

澎湖縣望安海域燈火漁業禁漁區漁獲組成解析

鄭力綺^{1*} · 吳伊淑¹ · 陳律祺² · 黃洵慈³ · 藍國璋³ · 翁進興¹ · 謝恆毅⁴ · 張宏安⁵

¹ 農業部水產試驗所沿近海漁業生物研究中心

² 農業部水產試驗所海洋漁業組

³ 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

⁴ 農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

⁵ 澎湖縣政府農漁局

摘 要

本研究於 2022 年 4 - 9 月在澎湖縣望安燈火漁業禁漁區周邊海域分別以棒受網及一支釣船進行樣本採集，探究該區燈火漁獲組成月間變動。結果顯示，春季以小鱗脂眼鯷 (*Etrumeus micropus*, Pacific round herring)、槍魷科稚體 (*Loliginidae* larvae) 為主；夏季物種交替頻繁，6 月以白腹鯖 (*Scomber japonicus*, Pacific mackerel) 與臭肚魚科稚魚 (*Siganidae* larvae, rabbitfishes) 為主，7 - 8 月則以平胸鈍腹鯷 (*Amblygaster leiogaster*, smooth-belly sardinella) 及黃小沙丁魚 (*Sardinella lemuru*, bali sardinella) 為主，其次為中國槍鎖管 (*Uroteuthis chinensis*, Taiwanese squid)。9 月以黃小沙丁魚、藍圓鰺 (*Decapterus maruadsi*, Round scad) 及槍魷科稚體為主。禁漁區外因水深梯度大、流速快，豐富度與歧異度較低，4 月以南洋美銀漢魚 (*Atherinomorus lacunosus*, hardyhead silverside)、槍魷科稚體為主，5 - 6 月以白腹鯖、小鱗脂眼鯷為主，7 月與 8 - 9 月分別以平胸鈍腹鯷、黃小沙丁魚為主。此外，禁漁區內以棒受網趨光誘集捕獲的稚體達 21 科，於 4 - 6 月及 9 月捕獲率達 25% 以上；白腹鯖、藍圓鰺未達 50% 性成熟體長者約 46% 以上；中國槍鎖管體型明顯較一支釣小，已成熟比例亦相對較低。綜上觀察，禁漁區內為重要的魚介類繁殖場及孵育場，以棒受網趨光集魚捕獲體型有小型化的趨勢。此結果可供漁政管理單位現行法規修正參考。

關鍵詞：望安燈火漁業禁漁區、漁獲組成、棒受網、體長

前 言

澎湖周邊海域燈火漁業 (棒受網、扒網、焚寄網等) 年產量自 2013 年的 1,465 mt，增加至 2016 年 3,938 mt，隨後大幅下降，於 2018 年達近 10 年內最低值。2020 年漁獲量短暫上升至 1,293 mt 後，於 2021 - 2022 年則微幅下降至 847 - 886 mt，約佔該縣總漁業生產量的 7 - 29%，年間變動大。為提升漁獲效率與捕撈量，燈火漁船使用的集魚燈光強度有逐年增加趨勢 (Chyn and Liao, 2006; Liao *et al.*, 2007)。過去文獻大都集中於集魚燈光

強度與漁業生物的趨光行為 (Kawamura, 1983; Arakawa *et al.*, 1998; Marchesan *et al.*, 2005; Liao *et al.*, 2007) 及視覺影響 (康, 2004; Marchesan *et al.*, 2005) 研究，以了解在不同集魚燈光功率下之魚種組成、視覺生理反應變化，同時探討集魚燈光最適強度與燈泡種類選擇 (康, 2004; Marchesan *et al.*, 2005; Liao *et al.*, 2007; Matsushita and Yamashita, 2012) 等，以期透過政策訂定、管制集魚燈光強度，降低非目標物種的混獲率及對漁業生物生理行為等影響。為使澎湖漁業得永續發展及保護稚魚資源，澎湖縣政府於 2008 年公告「七美海域燈火漁業漁船禁漁區有關限制事宜」，在七美離岸 3 哩海域全年禁止從事燈火漁業行為；於 2014 年修正公告「澎湖縣轄海域漁船作業管理規則」，針對不同噸級的漁船訂定集魚燈數與總瓦數限制，以降低

*通訊作者 / 高雄市前鎮區漁港北三路 6 號, TEL: (07) 821-8103#215; FAX: (07) 821-8205; E-mail: lccheng@mail.tfrin.gov.tw

燈火漁業對當地漁業生物的影響。

澎湖縣望安鄉位在臺灣淺堆東北側，距該島離岸約 3 哩處有隆起地形，受地形湧升、周邊環流季節性變化等交互作用，具豐富營養鹽，為多種魚介類攝餌洄游、繁殖、孵育重要的場域 (Chang *et al.*, 2013; Hsiao *et al.*, 2021)，亦為曳繩釣、刺網、棒受網、雜魚延繩釣及一支釣的重要漁場。在 2020 年以前，不同漁法隨著目標物種不同，在禁漁區內的作業時間相異。以頭足類等趨光性物種為主的棒受網為 4 - 11 月，一支釣為 1 - 10 月，曳繩釣為 12 月至翌年 4 月、刺網為 10 月至翌年 6 月，雜魚延繩釣與棒受網相近，為 3 - 11 月 (藍, 2022)。於 2021 年因燈火漁船作業致該海域頭足類資源減耗等輿情壓力影響，澎湖縣政府公告「澎湖縣望安海域燈火漁業禁漁區限制事宜」，每年 4 月 1 日至 9 月 30 日為禁漁期，禁漁區位在望安本島西側、緯度 23°21.5' - 23°25' N、經度 119°27.5' - 119°29.5' E 的範圍。此區在劃設為禁漁區前，主要燈火漁法包括焚寄網、扒網、鎖管棒受網及其他燈火漁具，其中焚寄網、棒受網等多以槍魷科 (*Loliginidae*) 為目標物種，扒網則以小鱗脂眼鯷 (*Etrumeus micropus*, Pacific round herring) 及日本銀帶鯷 (*Spratelloides gracilis*, Blue sprat) 為主要漁獲對象，鯖科 (*Scombridae*)、鰹科 (*Carangidae*)、帶魚屬 (*Trichiurus*)、鰺科 (*Engraulidae*) 等亦為常見的漁獲組成 (廖, 2007)。然「澎湖縣望安海域燈火漁業禁漁區限制事宜」主要依當地居民建議訂定，且相關文獻資料鮮少，在全球暖化、棲地環境改變及年間漁撈壓力等影響下，現行法規是否合宜，仍待透過實地調查進一步探討。為此，本研究針對望安燈火漁業禁漁區周邊海域進行禁漁期間漁獲組成調查，同時探討不同漁法間槍鎖管捕獲體型差異，供漁政管理單位後續政策滾動式修正參考，使資源得永續發展。

材料與方法

一、樣本來源

本研究經澎湖縣政府農漁局核允後，在 2022 年 4 - 9 月 (禁漁期間) 於望安燈火漁業禁漁區內、外設置 3 個採樣測站 (測站 A：23°24.10' N、119°27.98' E；測站 B：23°22.40' N、119°27.98' E；

測站 C：23°23.22' N、119°26.50' E) (Fig. 1)，每月租用兩艘燈火標本船 (棒受網) 於各測站進行樣本採集，每網次作業趨光誘集時間約 1 - 3 小時，採集之樣本全數冷凍、攜回實驗室進行物種鑑定，以了解該海域禁漁期間的月別漁獲組成變動。此外，為探討不同漁法槍鎖管的捕獲體型與成熟度差異，於 2022 年 7 - 8 月由本所澎湖漁業生物研究中心試驗船海安號於禁漁區內 (A、B 測站) 以一支釣採集頭足類樣本，漁獲物全數攜回實驗室進行物種鑑定，併同燈火標本船樣本進行後續漁獲組成及基礎生物學分析。海安號及燈火標本船作業時間、集魚燈泡數及瓦數等如 Table 1。

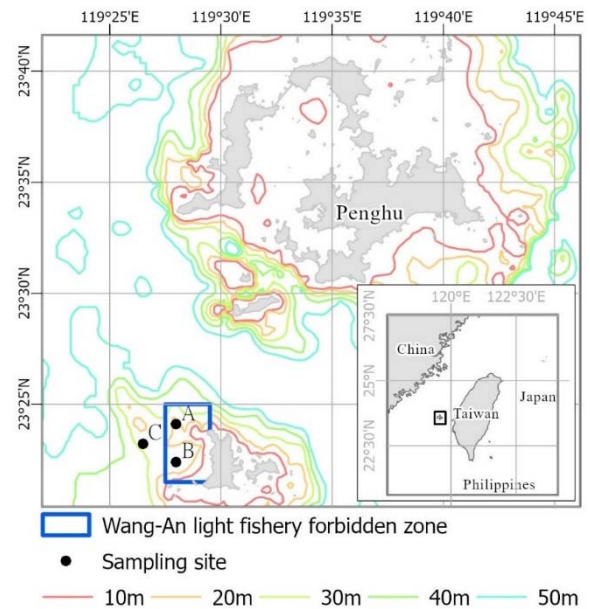


Fig. 1 The distribution of sampling sites and contour line around the Wang-An light fishery forbidden zone in this study.

二、基礎形質量測

依據各物種佔總漁獲量的相對比例加以排序，擇定主要經濟性頭足類進行不同捕獲漁法間體型組成差異比較。樣本隨機抽樣後予以編號，量測外套膜長 (ML, mm) 及體重 (g)，同時取出生殖腺、胃並秤量 (g)，生殖腺使用 10% 福馬林保存，作後續生殖發育分析使用。

捕獲之目標物種，先以雌、雄性個別分析，外套膜長－體重關係式為 $BW = a \times ML^b$ ，其中 BW 為體重 (g)，ML 為外套膜長 (mm)，a、b 為參數，以最大概似比 (maximum likelihood estimation) 檢

Table 1 The fishing methods, status of fishing equipment, and sampling area of three sampling vessels in this study

Sampling vessel	Fishing method	Status of fishing lamp	Sampling period	Sampling area
Light fishery 1	Stick held dip net	Above water: 12 (2 kw/lamp) Under water: 8 (2 kw/lamp)	Apr. to Sep., 2022	All stations
Light fishery 2	Stick held dip net	Above water: 16 (2 kw/lamp) Under water: 4 (2 kw/lamp)	Apr. to Sep., 2022	All stations
Hai-Ani	Pole and lines	Under water: 4 (80 w/lamp)	Jul. to Aug., 2022	St. A and B

定雌、雄性的成長差異 (Kimura, 1980)，再以 Kruskal-Wallis test (K-W test) (McKight and Najab, 2010) 比較其不同漁法間的漁獲體型差異，並以 5 mm ML 為級距繪製外套膜長頻度分布圖。

三、生殖發育分析

為比較在生殖期間不同漁法捕獲之目標物種 (頭足類) 成熟比例是否有顯著差異，針對樣本進行生殖發育分析。雌、雄個體分別量測其生殖腺重 (GSI)、胃重及體重，GSI 計算公式 (Perez *et al.*, 2002) 如下：

$$GSI = \frac{GW}{BW - SW} \times 100$$

式中 GW 為生殖腺重，BW 為濕重量，SW 為胃內容物重。

此外，參考 Macy (1982)、Boyle and Rodhouse (2005)、Sabirov *et al.* (2012) 及邱 (2015)，將發育階段區分為未成熟 (immature)、成熟中 (maturing) 及已成熟 (mature) 三個階層，供後續進行成熟度分析。

四、禁漁區周邊海域漁獲物種組成分析

本研究以豐度法、重量法、相對重要性指數等 3 種指標探討禁漁區周邊海域燈火漁業漁獲組成的月別變動情形。

(一) 豐度法 (%N)

計算各物種種數百分比，公式如下：

$$\%N = \frac{\text{number of species } i}{\text{total number of catch}} \times 100$$

式中，number of species *i* 為該月該測站 (海

域) 漁獲物中 *i* 物種之數量；total number of catch 為該月該測站 (海域) 總漁獲物種數量。

(二) 重量法 (%W)

計算各物種重量百分比，公式如下：

$$\%W = \frac{\text{weight of species } i}{\text{total weight of catch}} \times 100$$

式中，weight of species *i* 為該月該測站 (海域) 漁獲物中 *i* 物種之重量；total weight of catch 為該月該測站 (海域) 總漁獲重量。

(三) 相對重要性指數 (IRI) 及相對重要性百分比 (%IRI)

首先計算各物種的出現頻度 (出現率, %F)，公式如下：

$$\%F = \frac{\text{number of catch containing species } i}{\text{total number of catches containing all species}} \times 100$$

式中，number of catch containing species *i* 為該月該海域 *i* 物種在所有作業網次中出現的次數，total number of catches containing all species 為該月該海域所有作業網次中所有物種的總出現次數。

整合各物種的 %N、%W、%F，計算相對重要性指數 (IRI) 及相對重要性百分比 (%IRI)。

$$IRI = (\%W + \%N) \times \%F \dots\dots\dots(a)$$

$$\%IRI = \frac{(\%W_i + \%N_i) \times \%F_i}{\sum_{i=1}^S (\%W_i + \%N_i) \times \%F_i} \times 100 \dots\dots\dots(b)$$

(b)式中，%W_{*i*}為該月該海域 *i* 物種之重量百分比；%N_{*i*}為該月該海域 *i* 物種之數量百分比；%F_{*i*}為該月該海域 *i* 物種之出現率；S 為該月該海域漁獲之總種類數。

五、禁漁區周邊海域生物多樣性指數分析

本研究以歧異度 (Shannon diversity index, H') (Shannon and Weaver, 1963)、豐富度 (Margalef's richness, D) (Margalef, 1969) 及均勻度 (Pielou's evenness index, J') (Pielou, 1966) 比較禁漁區周邊海域的生物多樣性差異。

(一) 歧異度指數 (H')

歧異度指數越高，物種組成越具多樣性。當每個族群個體數相等時， H' 將等於歧異度指數最大值 ($H'_{\max}$) $\ln(S)$ 。若群聚之組成由單一或是少數之優勢種類構成，則歧異度指數越低。

$$H' = -\sum_{j=1}^S p_i \ln p_i$$

式中， S 為該海域的總物種 (科) 數， p_i 為 i 種佔總個體數的比例。

(二) 豐富度指數 (D)

$$D = \frac{S-1}{\ln n}$$

式中， S 為該海域的總物種 (科) 數， n 為該海域所有物種的總個體數。

(三) 均勻度指數 (J')

均勻度指數用以表示各物種在漁業生物群落中分布的均勻程度，其值介於 0 (無均勻度) - 1 (完全均勻)。

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

式中， H' 為歧異度指數， $H'_{\max}$ 為歧異度指數的最大值 ($\ln S$)

六、群集分析 (cluster analysis)

針對採樣區域漁獲組成 %IRI 採用群集分析，了解月別漁獲組成的相似性，透過群平均法 (group average) 及 Bray-Curtis 相似度指數 (B-C similarity index) 以樹狀圖呈現其聚類情形，以 one-way ANOSIM 檢定不同海域或月別的漁獲組成是否有顯著差異，檢定統計量 (global test) $R=0$ 表示完全相同， $R<0.25$ 表示差異不明顯， $R>0.5$ 表示雖有重疊但能清楚分開， $R>0.75$ 表示有顯

著差異， $R=1$ 表示完全不同，而顯著水準 (significance level, p -level) 則設定為 5%，並以 SIMPROF test 模擬分析最適的分類模式，以進一步探討其分群差異。相關統計分析皆以 PRIMER 6.0 執行，並以 SIMPROF test 模擬分析最適的分類模式，以進一步探討其分群差異。相關統計分析皆以 PRIMER 6.0 執行。

七、非計量多度空間尺度分析圖

(nonmetric multidimensional scaling, nMDS)

根據月間漁獲組成資料的相似度進行最低維度的空間構面重建，以分析資料間的相對關係。本研究以 nMDS 表現不同海域月別間的漁獲組成差異性，相關統計分析皆以 PRIMER 6.0 執行。

結 果

一、禁漁區周邊海域月間漁獲組成變化

2022 年 4 - 9 月望安燈火漁業禁漁區周邊海域漁獲物種包括魚類、甲殼類及頭足類，魚類計 28 科，可鑑識物種計 38 種；甲殼類 1 科 3 種；頭足類計 5 科，可鑑識物種為 9 種。禁漁區內 (A、B 測站)、外 (C 測站) 總漁獲組成經檢定有顯著差異 (one-way ANOSIM, global test, $R=1$, p -level = 0.001)，因此分區進行月別物種組成數量百分比 (%N)、重量百分比 (%W)、相對重要性指數 (IRI) 及相對重要性指數分析 (%IRI)。其中，「科別」(或各科內種別) 漁獲物之 %N、%W、%IRI 在各月間均低於總漁獲物的 5% 者，計於「其他 (Other)」中。

(一) 數量百分比 (%N)

禁漁區內 4 - 9 月漁獲物種計 32 科，可鑑識物種 49 種。4 月以小鱗脂眼鯷比例最高 (39.31%)，其次為外套膜長 30 mm 以下、無法由外觀型態鑑識種別的槍魷科稚體 (25.27%)，平胸鈍腹鯷 (*Amblygaster leiogaster*, smooth-belly sardinella) 位居第三 (12.15%)；5 月同以槍魷科稚體比例最高 (26.86%)，其次為印度側帶小公魚 (*Stolephorus indicus*, Indian anchovy, 22.76%)，澎湖海鰱 (*Bregmaceros pescadorus*, codlet) 位居第三

(12.51%)。6 月以小鱗脂眼鯷 (31.45%) 及臭肚魚科稚魚 (*Siganidae* larvae, 33.07%) 比例較高，其次為黃小沙丁魚 (*Sardinella lemuru*, *bali sardinella*, 12.65%)，7 月則以平胸鈍腹鯷 (74.85%) 為主，其次為印度側帶小公魚 (15.41%)。8 月以黃小沙丁

魚比例最高 (85.49%)，9 月則以藍圓鰹 (*Decapterus maruadsi*, round scad) 為主 (35.21%)，其次為槍魷科稚體 (25.10%) 及黃小沙丁魚 (23.93%) (Table 2)。

Table 2 Monthly %N of the catch composition in the Wang-An light fishery forbidden zone between April and September 2022

Species	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Engraulidae						
<i>Stolephorus indicus</i>	0	<u>22.76</u>	0	<u>15.41</u>	0	0
Other Engraulidae (<5%)	0.23	0	0	0	0	3.50
Clupeidae						
<i>Etrumeus micropus</i>	<u>39.31</u>	4.93	<u>31.45</u>	0.09	0	0
<i>Amblygaster leiogaster</i>	<u>12.15</u>	3.78	0	<u>74.85</u>	0	0
<i>Sardinella lemuru</i>	0.10	0.61	<u>12.65</u>	0	<u>85.49</u>	<u>23.93</u>
Other Clupeidae (<5%)	1.86	0.02	0	0.12	0	2.52
Bregmacerotidae						
<i>Bregmaceros pescadorus</i>	0	<u>12.51</u>	0	0	0	0
Atherinidae						
<i>Atherinomorus lacunosus</i>	8.45	0.02	0	2.02	0	0
Carangidae						
<i>Decapterus maruadsi</i>	0.16	0.17	0.12	1.98	0.43	<u>35.21</u>
Other Carangidae (<5%)	0.13	0.79	1.99	2.39	0.11	1.55
Lutjanidae						
Lutjanidae larvae	0	6.48	0	0	0	0
Siganidae						
<i>Siganus fuscescens</i>	0.10	0	0	0	0	0
Siganidae larvae	0.03	1.45	<u>33.07</u>	0	0	0
Scombridae						
<i>Scomber japonicus</i>	8.74	2.01	10.90	0.28	<u>6.30</u>	0
Scombridae larvae	0.03	6.70	8.01	0	0	0
Loliginidae						
<i>Uroteuthis chinensis</i>	0.77	0.61	0	<u>2.23</u>	<u>6.30</u>	3.31
Loliginidae larvae	<u>25.27</u>	<u>26.86</u>	0.96	0.02	0	<u>25.10</u>
Other Loliginidae (<5%)	0.16	0.14	0.30	0.02	0.96	3.50
Sepiidae						
Sepiidae larvae	0.03	5.49	0	0	0	0
Other Sepiidae (<5%)	0.09	0.02	0	0.14	0.32	0
Others						
%N of family < 5%**	1.30	4.60	0.31	0.36	0	0.99
Unknown	1.09	0.05	0.24	0.09	0.09	0.39

*The numbers underlined in red correspond to the highest values (%), whereas those in blue are the second-highest values, and those in green are the third-highest values.

**%N of 23 family (*Ophichthidae*, *Synodontidae*, *Exocoetidae*, *Belonidae*, *Ambassidae*, *Priacanthidae*, *Apogonidae*, *Coryphaenidae*, *Menidae*, *Leiognathidae*, *Caesionidae*, *Mullidae*, *Chaetodontidae*, *Acanthuridae*, *Sphyrnaeidae*, *Trichiuridae*, *Nomeidae*, *Pleuronectidae*, *Tetraodontidae*, *Enoploteuthidae*, *Sepiolidae*, *Octopodidae*, *Portunidae*) were less than 5% of the total count in any given month.

Table 3 Monthly %N of the catch composition in the area outside the Wang-An light fishery forbidden zone between April and September 2022

Species	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Engraulidae						
<i>Encrasicholina punctifer</i>	0	0	0	0	0	<u>20.50</u>
Clupeidae						
<i>Etrumeus micropus</i>	4.99	<u>33.95</u>	<u>48.56</u>	0	0	0
<i>Amblygaster leiogaster</i>	<u>6.21</u>	0	0	<u>82.88</u>	0	0
<i>Sardinella lemuru</i>	0.12	3.70	6.91	0	<u>49.80</u>	<u>54.50</u>
Other Clupeidae (<5%)	0.49	0	0	0.63	0	4.00
Atherinidae						
<i>Atherinomorus lacunosus</i>	<u>32.52</u>	0	0	<u>11.26</u>	<u>1.72</u>	0
Apogonidae						
<i>Rhabdamia gracilis</i>	0	0	0	0.44	<u>45.13</u>	1.00
Carangidae						
<i>Decapterus macrosoma</i>	0	<u>23.46</u>	0	0.76	0.16	0
Other Carangidae (<5%)	1.83	0	0.38	1.70	0.57	0
Siganidae						
<i>Siganus fuscescens</i>	0.37	0	0	0	0	0
Siganidae larvae	0	0	<u>20.92</u>	0	0	0
Scombridae						
<i>Scomber japonicus</i>	4.14	<u>38.89</u>	<u>16.12</u>	0.13	0	0.50
Scombridae larvae	0	0	2.11	0	0	0
Loliginidae						
<i>Uroteuthis chinensis</i>	1.10	0	2.30	<u>1.32</u>	0.74	<u>12.50</u>
Loliginidae larvae	<u>44.95</u>	0	1.92	0.19	1.06	6.00
Other Loliginidae (<5%)	0.73	0	0	0.25	0.16	0
Others						
%N of family < 5%**	2.06	0	0.40	0.31	0.50	0.50
Unknown	0.49	0	0.38	0.13	0.16	0.50

*The numbers underlined in red correspond to the highest values (%), whereas those in blue are the second-highest values, and those in green are the third-highest values.

**%N of 7 family (Chirocentridae, Belonidae, Caesionidae, Chaetodontidae, Sphyraenidae, Sepiidae, Octopodidae) were less than 5% of the total count in any given month.

禁漁區外 4 - 9 月漁獲物種計 15 科，可鑑識物種 21 種。4 月以槍魷科稚體 (44.95%) 及南洋美銀漢魚 (*Atherinomorus lacunosus*, hardyhead silverside, 32.52%) 為主，5 月以小鱗脂眼鯷 (33.95%) 及白腹鯖 (*Scomber japonicus*, Pacific mackerel, 38.89%) 比例最高，其次為長身圓鰹 (*Decapterus macrosoma*, shortfin scad, 23.46%)；6 月小鱗脂眼鯷比例增加 (48.56%)，其次為臭肚魚科稚魚 (20.92%)，白腹鯖比例則下降至 16.12%，位

居第三。7 月以平胸鈍腹鯷 (82.88%) 為主，其次為南洋美銀漢魚 (11.26%)，8 月以黃小沙丁魚比例最高 (49.80%)，其次則為箭天竺鯛 (*Rhabdamia gracilis*, slender cardinalfish, 45.13%)。9 月黃小沙丁魚維持較高比例 (54.50%)，其次為銀灰半稜鯷 (*Encrasicholina punctifer*, buccaneer anchovy, 20.50%)，中國槍鎖管 (*Uroteuthis chinensis*, Taiwanese squid, 12.50%) 位居第三 (Table 3)。

(二) 重量百分比

禁漁區內 4 月以扁鰲 (Ablennes hians, flat needlefish) 比例最高 (23.58%)，其次為小鱗脂眼鯷 (15.42%)，南洋美銀漢魚位居第三 (13.49%)；5 月扁鰲維持相對高值 (17.56%)，其次為白腹鯖 (17.16%)。6 月以小鱗脂眼鯷 (38.01%) 為主，白腹鯖比例亦增加 (36.08%)，位居第二。7 月以平胸鈍腹鯷 (44.49%) 為主，其次為中國槍鎖管 (20.46%)，托爾逆鈎鯷 (Scomberoides tol, needlescaled queenfish) 位居第三 (15%)。8 月以黃小沙丁魚 (45.57%) 為主，其次為白腹鯖 (25.94%) 及中國槍鎖管 (19.39%)，9 月以藍圓鯷

比例最高 (56.55%)，黃小沙丁魚比例下降 (20.70%)，位居第二 (Table 4)。

禁漁區外 4 月分別以扁鰲 (31.78%)、南洋美銀漢魚 (27.17%) 比例較高，其次為藍圓鯷 (10.74%)。5 月以白腹鯖的 49.19% 為最高值，其次為長身圓鯷 (25.44%) 及小鱗脂眼鯷 (21.69%)。6 月與禁漁區內相似，以小鱗脂眼鯷 (30.96%)、白腹鯖 (31.01%) 為主。7 月以平胸鈍腹鯷 (52.89%) 為主，其次為扁鰲 (27.31%)；8 月以黃小沙丁魚 (68.28%) 為主，其次為箭天竺鯛 (10.18%)；9 月黃小沙丁魚仍維持最高比例 (39.78%)，其次則為中國槍鎖管 (28.45%)，扁鰲位居第三 (19.06%) (Table 5)。

Table 4 Monthly %W of the catch composition in the Wang-An light fishery forbidden zone between April and September 2022

Species	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Engraulidae						
<i>Stolephorus indicus</i>	0	6.8980	0	1.8180	0	0
Other Engraulidae (<5%)	0.0581	0	0	0	0	0.5469
Clupeidae						
<i>Etrumeus micropus</i>	15.4218	8.5479	38.0111	0.1519	0	0
<i>Amblygaster leiogaster</i>	3.6346	1.4300	0	44.4897	0	0
<i>Sardinella lemuru</i>	0.1761	2.8592	9.9691	0	45.5729	20.6972
Other Clupeidae (<5%)	0.5598	0.0067	0	0.0633	0	1.6998
Atherinidae						
<i>Atherinomorus lacunosus</i>	13.4851	0.0410	0	0.4646	0	0
Belonidae						
<i>Ablennes hians</i>	23.5776	17.5653	2.7818	0	0	0
<i>Tylosurus acus melanotus</i>	0	1.5299	0	0	0	0
Coryphaenidae						
<i>Coryphaena hippurus</i>	0	0	0	6.4326	0	0
Carangidae						
<i>Scomberoides tol</i>	4.2198	9.7116	2.0079	14.9967	0	0
<i>Decapterus maruadsi</i>	0.1567	0.0732	0.0114	1.6373	0.3981	56.5540
Other Carangidae (<5%)	0.0009	1.2553	1.2400	2.8387	0.1355	2.1601
Scombridae						
<i>Scomber japonicus</i>	12.0703	17.1624	36.0820	2.3550	25.9389	0
Scombridae larvae	0.0026	1.1227	1.0978	0	0	0

Table 4 Continued

Species	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Loliginidae						
<i>Uroteuthis chinensis</i>	3.1440	4.3873	0	<u>20.4590</u>	<u>19.3906</u>	6.3585
Loliginidae larvae	9.7652	<u>10.5880</u>	0.1956	0.0146	0	<u>8.5299</u>
Other Loliginidae (<5%)	0.3596	0.7762	0	0.0419	4.6477	2.6987
Sepiidae						
Sepiidae larvae	0.03	5.49	0	0	0	0
Other Sepiidae (<5%)	0.09	0.02	0	0.14	0.32	0
Others						
%W of family < 5%**	5.0409	5.8432	1.086	1.588	2.7158	0.2521
Unknown	8.3269	10.2021	7.5173	2.6487	1.2005	0.5028

*The numbers underlined in red correspond to the highest values (%), whereas those in blue are the second-highest values, and those in green are the third-highest values.

**%W of 25 family (Ophichthidae, Synodontidae, Bregmacerotidae, Exocoetidae, Ambassidae, Priacanthidae, Apogonidae, Menidae, Leiognathidae, Lutjanidae, Caesionidae, Mullidae, Chaetodontidae, Siganidae, Acanthuridae, Sphyracidae, Trichiuridae, Nomeidae, Pleuronectidae, Tetraodontidae, Enoplateuthidae, Sepiolidae, Sepiidae, Octopodidae, Portunidae) were less than 5% of the total count in any given month.

Table 5 Monthly %W of the catch composition in the area outside the Wang-An light fishery forbidden zone between April and September 2022

Species	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Clupeidae						
<i>Etrumeus micropus</i>	0.8970	<u>21.6870</u>	<u>30.9551</u>	0	0	0
<i>Amblygaster leiogaster</i>	2.1056	0	0	<u>52.8949</u>	0	0
<i>Sardinella lemuru</i>	0.1038	3.6767	2.7903	0	<u>68.2763</u>	<u>39.7791</u>
Other Clupeidae (<5%)	0.1128	0	0	0.7857	0	2.6525
Atherinidae						
<i>Atherinomorus lacunosus</i>	<u>27.1676</u>	0	0	<u>4.2108</u>	0.5313	0
Belonidae						
<i>Ablennes hians</i>	<u>31.7807</u>	0	5.7764	<u>27.3138</u>	<u>9.7529</u>	<u>19.0593</u>
Apogonidae						
<i>Rhabdamia gracilis</i>	0	0	0	0.1448	<u>10.1839</u>	0.0537
Carangidae						
<i>Decapterus macrosoma</i>	0	<u>25.4433</u>	0	0.9148	0.3180	0
<i>Decapterus maruadsi</i>	<u>10.7437</u>	0	0	0.9237	0.8411	0
Other Carangidae (<5%)	0.0037	0	1.4208	1.9071	0.0509	0
Siganidae						
<i>Siganus fuscescens</i>	5.5687	0	0	0	0	0
Siganidae larvae	0	0	0.3254	0	0	0
Sphyracidae						
<i>Sphyracna flavicauda</i>	5.0132	0	0	0	0	0
Sphyracidae larvae	0.0454	0	0	0	0	0

Table 5 Continued

Species	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Scombridae						
<i>Scomber japonicus</i>	2.8548	<u>49.1930</u>	<u>31.0123</u>	0.9979	0	2.5115
Scombridae larvae	0	0	0.2629	0	0	0
Loliginidae						
<i>Uroteuthis chinensis</i>	3.0970	0	1.1734	3.7992	3.7215	<u>28.4544</u>
Loliginidae larvae	7.0094	0	0.5262	0.1053	0.6236	2.1383
Other Loliginidae (<5%)	0.6161	0	0	0.5939	0.3427	0
Others						
%W of family < 5%**	0.0165	0	0.0001	1.6179	1.1145	2.5707
Unknown	2.8640	0	<u>25.7571</u>	3.7902	4.2433	2.7805

*The numbers underlined in red correspond to the highest values (%), whereas those in blue are the second-highest values, and those in green are the third-highest values.

**%W of 6 family (Engraulidae, Chirocentridae, Caesionidae, Chaetodontidae, Sepiidae, Octopodidae) were less than 5% of the total count in any given month.

(三) 相對重要性指數 (IRI) 及相對重要性百分比 (%IRI)

整合%N、%W、%F分析月別 IRI 及 %IRI，禁漁區內 4 月之 IRI 以小鱗脂眼鯷最高 (312.77, %IRI = 29.38%)，其次為槍魷科稚體 (200.17, %IRI = 18.80%)。5 月小鱗脂眼鯷 %IRI 下降，槍魷科稚體維持相對高值 (111.78, %IRI = 18.64%)，其次為印度側帶小公魚 (88.54, %IRI = 14.77%)。6 月小鱗脂眼鯷 IRI 又上升至 750.89 (35.97%)，為該月最高值，其次為白腹鯖 (407.95, %IRI = 24.33%) 及臭肚魚科稚魚 (367.29, %IRI = 17.60%)，槍魷科稚體則大幅度下降。7 月以平胸鈍腹鯷 (900.70, %IRI = 63.53%) 最高，其次為中國槍鎖管 (299.73, %IRI = 21.14%)；8 月以黃小沙丁魚 (1541.86, %IRI = 58.44%) 最高，其次為中國槍鎖管 (604.41, %IRI = 22.91%) 及白腹鯖 (379.24, %IRI = 14.38%)，9 月則以藍圓鯷最高 (873.98, %IRI = 48%)，其次為黃小沙丁魚 (425.02, %IRI = 23.34%) 及槍魷科稚體 (320.26, %IRI = 17.59%) (Table 6)。

禁漁區外，4 月以南洋美銀漢魚 IRI 值最高 (459.15, %IRI = 34.41%)，其次為槍魷科稚體 (399.65, %IRI = 29.95%) 及扁鰐鱗 (124.58, %IRI = 9.34%)；5 月以白腹鯖有最大值 (2202.05, %IRI =

44.04%)，其次為小鱗脂眼鯷 (1390.94, %IRI = 27.82%) 及長身圓鯷 (1222.5, %IRI = 24.45%)。6 月小鱗脂眼鯷 (1135.94, %IRI = 44.64%) 上升至最高值，其次為白腹鯖 (673.36, %IRI = 26.46%)。與 %W 分布相似，7 月以平胸鈍腹鯷 (1044.44, %IRI = 69.07%) 為主，其次為扁鰐鱗 (212.04, %IRI = 14.02%)，南洋美銀漢魚 (119.04, %IRI = 7.87%) 位居第三；8 月以黃小沙丁魚 (1242.86, %IRI = 61.50%) 最高，其次為箭天竺鯛 (582.22, %IRI = 28.81%)。9 月則以黃小沙丁魚為最高值 (1047.55, %IRI = 47.14%)，其次為中國槍鎖管 (455.05, %IRI = 20.48%) (Table 7)。

(四) 月間物種組成相似度比較

禁漁區內各月漁獲物種 %IRI 的相似度為 27.61% 以上 (B-C similarity, $\pi = 23.01$, $p\text{-level} = 0.001$)，以 SIMPROF 分析，樹狀圖呈現 4 組不同相似程度的類群，4、5 月相似度最高 (B-C similarity: 58.41%, $\pi = 42.43$, $p\text{-level} = 0.001$)；6 月與 4、5 月相似度次之，為 44.62% (B-C similarity, $\pi = 36.04$, $p\text{-level} = 0.001$)；7 月與 4–6 月相似度較低，為 29.94% (B-C similarity, $\pi = 27.54$, $p\text{-level} = 0.001$) (Fig. 2A)。月間組成經檢定有顯著差異 (One-way ANOSIM, global test: $R = 1$, $p\text{-level} = 0.017$)，以相似

度 50% 以上分成 4-6 月、7 月、8-9 月 3 組配對組, pairwise test 顯示 3 組均未顯著分群 ($p > 0.05$)。另根據 nMDS 分析, 採用二維空間構面表現禁漁區內月別漁獲組成 %IRI 相對關係 (壓力係數 0.01), 亦將月間漁獲組成劃分為 4-6 月、7 月及 8-9 月 3 群, 相似度在 40% 以上 (Fig. 2B)。

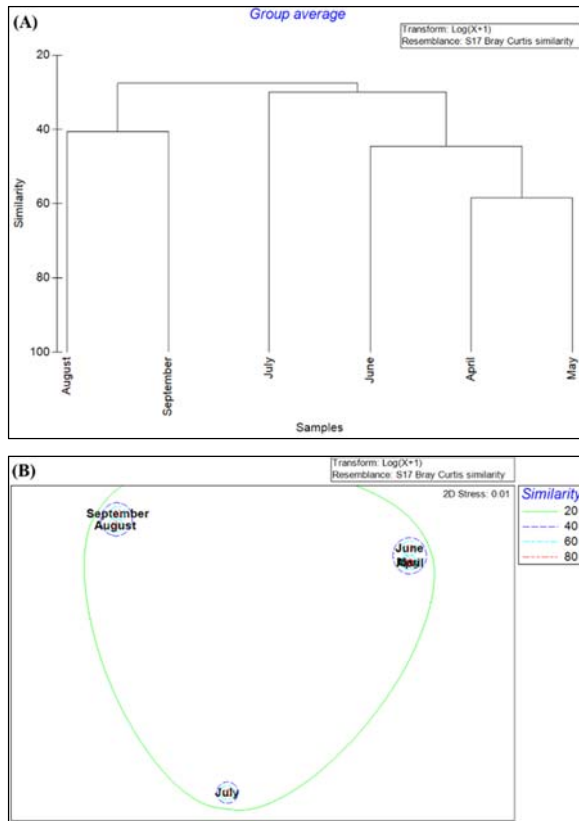


Fig. 2 Dendrogram of cluster analysis (A) and nonmetric multidimensional scaling (B) of monthly index of relative importance (%IRI) for catch composition in Wang-An light fishery forbidden zone (station A, B) between April to September, 2022.

禁漁區外各月漁獲物種 %IRI 之相似度為 22.28% 以上 (B-C similarity, $\pi = 14.84$, p -level = 0.002), 以 SIMPROF 分析, 樹狀圖呈現 3 組不同相似程度的類群, 5、6 月相似度較高 (B-C similarity: 55.82%, $\pi = 42.54$, p -level = 0.003); 4、7 月及 8-9 月相似度分別為 54.67% (B-C similarity, $\pi = 32.01$, p -level = 0.003) 及 53.08% (B-C similarity, $\pi = 36.68$, p -level = 0.001) (Fig. 3A)。經檢定該區漁獲組成有月間差異, 但不顯著 (One-way ANOSIM, global test: $R = 1$, p -level = 0.067)。

另根據 nMDS 分析, 採用二維空間構面表現禁漁區外月別漁獲組成 %IRI 相對關係 (壓力係數 0.01), 5-6 月、8-9 月及 4、7 月可劃分為 3 群, 相似度在 40% 以上 (Fig. 3B)。

另禁漁區內、外月別漁獲組成的 %IRI 相似度, 除 5 月外, 其餘月份約在 40% 以上 (壓力係數 0.1), 以 6 月相似度最高 (B-C similarity: 74.31%, $\pi = 65.67$, p -level = 0.001), 其次為 4 月 (B-C similarity: 74.31%, $\pi = 65.67$, p -level = 0.001) 及 7 月 (B-C similarity: 74.31%, $\pi = 65.67$, p -level = 0.001) (Fig. 4)。

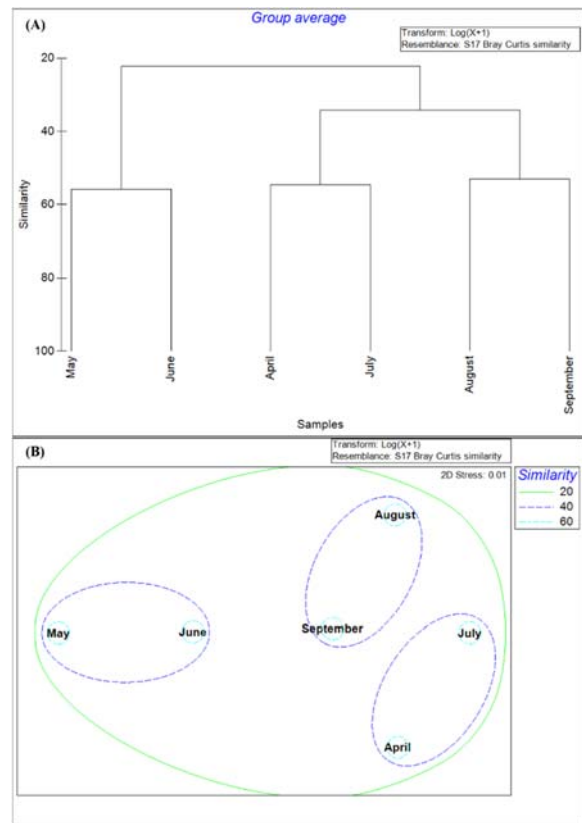


Fig. 3 Dendrogram of cluster analysis (A) and nonmetric multidimensional scaling (B) of monthly index of relative importance (%IRI) for catch composition in area outside of Wang-An light fishery forbidden zone (station C) between April to September, 2022.

Table 6 Monthly *IRI* and %*IRI* of the catch composition in the Wang-An light fishery forbidden zone between April and September 2022

Species	Index of relative importance (<i>IRI</i>)						Percentage of <i>IRI</i> (% <i>IRI</i>)				
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.
Engraulidae											
<i>Stolephorus indicus</i>	0	88.54	0	65.00	0	0	0	14.767	0	4.585	0
Other Engraulidae (% <i>IRI</i> <5%)	1.21	0	0	0	0	19.28	0.114	0	0	0	0
Clupeidae											
<i>Etrumeus micropus</i>	312.77	40.23	750.89	0.93	0	0	29.379	6.711	35.968	0.065	0
<i>Amblygaster leiogaster</i>	90.20	15.54	0	900.70	0	0	8.473	2.593	0	63.525	0
<i>Sardinella lemuru</i>	0.78	10.37	244.54	0	1541.86	425.02	0.073	1.729	11.714	0	58.443
Other Clupeidae (% <i>IRI</i> <5%)	13.85	0.05	0	0.44	0	20.14	1.301	0.008	0	0.032	0
Bregmacerotidae											
<i>Bregmaceros pescadorus</i>	0	39.70	0	0	0	0	0	6.621	0	0	0
Atherinidae											
<i>Atherinomorus lacunosus</i>	125.37	0.10	0	14.08	0	0	11.776	0.016	0	0.993	0
Belonidae											
<i>Ablennes hians</i>	102.56	52.73	7.68	0	0	0	9.634	8.794	0.368	0	0
<i>Tylosurus acus melanotus</i>	0	2.32	0	0	0	0	0	0.387	0	0	0
Carangidae											
<i>Decapterus maruadsi</i>	1.36	0.37	0.71	27.27	9.71	873.98	0.128	0.061	0.034	1.923	0.368
Other Carangidae (% <i>IRI</i> <5%)	12.38	20.36	45.09	52	1.43	26.28	1.162	3.396	2.160	3.668	0.054
Siganidae											
<i>Siganus fuscescens</i>	2.62	0	0	0	0	0	0.246	0	0	0	0
Siganidae larvae	0.05	2.24	367.29	0	0	0	0.004	0.374	17.594	0	0
Scombridae											
<i>Scomber japonicus</i>	118.93	85.85	507.95	19.90	379.24	0	11.172	14.320	24.331	1.404	14.375
Scombridae larvae	0.05	23.34	73.86	0	0	0	0.005	3.893	3.538	0	0
Loliginidae											
<i>Uroteuthis chinensis</i>	22.37	14.93	0	299.73	604.41	92.06	2.102	2.490	0	21.139	22.909
Loliginidae larvae	200.17	111.78	3.13	0.07	0	320.26	18.803	18.644	0.150	0.005	0
Other Loliginidae (% <i>IRI</i> <5%)	2.23	2.65	1.15	0.12	58.20	29.53	0.209	0.442	0.055	0.009	2.206
Others											
% <i>IRI</i> of family < 5% **	6.91	57.88	1.46	16.91	35.72	5.83	0.626	9.65	0.07	1.192	1.354
Unknown	51.03	30.60	83.87	20.70	7.69	8.49	4.793	5.104	4.018	1.460	0.291

*The numbers underlined in red correspond to the highest values (%), whereas those in blue are the second-highest values, and those in green are the third-highest values.

**%*IRI* of 24 family (Ophichthidae, Synodontidae, Exocoetidae, Ambassidae, Priacanthidae, Apogonidae, Coryphaenidae, Menidae, Leiognathidae, Lutjanidae, Caesionidae, Mullidae, Chaetodontidae, Acanthuridae, Sphyrnidae, Trichiuridae, Nomeidae, Pleuronectidae, Tetraodontidae, Enoploteuthidae, Sepiolidae, Sepiidae, Octopodidae, Portunidae) were less than 5% of the total count in any given month.

Table 7 Monthly *IRI* and %*IRI* of the catch composition in the Wang-An light fishery forbidden zone between April and September 2022

Species	Index of relative importance (<i>IRI</i>)						Percentage of <i>IRI</i> (% <i>IRI</i>)				
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.
Engraulidae											
<i>Stolephorus indicus</i>	0	<u>88.54</u>	0	<u>65.00</u>	0	0	0	<u>14.767</u>	0	<u>4.585</u>	0
Other Engraulidae (% <i>IRI</i> <5%)	1.21	0	0	0	0	19.28	0.114	0	0	0	0
Clupeidae											
<i>Etrumeus micropus</i>	<u>312.77</u>	40.23	<u>750.89</u>	0.93	0	0	<u>29.379</u>	6.711	<u>35.968</u>	0.065	0
<i>Amblygaster leiogaster</i>	90.20	15.54	0	<u>900.70</u>	0	0	8.473	2.593	0	<u>63.525</u>	0
<i>Sardinella lemuru</i>	0.78	10.37	244.54	0	<u>1541.86</u>	<u>425.02</u>	0.073	1.729	11.714	0	<u>58.443</u>
Other Clupeidae (% <i>IRI</i> <5%)	13.85	0.05	0	0.44	0	20.14	1.301	0.008	0	0.032	0
Bregmacerotidae											
<i>Bregmaceros pescadorus</i>	0	39.70	0	0	0	0	0	6.621	0	0	0
Atherinidae											
<i>Atherinomorus lacunosus</i>	<u>125.37</u>	0.10	0	14.08	0	0	<u>11.776</u>	0.016	0	0.993	0
Belonidae											
<i>Ablennes hians</i>	102.56	52.73	7.68	0	0	0	9.634	8.794	0.368	0	0
<i>Tylosurus acus melanotus</i>	0	2.32	0	0	0	0	0	0.387	0	0	0
Carangidae											
<i>Decapterus maruadsi</i>	1.36	0.37	0.71	27.27	9.71	<u>873.98</u>	0.128	0.061	0.034	1.923	0.368
Other Carangidae (% <i>IRI</i> <5%)	12.38	20.36	45.09	52	1.43	26.28	1.162	3.396	2.160	3.668	0.054
Siganidae											
<i>Siganus fuscescens</i>	2.62	0	0	0	0	0	0.246	0	0	0	0
Siganidae larvae	0.05	2.24	<u>367.29</u>	0	0	0	0.004	0.374	<u>17.594</u>	<u>0</u>	0
Scombridae											
<i>Scomber japonicus</i>	118.93	<u>85.85</u>	<u>507.95</u>	19.90	<u>379.24</u>	0	11.172	<u>14.320</u>	<u>24.331</u>	1.404	<u>14.375</u>
Scombridae larvae	0.05	23.34	73.86	0	0	0	0.005	3.893	3.538	0	0
Loliginidae											
<i>Uroteuthis chinensis</i>	22.37	14.93	0	<u>299.73</u>	<u>604.41</u>	92.06	2.102	2.490	0	<u>21.139</u>	<u>22.909</u>
Loliginidae larvae	<u>200.17</u>	<u>111.78</u>	3.13	0.07	0	<u>320.26</u>	<u>18.803</u>	<u>18.644</u>	0.150	0.005	0
Other Loliginidae (% <i>IRI</i> <5%)	2.23	2.65	1.15	0.12	58.20	29.53	0.209	0.442	0.055	0.009	2.206
Others											
% <i>IRI</i> of family < 5% **	6.91	57.88	1.46	16.91	35.72	5.83	0.626	9.65	0.07	1.192	1.354
Unknown	51.03	30.60	83.87	20.70	7.69	8.49	4.793	5.104	4.018	1.460	0.291

*The numbers underlined in red correspond to the highest values (%), whereas those in blue are the second-highest values, and those in green are the third-highest values.

**%*IRI* of 6 family (Chirocentridae, Caesionidae, Chaetodontidae, Sphyrnaeidae, Sepiidae, Octopodidae) were less than 5% of the total count in any given month.

Table 8 Monthly variations in family number (S), abundance (n), Shannon diversity index (H'), Margalef's richness (D), Pielou's evenness index (J') of catch composition in waters around Wang-An light fishery forbidden zone between April to September, 2022

Month	S	n	H'	D	J'
Fishing forbidden zone (St. A and B)					
April	16	3077	1.24	1.87	0.45
May	25	4075	2.06	2.89	0.64
June	8	1656	1.20	0.94	0.58
July	13	4247	0.86	1.44	0.33
August	5	936	0.54	0.58	0.34
September	7	512	1.26	0.96	0.65
Outside of fishing forbidden zone (St. C)					
April	10	817	1.31	0.35	0.57
May	3	324	1.08	0.35	0.98
June	6	519	1.14	0.80	0.64
July	8	1587	0.61	1.09	0.29
August	8	1219	0.92	0.99	0.44
September	6	199	1.05	0.94	0.59

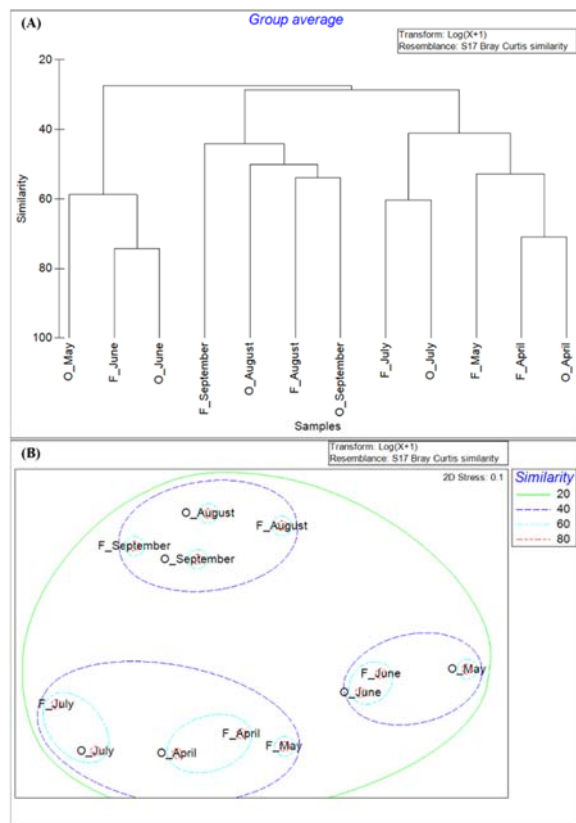


Fig. 4 Dendrogram of cluster analysis (A) and nonmetric multidimensional scaling (B) of the monthly index of relative importance (%IRI) for the catch composition inside (labeled F) and outside (labeled O) the Wang-An light fishery forbidden zone between April and September 2022.

二、禁漁區周邊海域生物多樣性差異及月間變化

考量多種稚魚體型過小 (21 科)，不易由外觀型態鑑識至屬或種別，倘僅以確定種別的個體分析，有多樣性錯估的疑慮。為此，本研究以科數進行月間各式生物多樣性指數估算。

禁漁區內，月間 H' 以 5 月最高 (2.06)，其次為 4 月 (1.24)、9 月 (1.26)，而以 8 月最低 (0.54)。 D 同以 5 月最高 (2.89)，其次為 4 月 (1.87)、7 月 (1.44)，以 8 月最低 (0.58)； J' 則以 5 月 (0.64)、9 月 (0.65) 最高，以 7 月 (0.33)、8 月 (0.34) 最低。整合 3 項多樣性指數，禁漁區內以 5 月生物多樣性最高，8 月則相對較低 (Table 8)。

禁漁區外，月間 H' 以 4 月 (1.31)、6 月 (1.14) 較高，7 月 (0.61) 最低； D 以 7 月有較高值 (1.09)，4、5 月值最低 (0.35)； J' 以 5 月最高 (0.98)，7 月最低 (0.29)。整合 3 項多樣性指數，禁漁區外以 6 月有較高的生物多樣性，7 月雖 D 最高，然科別間個體數差異大，優勢種 (平胸鈍腹鯡) 分布較明顯，物種歧異度較低 (Table 8)。

不同區域的捕獲科數及總個體數除 8 月外，其餘月份均以禁漁區內有較高值。 H' 部分，除 4、8 月外，其餘月份以禁漁區內有相對高值； D 則僅

8 月禁漁區外有較高值。J' 部分，除 7、9 月外，禁漁區外有相對高值 (Table 8)。

三、中國槍鎖管以不同漁法捕獲之體型與成熟度差異

除 6 月外 (0.32%)，4–9 月禁漁區內頭足類約佔月別漁獲量 (%W) 的 15.20–26.75%，其中又以 7 月 (21.86%)、8 月 (26.75%) 比例最高 (Table 4)。物種組成計 5 科，可鑑識至種別者共 9 種，以中國槍鎖管比例最高，佔 4–9 月禁漁區總漁獲量的 10.29%，其次為槍魷科稚體 (3.32%)。

針對不同漁法捕獲的頭足類組成進一步比較。棒受網在 7、8 月的頭足類捕獲量分別佔總漁獲量的 3.75%、7.39%，以中國槍鎖管為主 (94.70%)，其次為劍尖槍鎖管 (*Uroteuthis edulis*, swordtip squid, 4.53%)，杜氏槍鎖管 (*U. duvaucelii*, Indian squid) 僅 0.01%。

一支釣 (海安號) 因受漁具及釣餌選擇性影響，7–8 月僅釣獲頭足類，分別佔各月總漁獲量 (含括棒受網漁獲物) 的 18.11%、19.36%。頭足類組成部分，同以中國槍鎖管為主 (83.25%)，其次為萊氏擬烏賊 (*Sepioteuthis lessoniana*, bigfin reef squid, 7.04%)，真烏賊 (*Sepia esculenta*, golden cuttlefish) 及虎斑烏賊 (*S. pharaonis*, pharaoh cuttlefish) 僅 4.82–4.88%。綜上分析，該海域燈火漁業主要捕獲的頭足類為中國槍鎖管，針對不同漁法捕獲的體型組成，及生殖季節間個體的性腺成熟度差異進一步比較。

(一) 不同漁法體長組成差異

以棒受網捕獲的雌、雄性中國槍鎖管平均外套膜長分別為 121.98 ± 57.5 mm ($n = 56$)、 122.02 ± 52.36 mm ($n = 94$)，平均體重分別為 24.48 ± 28.24 g ($n = 56$)、 25.78 ± 30.44 g ($n = 94$)，經檢定不同性別間在體長、體重組成 (K-W test, $p < 0.05$) 及體長–體重相關性 (maximum likelihood estimation, $p < 0.05$) 上均有顯著差異，雌性外套膜長–體重關係式為 $BW = 2.807 \times 10^{-4} ML^{2.53}$ ($n = 56$; $p < 0.05$)；雄性為 $BW = 1.462 \times 10^{-3} ML^{2.17}$ ($n = 94$, $p < 0.05$)。

以一支釣捕獲的雌、雄性中國槍鎖管平均外套膜長分別為 173.45 ± 18.47 mm ($n = 39$)、 $223.84 \pm$

47.44 mm ($n = 52$)；平均體重分別為 114.74 ± 27.15 g ($n = 39$)、 146.26 ± 53.08 g ($n = 52$)，經檢定不同性別間在體長、體重組成上均有顯著差異 (K-W test, $p < 0.05$)。此外，雌、雄個體在成長上亦有顯著差異 (maximum likelihood estimation, $p < 0.05$)，雌性外套膜長–體重關係式為 $BW = 1.643 \times 10^{-3} ML^{2.16}$ ($n = 39$; $p < 0.05$)；雄性為 $BW = 2.95 \times 10^{-2} ML^{1.57}$ ($n = 52$, $p < 0.05$)。

針對 7–8 月禁漁區內不同漁法捕獲的中國槍鎖管體型進一步比較，根據外套膜長頻度分布顯示，棒受網船捕獲的雌性體型集中於 110–155 mm，以 145 mm 比例最高 (22.22%)，其次為 155 mm (16.67%)；雄魚分布範圍較廣，以 115–140 mm 比例最高 (66.67%)，經檢定雌性體型較雄性大 (K-W test, $p < 0.05$) (Fig. 5A)。以一支釣捕獲的雌性體長集中於 145–200 mm，以 165–195 mm 比例最高 (71.79%)，雄性體長分布範圍較廣，於 155–230 mm、250–320 mm 區間平均分布，最大體長為 320 mm，經檢定雄性體型明顯較雌性大 (K-W test, $p < 0.05$) (Fig. 5B)。

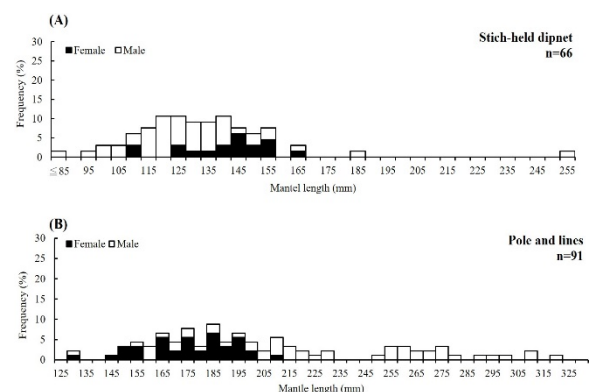


Fig. 5 Mantle length frequency distribution of *Uroteuthis chinensis* sampled by stick-held dip net (A) and pole and lines (B) in the Wang-An light fishery forbidden zone between July and August 2022.

(二) 不同漁法捕獲個體成熟度差異

7–8 月以棒受網捕獲的雌性中國槍鎖管的 GSI 分別為 2.74 ± 4.79 ($n = 13$)、 2.57 ± 5.08 ($n = 5$)，已成熟比例分別為 23.08%、20%，以未成熟個體為主 (Fig. 6A)；雄性 7、8 月 GSI 分別為 2.13 ± 1.15 ($n = 19$)、 2.08 ± 1.39 ($n = 29$)，已成熟比例分別為 63.16%、65.52% (Fig. 6B)。

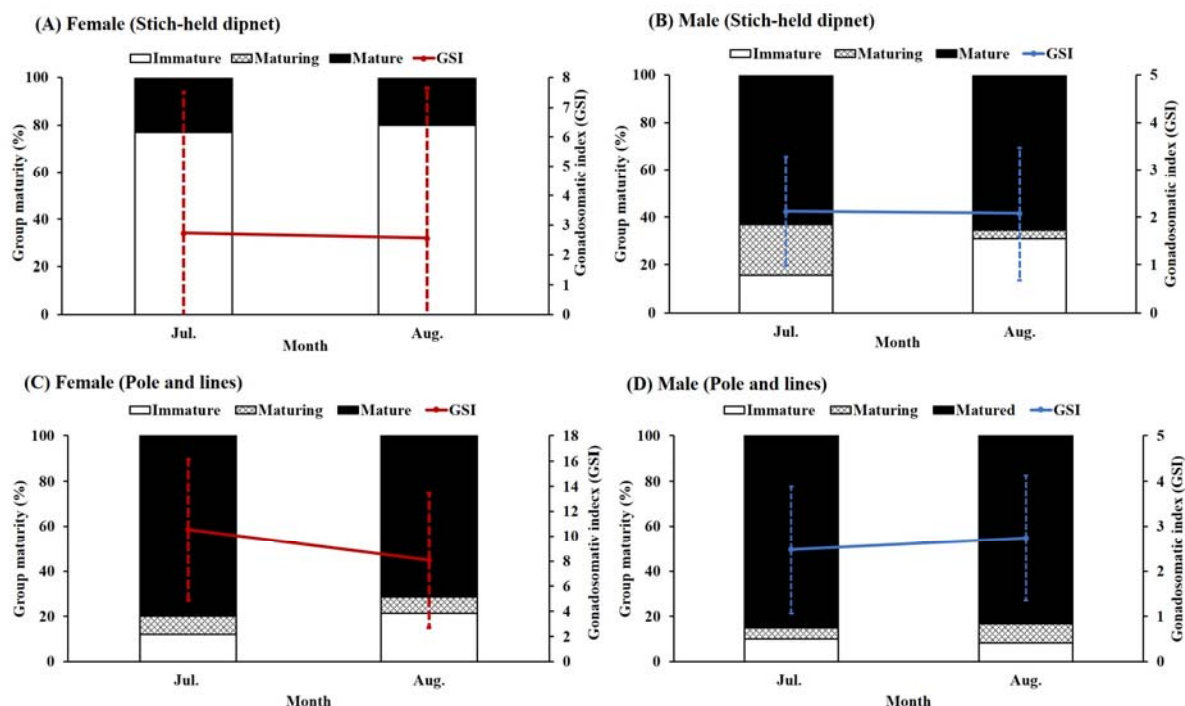


Fig. 6 Monthly group maturity and gonadosomatic index (GSI) of *Uroteuthis chinensis* sampled by stick-held dip net (A, B) and pole and lines (C, D) in the Wang-An light fishery forbidden zone between July and August 2022.

7 - 8 月以一支釣捕獲的雌性中國槍鎖管 GSI 分別為 10.52 ± 5.64 ($n = 25$)、 8.08 ± 5.39 ($n = 14$)，已成熟比例分別為 80%、71.43%，明顯較棒受網比例高 (χ^2 test, $p < 0.05$) (Fig. 6C)。雄性 7、8 月 GSI 分別為 2.48 ± 1.41 ($n = 40$)、 2.74 ± 1.39 ($n = 12$)，已成熟比例分別為 85%、83.34%，較棒受網高，然經檢定無顯著差異 (χ^2 test, $p > 0.05$) (Fig. 6D)。

討 論

澎湖海域燈火漁船的漁業活動範圍與水溫、海流、水團分布有關。春季主要分布於中國沿岸流與黑潮支流的鋒面處；春末、夏季隨著中國沿岸流減弱、消退，黑潮支流、南海表層流交互作用，平均表水溫明顯增加，作業漁場主要分布於澎湖群島周邊及向西南方向延伸至臺灣淺灘的冷水渦海域。夏末、秋初臺灣西南海域表水溫開始下降，燈火漁船作業範圍主要分布於澎湖群島、望安嶼及七美嶼西側海域。秋末、冬季隨著中國沿岸流增強，表水溫下降，澎湖海域燈火漁業的漁期結束

(廖, 2007; 藍, 2022)。綜整上述，在澎湖群島西側向臺灣淺堆延伸之區域均為棒受網、扒網等燈火漁業的作業熱點 (黃, 2006; 許, 2012; Chen *et al.*, 2020)。廖 (2007) 指出 2005 - 2007 年澎湖海域火誘網漁業主要為鎖管棒受網、臭肉鯧扒網及丁香魚扒網 3 種，槍鎖管、小鱗脂眼鯷及日本銀帶鯷為主要漁獲物種，其產量約為臺灣地區的 90% 以上。藍 (2022) 根據澎湖海域 8 艘燈火標本船在「澎湖縣望安海域燈火漁業禁漁區限制事宜」施行前的航程紀錄器及港口查報員漁獲資料綜整分析，2018 - 2020 年間以槍魷科物種為主要漁獲對象，在澎湖縣轄海域平均漁獲率約 23.21 kg/vessel/day，其中，望安燈火漁業禁漁區漁獲率約為 34.09 kg/vessel/day，高於總體海域平均值。另依據 8 艘燈火標本船漁撈日誌統計資料，2018 - 2020 年 1 - 3 月以頭足類為主，4、5 月以小鱗脂眼鯷、銀灰半稜鯷為主，6 - 9 月以黑尾小沙丁魚為主，10 - 12 月以槍魷科及銀灰半稜鯷相互消長。總體漁獲物以頭足類、銀灰半稜鯷、黑尾小沙丁魚、小鱗脂眼鯷、藍圓鯧等為主 (藍, 2022)。在本研究中，整合 IRI、聚類分析及 nMDS 分析結果，

禁漁區內、外物種組成與季節推移有密切關連性，區內春季（4–5月）以小鱗脂眼鯷、槍魷科稚體比例最高，夏季為物種交替的過渡期，組成變動明顯，6月與春末相似，小鱗脂眼鯷仍為主要物種，然槍魷科稚體比例明顯下降，白腹鯖與臭肚魚科稚魚比例增加。7–8月則分別以平胸鈍腹鯷及黃小沙丁魚為主，中國槍鎖管比例明顯增加。秋初（9月）除黃小沙丁魚外，藍圓鰲及槍魷科稚體亦為主要物種。區外月間組成相似度與區內有異，4月除槍魷科稚體外，以南洋美銀漢魚、扁鰲鰻為主，春末、夏初（5–6月）則有較相似的漁獲組成，以白腹鯖與小鱗脂眼鯷為主。7–8月與區內相似，平胸鈍腹鯷及黃小沙丁魚為主要物種，秋初則以黃小沙丁魚、中國槍鎖管有較高比例。綜上觀察，總體漁獲組成以槍魷科、小鱗脂眼鯷為主，與廖（2007）、藍（2022）相似，唯銀灰半稜鯷、黑尾小沙丁魚及日本銀帶鯷的漁獲比例明顯下降；反之，平胸鈍腹鯷及黃小沙丁魚捕獲比例則明顯增加（Table 9）。

禁漁區內、外的生物多樣性差異，捕獲科數及總個體數除8月外，均以禁漁區內較高。總體 H' 與 D 亦以禁漁區內較高，而 J' 則以禁漁區外較高，應為禁漁區外科數及總個體數較少所致。禁漁區內、外的物種多樣性差異推測與望安西側海域海底地形、季節性海流流向等交互作用有關。望安周邊海域為臺灣淺堆東北向延伸，有沙丘或隆起地形零星分布。在禁漁區內（A、B測站）為水深20m的隆起地形（Fig. 1），春末、夏初有中國沿岸流、黑潮支流交替，秋季有東北季風吹佛，南海表層水與中國沿岸流交互作用，複雜水團與地形湧升，使得區內在春、秋兩季營養鹽、浮游生物豐富（廖，2007），成為重要的繁殖場、孵育場及索餌場。因此，隨著季節性海流交替、沿岸湧升、水溫上升及餌料生物豐度增加等，禁漁區內漁獲組成的 H' 與 D 於春末、夏初達相對高值，仔稚魚共漁獲21科，%N 於5–6月達高峰，分別佔總漁獲量的48.47%、42.05%，4、9月次之，均在25%以上，與 Li *et al.* (2014) 於南海北部海域觀察浮游魚類豐度之季節性變化相似。然而，於夏季中下旬（7–8月）該區總漁獲組成 H' 與 D 有些微下降的情形，推測與該月季風風速趨緩、水溫分布態勢差異小，區內水體擾動小，營養鹽濃度、浮游生物豐度

降低等有關。由此觀察，禁漁區內的物種組成 D 、 H' 變動與季節性海流分布與特性（鹽度、溫度、營養鹽濃度、水團內浮游生物種類組成與豐度等）有關（Hsieh *et al.*, 2005）。另在禁漁區外西側有一水深約20m沙丘分布，在沙丘與禁漁區邊緣的水深約30m。而C測站正位處於沙丘至30m等深線的邊緣（Fig. 1），由於水深變化大，海流流速較快，魚群不易群集、棲息，總漁獲科數及總豐度數除8月外，均低於禁漁區內；該區稚魚僅漁獲8科，4月（45.80%）、6月（24.95%）有較高的豐度比例，組成與禁漁區內相似，推測可能自禁漁區內溢散所致。根據藍（2022）及本研究標本船表示，因該區海流流速較快，作業不易，故鮮少船隻在此作業。

槍魷科為望安燈火漁業禁漁區重要的目標物種之一，除外套膜長30mm以下、無法鑑識至種別的稚體外，以中國槍鎖管為主。依據頭足類 IRI 月別變化及禁漁區周邊海域中國槍鎖管月別外套膜長組成分布（Table 6 & 7, Fig. 7），槍魷科稚體於4–5月及9月有較高比例，中國槍鎖管等大型個體則於7–8月比例較高，推測此組成差異係槍魷科在2–3月達生殖高峰（廖，2018），稚體在春末（4–5月）自臺灣海峽南部（21–23°N, 117–118°E）孵化後，隨著黑潮支流推送、洄游至臺灣海峽中部（23–24°N, 118–120°E）孵育、索餌（黃，2006）。6月後育成、入添漁場，7–8月性腺發育成熟，廣泛分布於澎湖周邊海域、集體產卵，達該年次一生殖高峰（黃，2006）。於9月，夏季產卵群產下的稚體（夏生群）孵化後，隨著海流再洄游至該海域育成、索餌（林，1993；黃，2006），在此形成生殖-索餌混合體（黃，2006）。

隨著漁船設備及科技進步，燈火漁業趨光集魚的混獲問題日益重要（廖，2004）。集魚燈的聚魚效應除與魚介類的趨光性及餌料生物趨光聚集有關外，物種間隨著視覺閾值或視覺敏感度不同，對光源的反應亦有所差異（Clarke and Pascoe, 1998; Kim and Wardle, 1998a, b; Marchesan *et al.*, 2005; 廖，2007）。Liao *et al.* (2007) 以臺灣東北部海域棒受網試驗在不同集魚燈光功率下的捕獲量及漁獲組成差異，結果顯示在80kw集魚燈光功率下，漁獲量增加幅度最大且近似飽和，在較高的集魚燈光功率，白帶魚及剝皮魚有較佳的誘集效果；反

Table 9 Comparison of the monthly predominant species caught by light fishing in waters of Penghu reported in the literature

Reference	Fishing ground	Fishing season	Main species	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
This study	Inside Wang-An light fishing forbidden zone, Penghu	Apr. to Sep., 2022	<i>Etrumeus micropus</i> **	—	—	—	**	**	**				—	—	—
			<i>Amblygaster leiogaster</i>	—	—	—							—	—	—
			<i>Sardinella lemuru</i>	—	—	—							—	—	—
			<i>Decapterus maruadsi</i>	—	—	—							—	—	—
			Siganidae larvae	—	—	—							—	—	—
			<i>Scomber japonicus</i>	—	—	—							—	—	—
			<i>Uroteuthis chinensis</i> **	—	—	—				**	**		—	—	—
			Loliginidae larvae**	—	—	—	**	**	**			**	—	—	—
	Outside Wang-An light fishing forbidden zone, Penghu	Apr. to Sep., 2022	<i>Etrumeus micropus</i> **	—	—	—		**	**				—	—	—
			<i>Amblygaster leiogaster</i>	—	—	—							—	—	—
			<i>Sardinella lemuru</i>	—	—	—							—	—	—
			<i>Atherinomorus lacunosus</i>	—	—	—							—	—	—
			<i>Ablennes hians</i>	—	—	—							—	—	—
			<i>Scomber japonicus</i>	—	—	—							—	—	—
			<i>Uroteuthis chinensis</i> **	—	—	—						**	—	—	—
			Loliginidae larvae**	—	—	—	**						—	—	—
廖 (2007)	Penghu water	May to Oct., 2005-2007	Engraulidae	—	—	—	—							—	—
			<i>Spratelloides gracilis</i>	—	—	—	—							—	—
			<i>Etrumeus micropus</i> **	—	—	—	—	**	**	**	**	**	**	—	—
			<i>Herklotsichthys quadrimaculatus</i>	—	—	—	—							—	—
			<i>Sardinella albella</i>	—	—	—	—							—	—
			<i>Sardinella melanura</i>	—	—	—	—							—	—
			Carangidae	—	—	—	—							—	—
			Scombridae	—	—	—	—							—	—
			Loliginidae**	—	—	—	—	**	**	**	**	**	**	—	—
			<i>Encrasicholina punctifer</i>												
藍 (2022)	Wang-An waters, Penghu	Jan. to Dec., 2018-2021	<i>Etrumeus micropus</i> **				**								
			<i>Sardinella melanura</i>												
			<i>Decapterus maruadsi</i>												
			<i>Scomber japonicus</i>												
			<i>Sepia pharaonis</i>												
			<i>Sepioteuthis lessoniana</i>												
			Loliginidae**	**	**	**	**						**	**	**

**Main species caught by light fishery presented in each study; ■ Occurred as main species; — no data during this period

之，在較低的燈光功率下，槍鎖管則有較高的誘集效果；總體漁獲組成上，槍鎖管雖為目標物種，因當地物種組成複雜，當燈光功率增加，帶魚、剝皮魚等較槍鎖管食階高的掠食者亦趨集，致槍鎖管

漁獲比例僅 15.75%。此外，不同燈光功率，槍鎖管漁獲體型組成相異，40 kw 趨光誘集主要捕獲外套膜長 80 mm 以下的個體，當燈光功率大於 60 kw 以上，外套膜長 80 mm 以上的比例明顯較高。

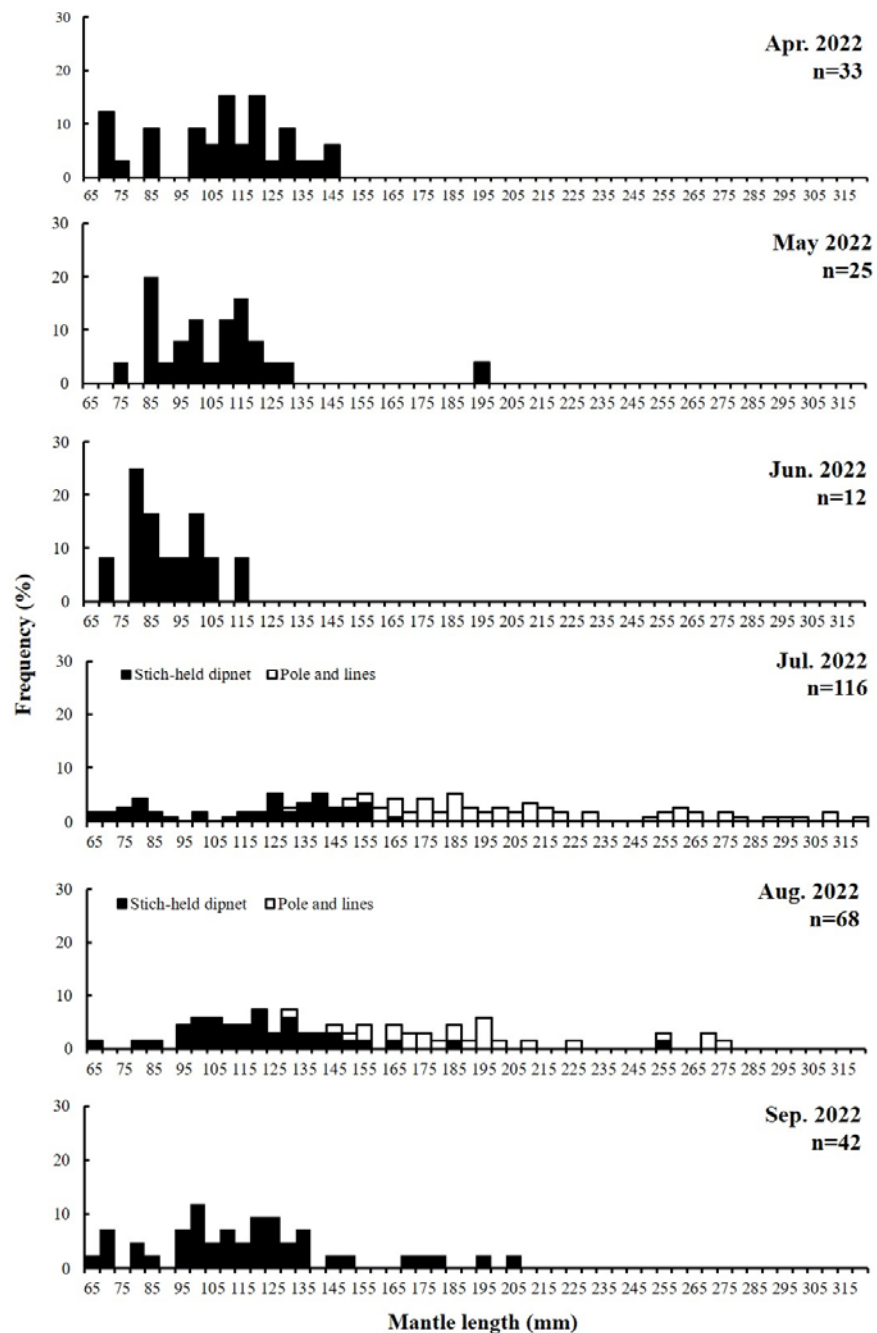


Fig. 7 Monthly mantle length frequency distribution of *Uroteuthis chinensis* in the Wang-An light fishery forbidden zone between April and September 2022.

在本研究中，棒受網船的集魚燈光功率皆為 40 kw，頭足類樣本除 6 月較低外，其餘月份佔總漁獲量的 15.20 – 26.75%，捕獲體型除外套膜長 30 mm 以下的槍魷科稚體外，劍尖槍鎖管平均體長約 75.34 ± 16.97 mm ($n = 46$)，杜氏槍鎖管為 73.33 ± 14.34 mm ($n = 6$)，中國槍鎖管則較大，以 65 – 155 mm 為主 (Fig. 7)。頭足類漁獲比例及槍魷科稚體、劍尖槍鎖管、杜氏槍鎖管的體型分布與 Liao *et al.* (2007) 觀察結果相似，然中國槍鎖管捕

獲體型則與 Liao *et al.* (2007) 以 100 kw 集魚燈光功率誘集組成較相似。而一支釣 (海安號) 部分，雖其使用的總集魚燈光功率僅 320 w，低於棒受網船的 40 kw，受漁具及釣餌選擇性影響，在頭足類的捕獲比率 (100%) 及體型均較本研究棒受網、Liao *et al.* (2007) 大 (Fig. 7)。此外，7 – 8 月一支釣捕獲的成熟個體亦較棒受網高，未出現稚體。該漁法捕獲體型在外套膜長 215 mm 以上則均為雄性個體，體型明顯較雌性大，推測與其群聚產卵特性有關。雄性

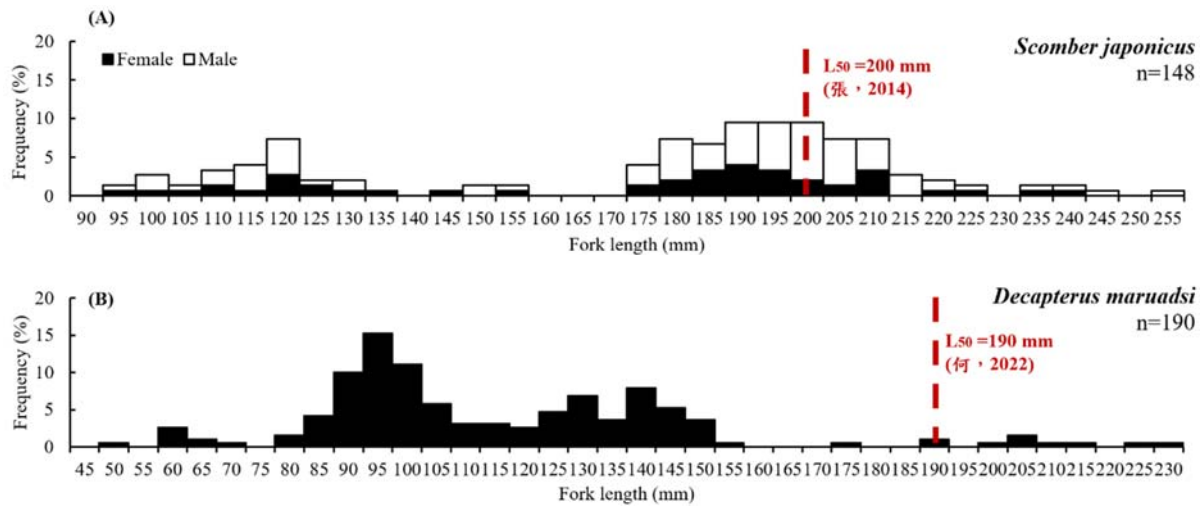


Fig. 8 Length frequency distribution of *Scomber japonicus* (A) and *Decapterus maruadsi* (B) sampled by stick-held dip net in the Wang-An light fishery forbidden zone between April and September 2022.

必須與其他同性個體競爭交配機會，且雄性個體對生殖所需能量投入較小，因此對雄性而言，快速成長並長成較大體型方能有更高的生殖成功機會(張等, 2014)。

本研究海域棒受網船主要以槍鎖管、小鱗脂眼鯷、黃小沙丁魚等為目標物種，月間漁獲組成、捕獲體型與生物個體發育、洄游路徑、海流季節性分布等有關。4-6月、9月禁漁區內因地形湧升，營養鹽及餌料生物豐度高，亦為槍魷科(黃, 2006; 廖, 2018)、臭肚魚科(冼等, 2012; 黃, 2013)等繁殖、孵育期，然受集魚燈趨光誘集效果，其混獲率亦高。此外，本研究中其他經濟性魚種如白腹鯖平均體長為 160.75 ± 39.18 mm (Fig. 8A)、藍圓鰺為 112.72 ± 31.98 mm (Fig. 8B)，未達張(2014)、何(2022)估算之 50% 性成熟體長(白腹鯖: 200mm FL; 藍圓鰺: 190 mm FL) 個體比例約佔該魚種樣本數的 46.42%、94.74%，捕獲之中國槍鎖管成熟比例亦較一支釣低。由此觀察，以燈火誘集捕獲之魚介類體型有小型化趨勢。

為維護當地槍鎖管及仔稚魚等漁業資源，澎湖縣政府訂定「澎湖縣望安海域燈火漁業禁漁區有關限制事宜」，於每年4月1日至9月30日間禁止燈火類漁法(具)(凡具集魚效果之燈具)漁船(筏)進入禁漁區內(Fig. 1)作業。依據本研究漁獲組成及漁獲體型分布結果，以燈火誘集之魚介類有體型小型化的趨勢，且4-6月仔稚魚(含

槍魷科稚體) 豐度高，7-8月亦有高性成熟比例的中國槍鎖管分布，捕獲之白腹鯖、藍圓鰺以未達性成熟體型個體為主，由此推論，該研究海域應為魚介類重要的繁殖、孵育場。現行法規訂之禁漁期(4-9月)與該區重要魚介類繁殖、孵育期高度重疊，然就禁漁區內「限制漁法」落實管理部分，建議主管單位可加強海上監控巡邏，參考「鎖管棒受網漁業管理辦法」，針對總噸位 20 ton 以上之燈火漁業船隻加裝船舶自動辨識系統載台(AIS)，避免船隻越界行違法情事。此外，非禁漁期間亦應嚴加控管該區燈火漁船(筏)之集魚燈具使用規格，落實「澎湖縣轄海域漁船作業管理規則」第六條相關規範。倘現行法規得落實執行，應可維護魚介類的入添量，使資源得永續發展。

參考文獻

- 何珈欣(2022) 臺灣西南海域扒網漁業資源之調查評估及生殖生物學研究-藍圓鰺。行政院農業委員會水產試驗所111年度科技計畫研究報告, 26 pp.
- 林雅民(1993) 澎湖海域鎖管類漁場形成機制之研究。中國水產, 487: 33-42.
- 邱群凱(2015) 臺灣海峽鎖管物種組成之季節變動與優勢物種之生活史參數。國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 66 pp.
- 康雅惠(2004) 光對川紋笛鯛稚魚視網膜之破壞。國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 58 pp.

- 許妙至 (2012) 利用船位紀錄器與漁獲資料探究澎湖海域漁業活動之時空分布. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 91 pp.
- 張可揚, 廖正信, 黃筱婷, 吳繼倫, 王凱毅 (2014) 臺灣沿海中國槍鎖管、杜氏鎖管及劍尖槍鎖管之年齡與成長. 水產研究, 22(1): 1-13.
- 張雅雯 (2014) 臺灣東北部海域白腹鯖年齡成長與生殖生物學之研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 87 pp.
- 黃培寧 (2006) 台灣澎湖海域台灣鎖管生物學特性及其海漁況變動之研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 89 pp.
- 黃宛儀 (2013) 探討臺灣產褐臭肚魚 (*Siganus fuscescens*) 及其加工品於不同季節、地域之呈味成分與鮮度變化. 國立臺灣海洋大學食品科學系碩士論文, 85 pp.
- 廖正堂 (2004) 北部海域火誘網漁業漁獲組成變動之研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 66 pp.
- 廖正信 (2007) 臺灣沿近海火誘網漁業資源之調查評估. 行政院農業委員會漁業署九十六年度科技計畫研究報告, 100 pp.
- 廖俊棠 (2018) 臺灣海峽中國槍鎖管之年齡成長及生殖生物學. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 93 pp.
- 藍國璋 (2022) 111年澎湖縣望安海域燈火漁業禁漁區效益評估及資源調查計畫. 澎湖縣政府農漁局委辦計畫研究報告, 223 pp.
- 洗宜樂, 鐘金水, 林綉美, 黃文卿, 鄭靜怡, 歐麗榛, 蔡萬生 (2012) 澎湖大倉灣海草床魚類群聚初探. 水試專訊, 39: 5-9.
- Arakawa, H., S. Choi, T. Arimoto and Y. Nakamura (1998) Relationship between underwater irradiance and distribution of Japanese common squid under fishing lights of a squid jigging boat. Fish. Sci., 64(4): 553-557.
- Boyle, P. R. and P. Rodhouse (2005) Life cycle. Cephalopods: Ecology and Fisheries, Blackwell Science Ltd, U. S. A., 80-100.
- Chang, Y., M. A. Lee, K. T. Lee and K. T. Shao (2013) Adaptation of fisheries and mariculture management to extreme oceanic environmental changes and climate variability in Taiwan. Mar. Policy, 38: 476-482.
- Chen, L. C., Y. T. Yeh, M. Y. Chuang, C. Y. Cheng, K. W. Lan, C. T. Tseng and Y. C. Chang (2020) A preliminary study on the fishing activity of different artisanal fisheries around the waters off Penghu. J. Fish. Soc. Taiwan, 47(3): 153-162.
- Chyn, S. S. and C. H. Liao (2006) Study on the capacity of fishing lamps and catch per unit effort of stick-held net in waters off northern Taiwan. J. Taiwan Fish. Res., 14: 49-65.
- Clarke, M. R. and P. L. Pascoe (1998) The influence of an electric light on the capture of oceanic cephalopods by a midwater trawl. J. Mar. Biolog. Assoc. U.K., 78(2): 561-575.
- Hsieh, C. H., C. S. Chen and T. S. Chiu (2005) Composition and abundance of copepods and ichthyoplankton in Taiwan Strait (western North Pacific) are influenced by seasonal monsoons. Mar. Freshw. Res., 56(2): 153-161.
- Hsiao, P. Y., T. Shimada, K. W. Lan, M. A. Lee and C. H. Liao (2021) Assessing summertime primary production required in changed marine environments in upwelling ecosystems around the Taiwan Bank. Remote Sens., 13(4): 765.
- Li, K., J. Yin, L. Huang and Z. Lin (2014) Seasonal variations in diversity and abundance of surface ichthyoplankton in the northern South China Sea. Acta Oceanol. Sin., 33: 145-154.
- Liao, C. H., S. S. Chyn, T. Y. Tsai and H. J. Lu (2007) Fishing Capacity and Conditions of Light Fishery under Different Fishing Light Intensity. J. Fish. Soc. Taiwan, 34(2): 207-223.
- Kawamura, G. (1983) Vision and Behaviour of Fish in the Vicinity of Fish Lamp. International Center for Living Aquatic Resources Management, Philippines, 197-204.
- Kim, Y. H. and C. S. Wardle (1998a) Measuring the brightness contrast of fishing gear, the visual stimulus for fish capture. Fish. Res., 34(2): 151-164.
- Kim, Y. H. and C. S. Wardle (1998b) Modelling the visual stimulus of towed fishing gear. Fish. Res., 34(2): 165-177.
- Kimura, D. K. (1980) Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. Fish. Bull., 77(4): 765.
- Macy, W. K. (1982) Development and application of an objective method for classifying long-finned squid, *Loligo pealei*, into sexual maturity stages. Fish. Bull., 80(3): 449-459.
- Marchesan, M., M. Spoto, L. Verginella and E. A. Ferrero (2005) Behavioural effects of artificial light on fish species of commercial interest. Fish. Res., 73(1-2): 171-185.
- Margalef, R. (1969) Composició'n especí'fica del fitoplancton de la costa catalano-leventina (Mediterráneo occidental) en 1962-1967. Investigaciones Pesqueras, 33: 345-380.
- Matsushita, Y. and Y. Yamashita (2012) Effect of a

- stepwise lighting method termed "stage reduced lighting" using LED and metal halide fishing lamps in the Japanese common squid jigging fishery. Fish. Sci., 78: 977-983.
- McKight, P. E. and J. Najab, (2010). Kruskal-Wallis Test. The Corsini Encyclopedia of Psychology, 1, 1-10.
- Perez, J. A. A., D. C. Aguiar. and U. C. Oliveira (2002) Biology and population dynamics of the long-finned squid *Loligo plei* (Cephalopoda: Loliginidae) in southern Brazilian waters. Fish. Res., 58: 267-279.
- Pielou, E. C. (1966) The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theor. Biol., 13: 131-144.
- Sabirov, R. M., A. V. Golikov, C. M. Nigmatullin and P. A. Lubin (2012) Structure of the reproductive system and hectocotylus in males of lesser flying squid *Todaropsis eblanae* (Cephalopoda: Ommastrephidae). J. Nat. Hist., 46(29-30): 1761-1778.
- Shannon, C. E. and W. W. Weaver (1963) The mathematical theory of communications. University of Illinois Press, Urbana, 117 pp.

Catch Composition Analysis of Light Fishery in the Waters of the Wang-An Light Fishery Forbidden Zone

Li-Chi Cheng¹, Yu-Sui Wu¹, Lu-Chi Chen², Yu-Cih Huang³, Kuo-Wei Lan³,
Jinn-Shing Weng¹, Hernyi Justin Hsieh⁴ and Hung-An Chang⁵

¹Coastal Fishery Research Center, Fisheries Research Institute

²Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

³Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University

⁴Penghu Fishery Research Center, Fisheries Research Institute

⁵Agriculture and Fishery Bureau, Penghu County Government

ABSTRACT

We collected specimens through vessels fitted with stick-held dip nets and pole and lines, from April to September 2022 to determine the monthly catch composition of the light fishery in the Wang-An light fishery forbidden zone. In the spring, the main species were *Etrumeus micropus* and Loliginidae larvae. In the summer, the predominant species were *Scomber japonicus* and Siganidae larvae in June, *Amblygaster leiogaster* and *Sardinella lemuru* in July and August (*Uroteuthis chinensis* was a minor catch in both months), and *S. lemuru*, *Decapterus maruadsi*, and Loliginidae larvae in September. Lower species richness and diversity were observed in the area outside the forbidden zone because of the high depth gradient and flow rate. The predominant species there were *Atherinomorus lacunosus* and Loliginidae larvae in April, *S. japonicus* and *E. micropus* in May and June, *A. leiogaster* in July, and *S. lemuru* in August and September. Moreover, the larvae belonged to up to 21 families, with catchability above 25% from April to June and September, employing stick-held dip nets around the fishing forbidden zone. More than 46% of *S. japonicus* and *D. maruadsi* were smaller than sexually mature specimens. Both the mantle size and sexual maturity ratios of the specimens caught by stick-held dip net fisheries were smaller than those caught by pole and lines ones, suggesting that the study area must be an important reproductive and nursery ground for these species. Our findings may facilitate the management of fisheries in this region.

Key words: Wang-An light fishery forbidden zone, catch composition, stick-held dip net fishery, body length

*Correspondence: No. 6 Yugang N. 3rd Rd., Qianzhen Dist., Kaohsiung City 806043, Taiwan, TEL: (07) 8218103#215; FAX: (07)8218205; E-mail: lccheng@mail.tfrin.gov.tw