中釣獲數量最多的龍占魚類，佔比達 85% 以上，與其他同屬魚種如正龍占魚 (*L. haematopterus*)、長吻龍占魚 (*L. miniatus*) 及青嘴龍占魚 (*L. nebulosus*) 皆為澎湖地區高經濟價值的常用食用魚。相關研究指出紅鰓龍占魚為先雌後雄的雌雄同體魚種 (Ebisawa, 1997; Trianni, 2011)，根據生殖腺指數及卵巢成熟階段的月別變化，沖繩海域族群的生殖高峰約介於 4–10 月之間，而琉球群島族群則主要集中在 6–8 月之間。雌性最小成熟體長在沖繩海域為 26.40 cm，而在琉球群島則為 23.80 cm (尾叉長) (Ebisawa and Ozawa, 2009)，本研究在澎湖海域取得的雌性樣本中達到該體長的比例小於 1 成，主要的生殖期及性成熟體長也都

有待進一步研究加以釐清。許多珊瑚礁魚類除了壽命長、成熟晚等特性外，研究並指出它們在特定淺水海域小範圍定棲活動的習性，使它們成為漁捕者容易針對的目標，進而可能因為相關參考指標的過度穩定 (hyperstability)，而導致在過漁時初期不易觀察到資源崩潰的跡象 (Hamilton *et al.*, 2016)。因此，為確保資源得以永續利用，充實相關基礎研究並持續監測才能及時察覺警訊，在發生不可逆的變化前調整管理措施以促進資源重建。

本研究在澎湖南方四島海域進行兩年間四季的一支釣調查，以分析其漁獲組成及豐度變化，評估現行管理制度下的資源現況。由於缺乏在國家公園成立前的調查數據，因此無法確定其因果關係，難以直接將調查結果與管理規定直接進行連結；其次，目前該海域除完全禁漁區以外，主要將其區分為底刺網禁漁區及底刺網季節性禁漁區分別管理，本次調查部分測站範圍位於兩者的交界處，因此未能探討漁獲組成及豐度在兩種管理強度下的差異；再者，主要漁獲種類的體長分析中，發現部分魚種在國家公園內的各海域間亦可能存有體型的差異，許多問題仍有待未來規劃相關的調查研究加以釐清。然而儘管存在這些限制，本研究的分析結果仍然提出了一些資源現況的有用資訊，可供管理者作為制訂或調整管理規範的參考依據。

謝 辭

本研究經費由內政部國家公園署海洋國家公園管理處委託研究計畫 (計畫編號：109401) 項下支應，執行期間承蒙澎湖漁業生物研究中心相關領域及「海安號」試驗船同仁傾力協助，讓本研究得以順利完成，特此感謝。

參考文獻

- 王玉懷, 劉金源, 李逸環, 宋克義 (2012) 海洋國家公園管理處委託之研究成果報告. 海洋國家公園管理處, 高雄, 264 pp.
- 江偉全, 林沛立, 陳文義, 劉燈城 (2014) 臺灣東部海洋魚類. 水產試驗所特刊第18號, 352 pp.
- 沈世傑 (1993) 臺灣魚類誌, 國立臺灣大學動物學系, 962 pp.
- 林朝欽, 陸聲山 (2012) 生物多樣性指數 – Shannon公式探源. 台灣生物多樣性研究, 14 (1-2): 41-50.
- 邵廣昭 (1996) 台灣常見魚介貝類圖說 (下) – 魚類. 臺灣省漁業局.
- 邵廣昭 (2014) 臺灣魚類資料庫. 網路電子版 <http://fishdb.sinica.edu.tw> (2024-5-12).
- 邵廣昭, 賴昆祺 (2011) 台灣海洋保護區的現況與挑戰. 海洋事務與政策評論, 65-90.
- 邵廣昭, 沈世傑, 陳正平 (1993) 墾丁國家公園海域魚類圖鑑. 墾丁國家公園管理處, 656 pp.
- 陳春暉 (2003) 澎湖的魚類. 行政院農委會水產試驗所特刊第14號, 379 pp.
- 陳義雄, 李明安 (2017) 澎湖南方四島漁類資源調查. 海洋國家公園管理處委託之研究成果報告. 海洋國家公園管理處, 高雄, 152-157.
- 蔡尚, 馮豐隆 (1999) 生態歧異度及其求算方法之分類. 中國生物, 42(1): 65-83.
- 鄭明修, 戴昌鳳 (2009) 澎湖南方東嶼坪, 西嶼坪, 東吉嶼及西吉嶼似島周邊海域生態資源調查. 海洋國家公園管理處委託之研究成果報告, 海洋國家公園管理處, 265 pp.
- 鄭明修, 戴昌鳳 (2020) 澎湖南方四島國家公園海域長期生態監測與保育策略. 國家公園學報, 30 (1): 28-41.
- 蔡萬生, 鐘金水, 洗宜樂, 朱雲瑋, 易毅成 (2011) 澎湖南方四島海域漁業資源與生態敏感區調查. 海洋國家公園管理處委託之研究成果報告, 海洋國家公園管理處, 高雄, 236 pp.
- 謝恆毅, 洗宜樂 (2021) 澎湖南方四島漁業資源調查. 海洋國家公園管理處委託之研究成果報告. 海洋國家公園管理處, 高雄, 281 pp.
- 戴昌鳳 (2018) 第七章：海岸及淺海海洋生態系. 臺灣區域海洋學 (二版), 263-309.
- Alós, J., D. March, M. Palmer, A. Grau, and B. Morales-Nin (2011) Spatial and temporal patterns in *Serranus cabrilla* habitat use in the NW Mediterranean revealed by acoustic telemetry. Mar. Ecol. Prog. Ser., 427: 173-186.
- Alós, J. and R. Arlinghaus (2013) Impacts of partial marine protected areas on coastal fish communities exploited by recreational angling. Fish. Res., 137: 88-96.
- Bandai, A., T. Matsubara, R. Goto, T. Hayakawa, Y. Iwatsuki and H. Motomura (2020) Sexual dichromatism and dimorphism in the goatfish *Parupeneus spilurus* (Perciformes: Mullidae) in southern Japan. Ichthyol. Res., 67: 203-211.
- Bell, J. D. and R. Galzin (1984) Influence of live coral cover on coral-reef fish communities. Mar. Ecol. Prog. Ser., 15(3): 265-274.
- Birkeland, C., and P. K. Dayton (2005) The importance in fishery management of leaving the big ones. Trends Ecol. Evol., 20(7): 356-358.
- Bohnsack, J. A. (2011) Impacts of Florida coastal

- protected areas on recreational world records for spotted seatrout, red drum, black drum, and common snook. *Bull. Mar. Sci.*, 87(4): 939-970.
- Borcard, D., F. Gillet and P. Legendre (2011) *Numerical Ecology* with R. Springer, New York, U.S.A., 59-150.
- Botsford, L. W., J. W. White, M. A. Coffroth, C. B. Paris, S. Planes, T. L. Shearer and G. Jones (2009) Connectivity and resilience of coral reef metapopulations in marine protected areas: matching empirical efforts to predictive needs. *Coral Reefs*, 28: 327-337.
- Ebisawa, A. (1997) Some aspects of reproduction and sexuality in the spotcheek emperor, *Lethrinus rubrioperculatus*, in waters off the Ryukyu Islands. *Ichthyol. Res.*, 44(2): 201-212.
- Letourneur, Y. (1996) Dynamics of fish communities on Reunion fringing reefs, Indian Ocean. I. Patterns of spatial distribution. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 195(1): 1-30.
- Letourneur, Y., J. C. Gaertner, J. P. Durbec and M. E. Jessu (2008) Effects of geomorphological zones, reefs and seasons on coral reef fish communities of Réunion Island, Mascarene Archipelago, SW Indian Ocean. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 77(4): 697-709.
- Ebisawa, A. and T. Ozawa (2009) Life-history traits of eight *Lethrinus* species from two local populations in waters off the Ryukyu Islands. *Fish. Sci.*, 75: 553-566.
- Hamilton, R. J., G. R. Almany, D. Stevens, M. Bode, J. Pita, N. A. Peterson and J. H. Choat (2016) Hyperstability masks declines in bumphead parrotfish (*Bolbometopon muricatum*) populations. *Coral Reefs*, 35: 751-763.
- Hsieh, H. J., Y. L. Hsien, M. S. Jeng, W. S. Tsai, W. C. Su, and C. A. Chen (2008) Tropical fishes killed by the cold. *Coral Reefs*, 27: 599-599.
- Kusen, J. D. (1991) Protogynous hermaphroditism in the wrasse *Choerodon azurio*. *Nippon Suisan Gakk.*, 57(3): 417-420.
- Lecchini, D., J. Shima, B. Banaigs, and R. Galzin (2005) Larval sensory abilities and mechanisms of habitat selection of a coral reef fish during settlement. *Oecologia*, 143: 326-334.
- Lester, S. E., B. S. Halpern, K. Grorud-Colvert, J. Lubchenco, B. I. Ruttenberg, S. D. Gaines and R. R. Warner (2009) Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 384: 33-46.
- March, D., M. Palmer, J. Alós, A. Grau and F. Cardona (2010) Short-term residence, home range size and diel patterns of the painted comber *Serranus scriba* in a temperate marine reserve. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 400: 195-206.
- Palmer, M., S. Balle, D. March, J. Alós and M. Linde (2011) Size estimation of circular home range from fish mark-release-(single)-recapture data: case study of a small labrid targeted by recreational fishing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 430: 87-97.
- Pauly, D., V. Christensen, S. Guénette, T. J. Pitcher, U. R. Sumaila, C. J. Walters and D. Zeller (2002) Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418(6898): 689-695.
- Pavlov, D. A., N. G. Emel'yanova, L. T. B. Thuan and V. T. Ha (2011) Reproduction and initial development of manybar goatfish *Parupeneus multifasciatus* (Mullidae). *J. Ichthyol.*, 51: 604-617.
- Shannon, C. E. (1948) A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.*, 27(3): 379-423.
- ter Braak, C. J. F. and P. Smilauer (2002) CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5).
- Tetreault, I. and R. F. Ambrose (2007) Temperate marine reserves enhance targeted but not untargeted fishes in multiple no-take MPAs. *Ecol. Appl.*, 17(8): 2251-2267.
- Trianni, M. S. (2011) Biological characteristics of the spotcheek emperor, *Lethrinus rubrioperculatus*, in the Northern Mariana Islands. *Pac. Sci.*, 65(3): 345-363.
- Tu, C. Y., K. T. Chen and C. H. Hsieh (2018) Fishing and temperature effects on the size structure of exploited fish stocks. *Sci. Rep.*, 8(1): 7132.
- Uehara, M., A. Ebisawa, I. Ohta and Y. Aonuma (2019) Effectiveness of deepwater marine protected areas: Implication for Okinawan demersal fisheries management. *Fish. Res.*, 215: 123-130.
- Westera, M., P. Lavery and G. Hyndes (2003) Differences in recreationally targeted fishes between protected and fished areas of a coral reef marine park. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 294(2): 145-168.

Catch Composition Analysis of Angling Surveys Around the Four Southern Penghu Islands

Yu-Ting Yeh¹, Yun-Chen Chang², Ting-Yu You¹, Shiow-Mei Lin¹, Mei-Ying Zhuang¹,
Yi-Le Shean¹, Jun-Ting Chen¹, Hernyi Justin Hsieh¹ and Lu-Chi Chen^{2*}

¹Penghu Fishery Research Center, Fisheries Research Institute

²Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The waters surrounding the Four Southern Penghu Islands are characterized by high biodiversity and well-functioning coral assemblages. With effective conservation measures in place, these areas have the potential to serve as ecological refugia and genetic repositories for the restoration of marine resources throughout the Penghu Archipelago. This study conducted a two-year handline fishing survey in the Four Southern Penghu Islands and adjacent waters to assess the impact of current management measures on local fishery resources. Over the course of the survey, a total of 978 fish specimens were collected within the Four Southern Penghu Islands National Park, representing 96 species across 24 families. The most abundant species was *Lethrinus rubrioperculatus* (10.94% of total catch), followed by *Scolopsis vosmeri* (10.63%) and *Parupeneus multifasciatus* (8.79%). In the waters around Wang'an, 561 fish specimens were collected, comprising 53 species from 13 families. The dominant species in this area were *Scolopsis vosmeri* (23.35%), *Epinephelus fasciatusmaculosus* (22.28%), and *Choerodon azurio* (14.97%). Analysis of catch diversity indices indicated that seasonality was the primary factor influencing species composition, while no significant differences were observed between the national park and Wang'an waters. In terms of catch composition, the East and West Xijiyu waters were more similar to Wang'an, whereas seasonal variation in catch composition was more pronounced within the national park. Significant differences in catch abundance and catch per unit effort (CPUE) were observed among sites and seasons; however, the national park did not outperform the Wang'an area. Seasonal patterns showed that winter yields were significantly lower than those of other seasons. Furthermore, size analysis of major target species revealed that fish caught within the national park were not larger than those from Wang'an. Previous studies have demonstrated that the effectiveness of marine protected areas relies on appropriate regulations and rigorous enforcement. The findings of this study indicate that current fishing pressure on commercially valuable fish species within the national park remains high, and there is a lack of sufficient reproductive biology research on key target species. These results underscore the need to refine existing management measures and expand research efforts to strengthen resource conservation and sustainable fisheries management.

Key words: South Penghu Marine National Park, angling survey, marine protected area, catch composition analysis

*Correspondence: No. 199 Hou-Ih Road, Keelung County, Taiwan. TEL: (02) 2462-2101 ext. 2304; FAX: (02) 2463-3110; E-mail: lcchen@mail.tfrin.gov.tw