

臺灣北部水域經濟性頭足類物種之分布與環境因子影響

陳瑞谷¹ · 王凱毅² · 陳威克³ · 莊世昌¹ · 張可揚^{1*}

¹ 行政院農業委員會水產試驗所海洋漁業組

² 基隆市政府產業發展處

³ 行政院農業委員會水產試驗所企劃資訊組

摘要

臺灣周邊水域之頭足類研究多以生物學相關課題為主，較少探查物種分布與水文性質之關係。本研究使用水試一號試驗船以底拖網捕獲之頭足類物種組成，應用冗餘分析與泛線性模式探索其空間分布與水文參數之關係。結果顯示杜氏槍鎖管 (*Uroteuthis duvauceli*)、曲針烏賊 (*Sepia recurvirostra*) 與唇瓣烏賊 (*Sepia lycidas*) 三物種主要出現在底層密度較低水域，屬於臺灣海峽群，而劍尖槍鎖管 (*U. edulis*) 出現在底層密度較高水域，屬於東海陸棚群，可知頭足類物種之分布可能與特定水文環境有關。本研究結果建議底層海水之密度與鹽度，可能為影響頭足類物種分布之關鍵因子。由水文參數等值線圖顯示，臺灣北部水域同時受臺灣海峽水團與東海陸棚水團作用，分析水團交會位置可用以推論頭足類物種之分布，將有助於預測潛在漁場位置及改善資源量評估之應用。

關鍵詞：頭足類、物種分布、水文參數、底拖網、東海陸棚

前言

臺灣北部水域，包括東海南部陸棚與臺灣海峽水域均屬於東海陸棚區，為傳統中小型拖網漁業作業區，有著豐富的鎖管資源，亦是棒受網漁業的主要作業區 (王等, 2011)。以往臺灣頭足類研究著重在物種調查與年齡成長等生物學相關課題，尤以劍尖槍鎖管 (*Uroteuthis edulis*) 與中國槍鎖管 (*U. chinensis*) 等經濟物種為主 (Lu, 2002; Wang *et al.*, 2010, 2013; 王等, 2011; 張等, 2014; 陳等, 2014)，亦探究漁獲量與環境因子的關聯性 (王等, 2014; Chang *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2015; 張等, 2015)。除了棒受網漁業外，有關頭足類的紀錄就雜散於不定期的底拖網試驗航次報告中。秦等 (2004) 曾在臺灣北部水域以拖網捕獲劍尖槍鎖管、萊氏擬烏賊 (*Sepioteuthis lessoniana*)、奧蘭鳶魷魚 (*Sthenoteuthis oualaniensis*)、金烏賊

(*Sepia esculenta*)、長蛸 (*Octopus variabilis*) 與銀帶耳烏賊 (*Sepiolina nipponensis*) 等。俞等 (2009) 調查顯示，杜氏槍鎖管 (*U. duvauceli*)、劍尖槍鎖管及中國槍鎖管都是東海南部陸棚水域底拖網之主要經濟性頭足類物種，且優勢種會隨季節更替。Liao *et al.* (2010) 則在新竹外海棒受網船同時採集到中國槍鎖管與劍尖槍鎖管。王等 (2011) 提及南東海棒受網除劍尖槍鎖管外，亦混獲中國槍鎖管與杜氏槍鎖管。陳等 (2013) 提出中國淺海性頭足類可概分三個區系 (biota)，包括臺灣海峽以南、臺灣海峽北端以北至舟山群島，以及舟山群島以北水域，不同區系有不同的物種組成和優勢種。陳等 (2014) 以拖網主要捕獲中國槍鎖管，其次為劍尖槍鎖管與少量虎斑烏賊 (*Sepia pharaonis*)。

這些研究顯示頭足類物種在不同時間、地點有優勢物種變遷現象，然目前臺灣漁業年報之統計資料僅以物種類別為統計單位 (漁業署, 2017)，並未細分至物種階層。在分析棒受網漁業統計資料時，若僅以地理位置決定其鎖管類物種，則其物種組成結果可能不夠精確。經濟性頭足類物種，除鎖管類外，以往多為拖網漁獲物之相關研究，較少

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號, Tel: (02) 2462-2101 ext. 2303; Fax: (02)2463-3110; E-mail: kychang@mail.tfrin.gov.tw

分析各物種之分布特性，及水文參數對物種分布之影響。本研究應用研究船捕獲之頭足類物種組成，探察經濟性頭足類物種其空間分布與水文參數之關係，期能提供未來預測潛在漁場位置之參考，並幫助解析漁業統計資料於資源量評估之應用。

材料與方法

本研究使用行政院農業委員會水產試驗所水試一號試驗船，於 2012 年 10 月 10 日至 10 月 27 日在東海南部陸棚與臺灣海峽水域進行拖網作業，作業測站如 Fig. 1 所示。拖網作業使用 A-35 型網板拖網，囊網網目 70 mm，以約 4 節速度於海床拖曳一個小時後收回。每次下網作業前投放 CTD (Seabird SBE 9 plus) 量測現場水文剖面資料，CTD 以 1 m/s 速度下放至離海床 5 - 10 m 處收回。以最大下放深度量得溫度視作底層溫度，以海面下 5 m 溫度視作表層溫度，鹽度與密度數據亦同。白天進行拖網採樣，夜間輔以手釣作業以增補數據，手釣作業固定由相同 2 人以同樣的釣具執行，釣獲的頭足類物種併入該測站資料。所有採得頭足類樣本均冷凍後攜回實驗室，並依照 Jereb and Roper (2005, 2010) 進行物種鑑定。

資料分析

本研究先將資料分成生物資料與水文資料 (Borcard *et al.*, 2011)，並應用冗餘分析 (Redundancy Analysis, RDA) 探查物種分布矩陣與水文參數矩陣間之迴歸關係。分析時使用拖網捕獲之頭足類物種組成資料，先進行 Hellinger 轉換，即對各樣點之頭足類物種相對尾數取平方根。Hellinger 轉換被視為最能降低特定物種大量出現時所導致偏離模式分析假設之方法。水文參數 (溫度、鹽度與密度) 因單位不同，先將之標準化，平均值為 0 及標準差為 1，才進行 RDA 分析。RDA 結果進行蒙地卡羅排列檢定後，以 1% 信心水準為違反物種數量與水文參數間毫無關係的虛無假說。

k-means 群集分析為非階層式群集分析法，先將所有物種資料視做單群，接著逐次從最大相異距離點切開至研究者設定的分群數量 (如 $k = 3$)，

可以協助研究者找出資料中的不連續點，以便對照環境參數找出較適當之分群依據 (Borcard *et al.*, 2011)。分析時同時使用拖網與手釣捕獲資料，並刪除未知物種、罕見物種 (太平洋魷魚和花烏賊)，及物種數過少之測站 (測站 2)，先將物種尾數轉換成二維變數 (1/0) 後套入 k-means 群集分析進行分群，選擇誤差平方和相對較小，且分群數較少之分群結果。再將水文參數依此分群，逐一檢視不同物族群集間之水文參數是否存在顯著差異 (ANOVA test)，當資料不符常態或均質分布之假設時，則改以無母數統計方法 Kruskal-Wallis test 進行統計檢定。

本研究利用泛線性模式 (generalized linear model, GLM) 分析頭足類物種與水文參數間的關係，並將拖網與手釣捕獲尾數轉換成二維變數 (1/0) 後一併納入分析。水文資料分析時，先將水文參數依雙變量分布圖檢視 (Zuur *et al.*, 2007)，因密度為鹽度與溫度函數，水文參數間有線性關係存在時應避免同時套用，故使用向前選取法先測試單一水文參數能否解釋物種分布，若增加水文參數後模式解釋度未顯著增加則僅使用單一變數，各頭足類物種最終選用的模式僅呈現有顯著性的水文參數 ($p < 0.05$)。各水文參數亦另行套入泛加成模式 (generalized additive model, GAM) 以確認物種分布與水文參數間是否顯著呈現非線性關係 ($p < 0.05$)，並以向前選取法找出最佳解釋模式。本研究統計分析以 R 軟體 (version 3.4.2, R Development Core Team, 2017) 處理，並利用 "vegan"、"stats"、"mgcv" 與 "akima" package 分析繪圖。

本研究水域為陸棚區，管魷類行日夜垂直洄游，日間通常在較深層至底層處，因此能以底拖網採集到管魷類物種。一般而言，海水密度為鹽度、溫度與壓力之函數，以溫度、鹽度即可反映海水物理性質，故將三鎖管類物種分布套疊至溫鹽圖上，以便更清楚看出水團特性對其分布的影響。本次研究調查因儀器問題，並未有化學參數可供分析。

結 果

本研究航次測站位置 (Fig. 1) 與採集頭足類物種與尾數如 Table 1，繪製各站 CTD 測得表層與底層水文參數等高線圖如 Fig. 2。底層海水密度與

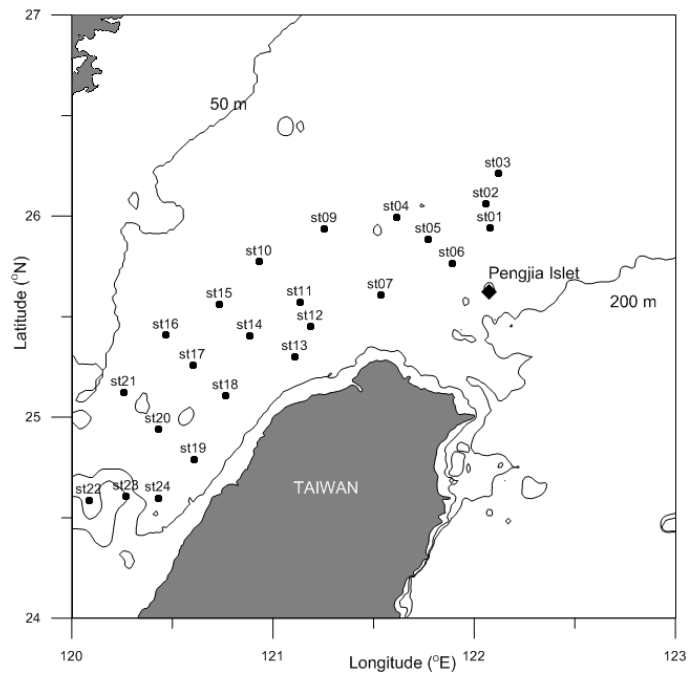


Fig. 1 Sampling sites of cephalopod species by a bottom trawl survey for the *Fishery Researcher 1* of the Fisheries Research Institute in October 2012 off northern Taiwan.

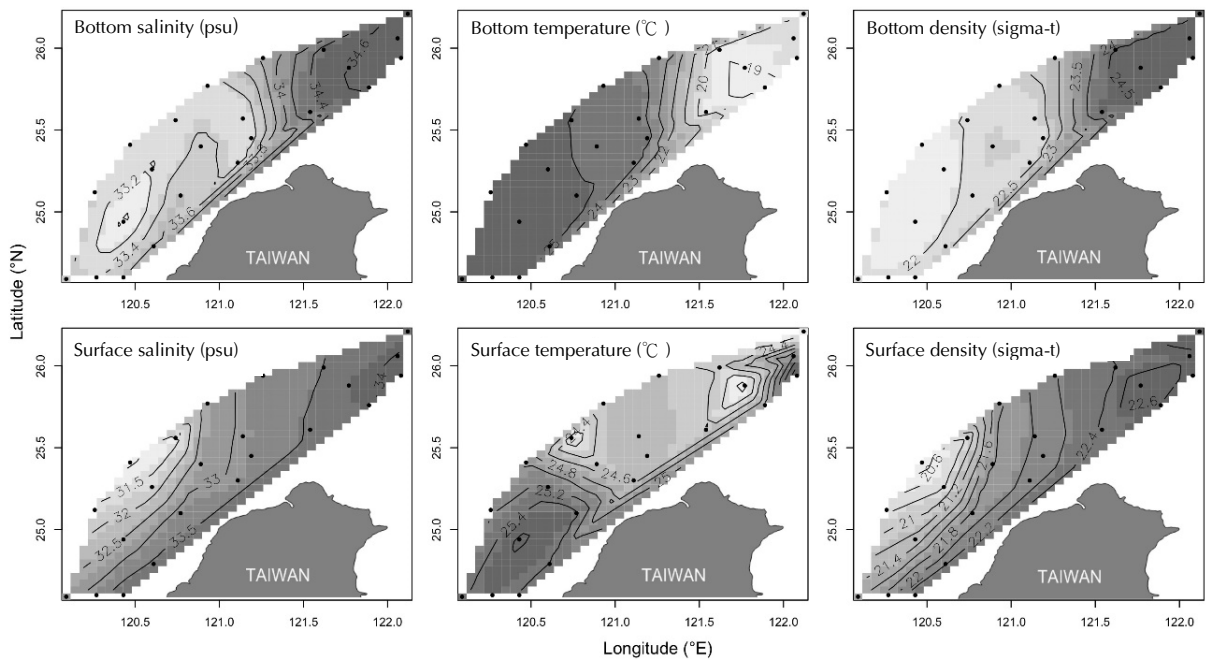


Fig. 2 Topography for oceanographic factors in October 2012 off northern Taiwan.

底層鹽度呈西南低東北高，底層海水溫度則有相反的走勢，在測站 10 至測站 7，及測站 7 至 2 測站 4 間出現梯度變化。表層鹽度與表層密度為西邊低東北高，梯度變化是東北往西南走向，而表層溫度是中央偏低而東北與西南偏高，圖形複雜且有數個梯度變換區出現。

捕獲的鎖管類物種有：中國槍鎖管、杜氏槍鎖管、劍尖槍鎖管及萊氏擬烏賊，另有個體體型較小

無法鑑定之物種之樣本。夜間手釣僅捕獲鎖管類物種，包括測站 3 之劍尖槍鎖管 7 尾，測站 9 之中國槍鎖管 1 尾、劍尖槍鎖管 3 尾與杜氏槍鎖管 6 尾，測站 13 之杜氏槍鎖管 1 尾，測站 15 之杜氏槍鎖管 20 尾，測站 18 之杜氏槍鎖管 2 尾。大體型烏賊類數量少，僅見於幾個測站，包括金烏賊、曲針烏賊 (*Sepia recurvirostra*)、唇瓣烏賊 (*S. lycidas*) 與虎斑烏賊。其中以唇瓣烏賊與曲針烏賊

Table 1 Summary information of cephalopod species in 23 stations off northern Taiwan from October 10 to 27, 2012

Station	Latitude (North)	Longitude (East)	Water depth (m)	U.c	U.d	U.e	U.sp	S.e	S.r	S.l	S.p	S.sp	St.l	M.t	A.m	T.p	Se.sp	O.sp
1	25°56.4'	122°04.8'	101	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	26°03.6'	122°03.6'	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	26°12.6'	122°07.2'	97	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
4	25°59.6'	121°37.0'	101	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	260	2	0	0
5	25°53.0'	121°46.4'	112	0	0	31	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	25°45.9'	121°53.6'	122	0	0	19	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2
7	25°36.4'	121°32.2'	120	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	45	0	1	0
9	25°56.2'	121°15.4'	74	1	6	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
10	25°46.3'	120°56.0'	79	2	0	0	0	3	7	0	0	5	0	0	53	0	12	0
11	25°34.3'	121°08.2'	86	0	1	1	0	0	1	23	0	0	5	0	7	0	0	0
12	25°27.0'	121°11.2'	63	4	6	3	0	0	0	3	0	0	1	0	91	0	0	0
13	25°18.0'	121°06.6'	82	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
14	25°24.2'	120°53.2'	88	4	8	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	1	0
15	25°33.6'	120°44.2'	71	0	21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	25°24.4'	120°28.2'	61	1	115	0	0	0	0	0	0	1	1	0	29	0	0	2
17	25°15.4'	120°36.1'	79	0	8	2	0	1	0	0	0	0	0	0	25	0	16	0
18	25°06.3'	120°46.0'	88	0	2	0	1	0	1	1	0	2	0	0	3	0	14	1
19	24°47.4'	120°36.4'	63	118	13	62	23	1	1	2	1	0	2	0	2	0	1	0
20	24°56.3'	120°25.9'	74	4	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	25°07.3'	120°15.7'	52	2	93	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
22	24°35.2'	120°05.2'	61	0	0	0	1	2	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0
23	24°36.3'	120°16.3'	58	0	2	0	0	1	1	0	0	8	0	0	0	0	0	0
24	24°35.9'	120°25.9'	55	1	1	24	1	1	14	1	1	4	0	0	0	0	24	1
Sum:				137	305	236	28	13	31	35	2	22	15	1	518	2	70	12

U.c: *Uroteuthis chinensis*; U.d: *U. duvauceli*; U.e: *U. edulis*; U.sp: *Uroteuthis nei*; S.e: *Sepia esculenta*; S.r: *S. recurvirostra*; S.l: *S. lycidas*; S.sp: *Sepia nei*; S.p: *S. pharaonis*; St.l: *Sepioteuthis lessoniana*; M.t: *Metasepia tullbergi*; A.m: *Abralia multihamata*; T.p: *Todarodes pacificus*; Se.sp: *Sepiolida nei*; O.sp: *Octopodidae nei*

尾數較多。多鈎鈎腕魷 (*Abralia multihamata*) 其尾數較烏賊類或鎖管類為多。在 23 個測站中，第 2 測站僅捕獲章魚類 (*Octopodidae sp.*) 2 尾。太平洋魷魚 (*Todarodes pacificus*) 和花烏賊 (*Metasepia tullbergi*) 分別只在測站 4 與 22 捕獲 2 尾和 1 尾。除了花烏賊與耳烏賊類 (*Sepiolida sp.*) 非經濟物種外，其餘都是有經濟價值的物種。

使用冗餘分析進一步探討頭足類尾數與水文參數間的相關性，結果如 Fig. 3 ($p < 0.01$, 1000 次排列檢定)，軸一可解釋 18.9% 的變異 (Adjusted $R^2 = 0.193$)，軸一加軸二可以解釋 30.0% 變異量。

這些水文參數間存在線性相關性，密度與鹽度間是正相關，但底層溫度和底層密度或底層鹽度都呈負相關，且與表層溫度無相關。經由向前選取法得知，表層密度是解釋頭足類尾數的關鍵因子，其次為底層溫度，而表層溫度解釋最差。

從 Fig. 3 中可看出劍尖槍鎖管、杜氏槍鎖管離中心較遠，表示其只出現在特定的水文環境中，且劍尖槍鎖管出現的水文參數特性與杜氏槍鎖管相反，主要出現在靠近東海南部陸棚水域 (測站 1, 5, 6 和 19)，杜氏槍鎖管則靠近臺灣海峽水域 (測站 15, 16, 20, 21 和 23)。多鈎鈎腕魷出現在測

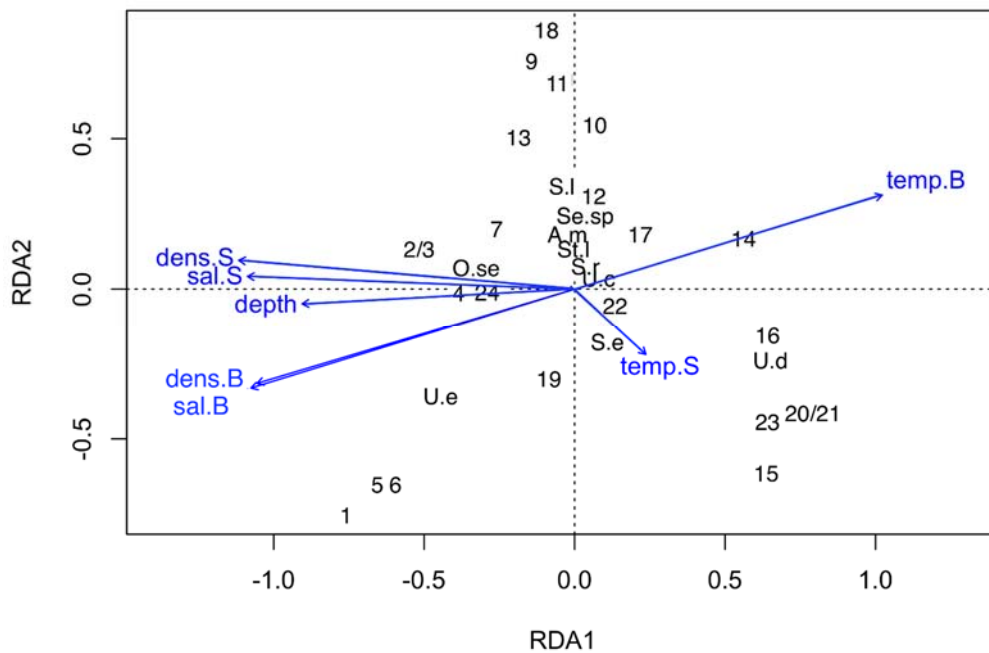


Fig. 3 Redundancy analysis bi-plot of the Hellinger-transformed cephalopod abundance data constrained by standardized environmental variables and sample sites, scaling 2. (sal: salinity; temp: temperature; dens: density; B: bottom water; S: surface water; U.c: *Uroteuthis chinensis*; U.d: *U. duvauceli*; U.e: *U. edulis*; S.e: *Sepia esculenta*; S.r: *S. recurvirostra*; S.l: *S. lycidas*; St.l: *Sepioteuthis lessoniana*; A.m: *Abralia multiamata*; Se.sp: *Sepiolida nei*; O.sp: *Octopodidae nei*).

站 7, 10, 12 和 17，但缺少直接對應解釋的水文參數。其他物種如中國槍鎖管、曲針烏賊與萊氏擬烏賊相近，唇瓣烏賊與耳烏賊類相近，金烏賊則相反，上述物種相對靠近圖形中心，表示較無特定出現之水文環境。

以 k-means 群集分析法，依頭足類物種組成將 22 測站分成三群，A 群包括測站 1, 3, 4, 5, 6 和 7；B 群包括測站 9, 11, 12, 14, 16, 19, 20 和 21；C 群包括測站 10, 13, 15, 17, 18, 22, 23 和 24 (測站位置如 Fig. 1)。A 群之測站靠近東海南部陸棚，為東海南部群，B 群與 C 群測站皆位在臺灣海峽水域，為臺灣海峽水域群。A 群之底層鹽度與海底水深均顯著高於 B 及 C 群 (Fig. 4, F value = 87.32 & 21.32, $p < 0.05$, ANOVA)，而 A 群之底層溫度則顯著低於 B 及 C 群 (F value = 180.5, $p < 0.05$, ANOVA)，A 群之表層密度、表層鹽度與底層密度顯著高於 B 及 C 群 ($p < 0.05$, Kruskal-Wallis test, chi-squared = 12.528, 9.6818 & 12.617, respectively)，但表層溫度在三群間無顯著差異 (F value = 1.198, $p > 0.05$, ANOVA)。

泛線性模式能說明頭足類物種出現與水文參數之關係，本研究選擇中國槍鎖管、杜氏槍鎖管、劍尖槍鎖管、唇瓣烏賊、曲針烏賊與多鈎鈎腕魷等 6 種數量較多的物種進行分析。中國槍鎖管和多個鈎鈎腕魷所建構之模式並不顯著。Table 2 和 3 僅呈現統計值達顯著水準的水文參數模式 ($p < 0.05$)。

杜氏槍鎖管主要出現在底層溫度高、底層密度低和底層鹽度低的環境 (Fig. 5)，三個水文參數的個別解釋度 (R^2) 都高於 0.5 (Table 2)。底層溫度通常高於 24°C，且底層鹽度低於 33.5 psu 較有機會發現杜氏槍鎖管，其水域環境較靠近臺灣海峽水域 (Fig. 2)。杜氏槍鎖管的空間分布與底層密度或底層溫度間關係經 GAM 分析是顯著線性關係，與底層鹽度則呈現顯著的非線性關係 (Table 4)。

劍尖槍鎖管主要出現在底層溫度低、底層鹽度高與表層鹽度高的環境 (Fig. 6)。底層溫度通常低於 24°C，底層鹽度高於 34.0 psu，或表層鹽度高於 33.0 psu，較有機會發現劍尖槍鎖管，其水域環境較靠近東海南部陸棚水域 (Fig. 2)。劍尖槍鎖管的空間分布與底層密度或底層溫度間關係經

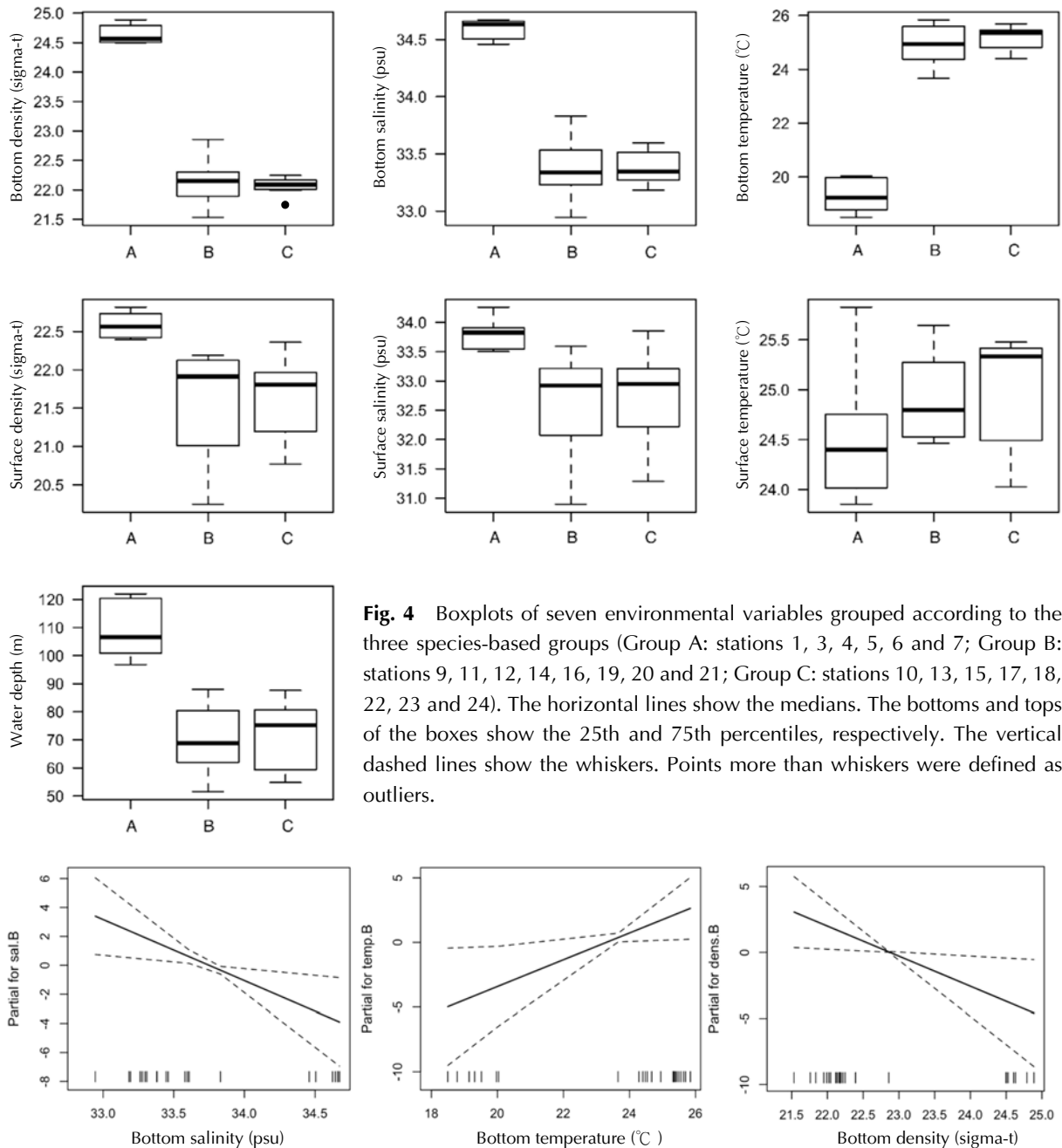


Fig. 4 Boxplots of seven environmental variables grouped according to the three species-based groups (Group A: stations 1, 3, 4, 5, 6 and 7; Group B: stations 9, 11, 12, 14, 16, 19, 20 and 21; Group C: stations 10, 13, 15, 17, 18, 22, 23 and 24). The horizontal lines show the medians. The bottoms and tops of the boxes show the 25th and 75th percentiles, respectively. The vertical dashed lines show the whiskers. Points more than whiskers were defined as outliers.

Fig. 5 Smoothed logistic GLM for the presence/absence of *Uroteuthis duvauceli*. Dashed lines indicate approximate 95% confidence intervals.

GAM 分析呈現顯著線性關係，其餘水文參數的分析結果未達顯著水準 (Table 4)。

唇瓣烏賊的出現主要與海水密度有關，底層與表層海水密度都可以解釋其分布 (Fig. 7)，底層密度低於 22.5，表層密度高於 22.0，較有機會發現唇瓣烏賊。底層鹽度與底層溫度亦與唇瓣烏賊分布有關 (Table 3)，但底層三個水文參數 (密度、鹽度與溫度) 有線性相關僅能各自與表層密度建立分析模

式。唇瓣烏賊主要出現在東海南部陸棚與臺灣海峽交界之水域 (Fig. 2)。唇瓣烏賊的空間分布與底層溫度和表層密度間經 GAM 分析呈現顯著線性關係 (Table 4)，其餘模式則無顯著結果。

曲針烏賊主要出現在底層密度低與表層鹽度高的水域環境 (Fig. 8)，底層密度低於 23.0，表層鹽度高於 33.2 psu 較有機會發現曲針烏賊。曲針烏賊主要出現在東海南部陸棚與臺灣海峽

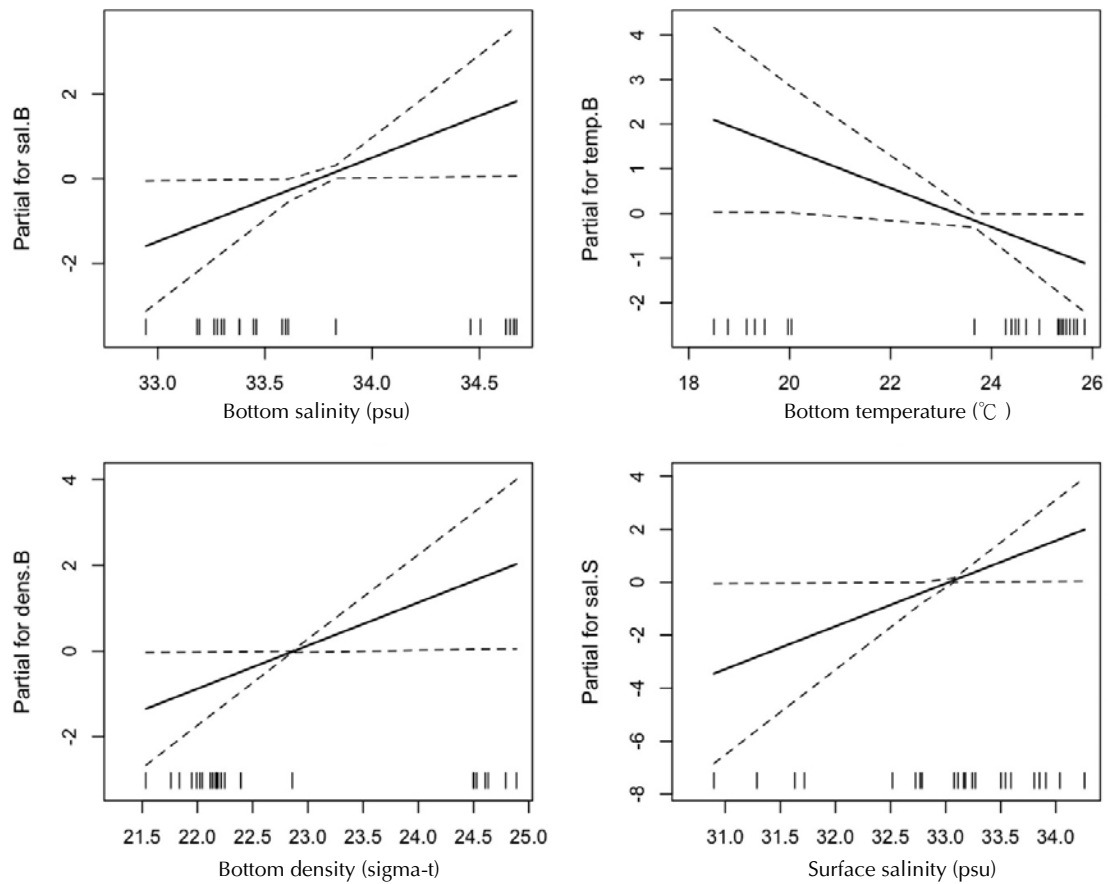


Fig. 6 Smoothed logistic GLM for the presence/absence of *Uroteuthis edulis*. Dashed lines indicate approximate 95% confidence intervals.

Table 2 Results for logistic GLM fitted to *Uroteuthis* species presence/absence data and related oceanographic factors

Species	Variable	R ²	adj R ²	p value
<i>U. duvauceli</i>	bottom density	0.565	0.545	0.023
	bottom salinity	0.538	0.516	0.011
	bottom temperature	0.568	0.547	0.028
<i>U. edulis</i>	bottom density	0.188	0.149	0.040
	surface salinity	0.216	0.179	0.042
	bottom salinity	0.184	0.145	0.038
	bottom temperature	0.181	0.142	0.040

交界水域 (Fig. 2)。曲針烏賊的空間分布與水文參數間關係以 GAM 分析結果皆未達顯著水準 (Table 4)。

為進一步了解水文參數特性如何影響主要鎖管類分布，將三鎖管物種之捕獲量套疊至底層溫度與底層鹽度圖 (Fig. 9)，可看出中國槍鎖管與杜氏槍鎖管二物種出現在高溫低鹽環境，而劍尖槍

鎖管則較常出現在低溫高鹽及高溫低鹽環境。

討 論

本研究發現臺灣北部水域頭足類分布主受底層之水文參數影響，尤以密度與鹽度為主。溫度雖也能解釋二鎖管物種之分布，但對烏賊類則非

Table 3 Results for logistic GLM fitted to *Sepia* species presence/absence data and related oceanographic factors. The best model based on lowest AIC scores are shown in bold

Species	Model	AIC	R ²	adj R ²	p value (variable 1)	p value (variable 2)
<i>S. lycidas</i>	1	24.702	0.371	0.308	0.026	0.043
	2	22.956	0.429	0.372	0.033	0.056
	3	22.799	0.435	0.378	0.026	0.043
<i>S. recurvirostra</i>	4	21.129	0.491	0.440	0.015	0.074
	5	23.561	0.409	0.350	0.013	0.057
	6	17.873	0.601	0.561	0.048	0.106

Model 1: Y=bottom salinity + surface density
 Model 2: Y=bottom temperature + surface density
 Model 3: Y=bottom density + surface density
 Model 4: Y=bottom salinity + surface salinity
 Model 5: Y=bottom salinity + surface density
 Model 6: Y=bottom density + surface salinity

Table 4 Results for logistic GAM fitted to *Uroteuthis* and *Sepia* species presence/absence data and related oceanographic factors

Species	Variable	d.f.	adj R ²	Deviance explained	Chi.sq	p value
<i>U. duvauceli</i>	bottom density	1.00	0.63	56.5%	5.15	0.02
	bottom salinity	1.34	0.62	56.3%	5.54	0.04
	bottom temperature	1.00	0.63	56.8%	4.84	0.03
<i>U. edulis</i>	bottom density	1.00	0.21	18.7%	4.21	0.04
	bottom temperature	1.00	0.19	18.1%	4.10	0.04
<i>S. lycidas</i>	bottom temperature	1.00	-	-	4.53	0.03
	surface density	1.00	0.38	42.7%	3.64	0.06

d.f., degrees of freedom

關鍵因子。表層之水文參數則以鹽度影響較大。綜合可知，杜氏槍鎖管、曲針烏賊與唇瓣烏賊皆出現在底層密度較低水域，屬臺灣海峽水群，而劍尖槍鎖管出現在底層密度較高水域，屬東海陸棚群。因此臺灣北部水域頭足類物種之空間分布可能受到水團消長影響。

本研究結果得知，底層水文參數為明顯影響頭足類分布的重要環境因子之一。先前研究亦有類似結果。Brodziak and Hendrickson (1999) 在 1967 - 1994 年間在西北大西洋以底拖網進行 *Loligo pealei* 和 *Illex illecebrosus* 捕獲量試驗發現，表層溫度、底層溫度和海底水深都會影響 *L. pealei* 之分布，淺水域中較暖的底層溫度與表層溫度是 *L. pealei* 秋季分布的重要決定因子，但沒有固定的因子足以決定 *I. illecebrosus* 的秋季捕獲

量。Bazzino *et al.* (2005) 分析 1985 - 1998 年在 Northern Patagonian Shelf 水域以拖網捕抓阿根廷魷 (*I. argentinus*)，發現阿根廷魷之捕獲與海底水深和底層溫度有關，該海域明顯的底層溫度鋒面可能就是限制阿根廷魷分布範圍的原因。Litz *et al.* (2011) 分析 2004 - 2009 年間於 Northern California Current System 海域以拖網能否捕獲 *Dosidicus gigas*，發現 *D. gigas* 出沒僅能以 20 m 深鹽度與 5 m 深鹽度解析，與溫度、海底水深和密度無關。朱等 (2014) 探討海底水深、表層溫度、表層鹽度、底層溫度和底層鹽度對 2008 - 2009 年四季在東海南部海域以桁桿拖蝦網捕獲頭足類物種分布的影響，發現影響烏賊類、章魚類、鎖管類、耳烏賊類與多鈎鈎腕魷等頭足類物種分布最重要的環境因子是底層溫度，其次是底層鹽

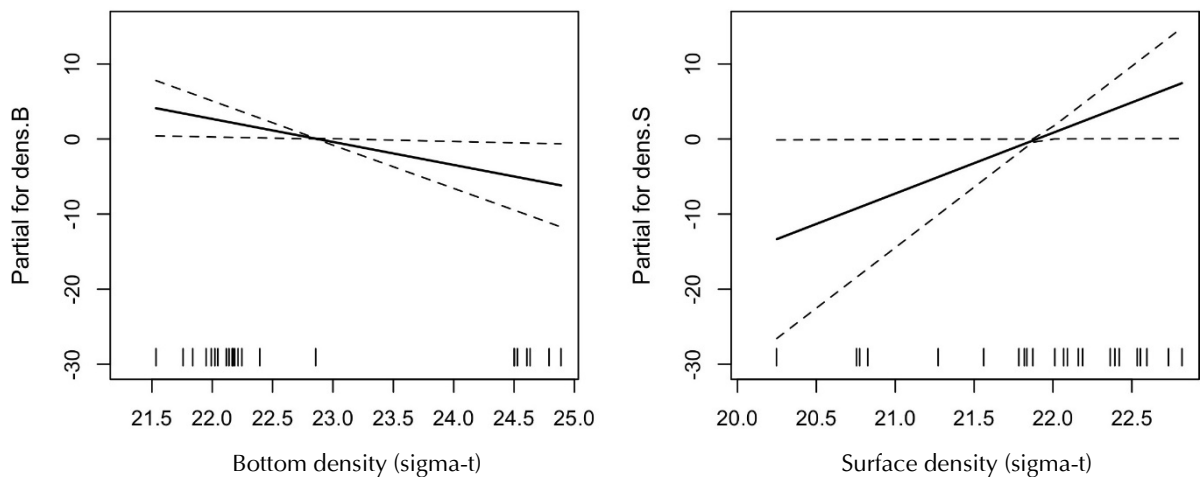


Fig. 7 Smoothed logistic GLM for the presence/absence of *Sepia lycidas*. Dashed lines indicate approximate 95% confidence intervals.

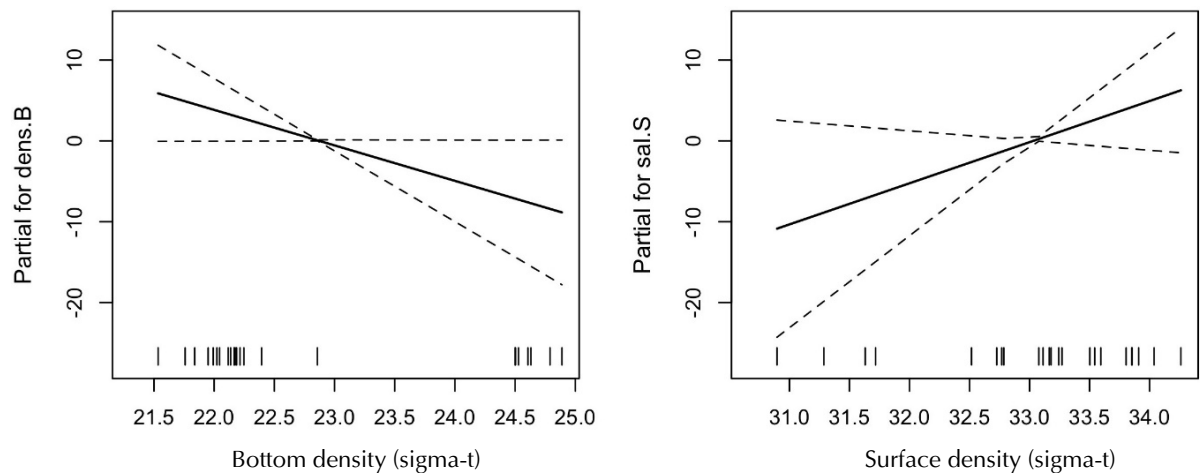


Fig. 8 Smoothed logistic GLM for the presence/absence of *Sepia recurvirostra*. Dashed lines indicate approximate 95% confidence intervals.

度。水團的互動消長影響了頭足類季節性覓食與生殖洄游 (Arkhipkin *et al.*, 2004a, b; 朱等, 2014), 因此同一種頭足類在較大的海底水深被捕獲可能是因為其生活水團離岸較遠。若當地海域是由不同溫鹽特性的水團交會, 底層水文鋒面會是管魷類物種棲息的範圍界線 (Arkhipkin *et al.*, 2004a, b; Bazzino *et al.*, 2005)。

Arkhipkin *et al.* (2015) 指出西南大西洋水域阿根廷魷未成熟個體, 通常沿巴塔哥尼亞陸棚從陸棚輸送至斜坡, 個體成熟後才沉降至密度較高的亞南極表層水。Kawabata *et al.* (2006) 以中層拖網捕抓太平洋魷魚時發現, 太平洋魷魚中小型個體是聚集在上層較溫暖的黑潮支流水團活動, 不會進入低溫的親潮水團, 直到個體長大以後才

逐漸往深層冷水區移動。而 Arkhipkin *et al.* (2004a, b) 發現福克蘭群島水域 *Loligo gahi* 在海流交會區較溫暖的上層陸棚水團中活動, 不會進到水溫低於 5.5°C 的福克蘭海流中。本研究結果發現臺灣北部水域頭足類物種僅出現在特定水文性質之水域中, 因此可推測鎖管類雖然行垂直洄游覓食, 但仍受不同水文特性影響, 惟須進一步研究探查。

臺灣海峽東側 (靠近臺灣本島) 從春季開始都有北向黑潮支流出現, 在夏季因西南風增強, 帶動黑潮支流流量增大。但在秋季開始受大陸沿岸流從西北入侵與東北風吹拂漸次減緩 (詹, 2018)。本研究發現臺灣海峽北部與東海陸棚交界區底層海域出現明顯密度鋒面, 但在表層較不明

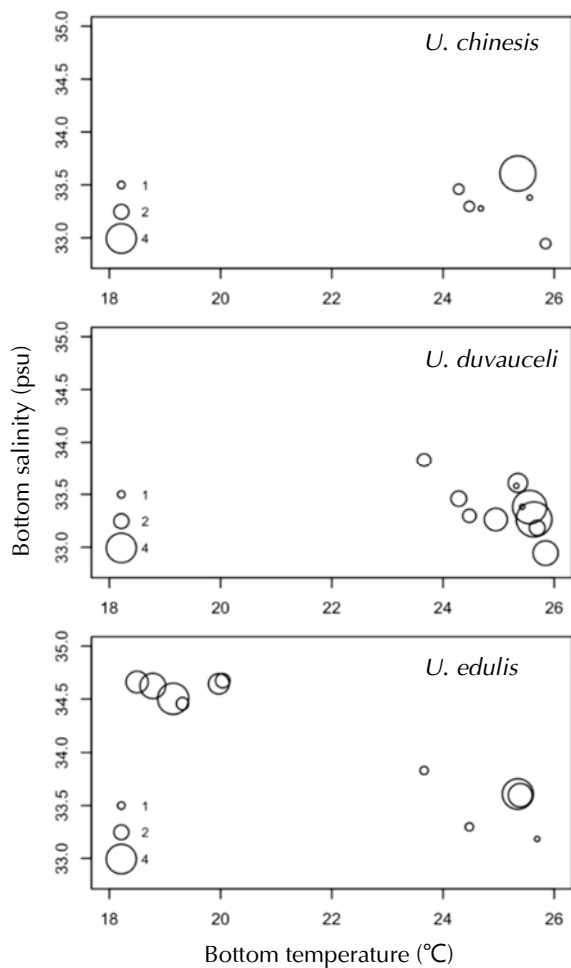


Fig. 9 Log-transformed abundance of three *Uroteuthis* species (circle) plotted on the near bottom salinity-temperature diagram.

顯，而海峽東側調查區在表層與底層都有平行海岸的等密度線出現 (Fig. 2)，本研究在這些交界鋒面水域 (測站 9、12、19 和 24) 都採集到劍尖槍鎖管，可推論劍尖槍鎖管可能是跟著東海陸棚水進入臺灣海峽水域。俞等 (2009) 認為黑潮暖流是造成杜氏槍鎖管與中國槍鎖管大量出現在東海南部陸棚的主要原因。王等 (2011) 提及深澳灣棒受網船曾兩次捕獲高達 70% 的中國槍鎖管和杜氏槍鎖管。三鎖管物種在臺灣北部水域的洄游模式，如何受到東海南部陸棚水與臺灣海峽水的消長而在臺灣海峽遷徙，值得進一步研究。

本研究發現可將頭足類物種分布情形分成三群，但對應的水文參數只有東海南部水域顯著與臺灣海峽水域不同 (Fig. 4)，表示可能還有其他影響生物分布的水文因子。尤其是在數個測站都有

捕獲之中國槍鎖管與多鈎鈎腕魷，本研究並無法找出這二者的分布模式。Bazzino *et al.* (2005) 指出不同體型，不同成熟度之阿根廷魷個體會有不同溫度偏好，已成熟個體在產卵季進行繁殖洄游可能導致找不出阿根廷魷豐度與環境相關性。Guerra *et al.* (2006) 統整歷年在地中海與東大西洋溫帶水域關於 *Sepia officinalis* 的研究指出，在非洲西北水域與 Northern Benguela current 的低溶氧，是影響 *S. officinalis* 分布範圍的最主要因子。Smith *et al.* (2013) 分析 1958 - 2004 年間在英國周邊水域以底拖網所捕獲 *Loligo forbesii* 後提出，不同生活史階段會因為洄游的關係選擇不同的生活環境。由此可知同一頭足類物種之不同體型、不同成熟階段之個體應分開討論，本研究調查所捕獲多鈎鈎腕魷多已達成熟階段，可能因其正在生殖洄游中以致找不出明確環境特徵，亦可能因其出現的水域複雜，需累積更多試驗調查才能確認。

本研究結果顯示，臺灣北部海域 4 種經濟頭足類物種的空間分布，主要受底層水文參數影響，並可分為臺灣海峽群與東海陸棚群。此結果建議分析水文參數及影響範圍，可用以推論頭足類物種之分布，為預測潛在漁場位置之參考，並能進一步幫助解析現有漁業統計資料，以提供資源量評估之應用。

參考文獻

- 詹森 (2018) 臺灣區域海洋學. 國立臺灣大學出版中心, 149-150.
- 行政院農業委員會漁業署 (2017) 中華民國台閩地區漁業統計年報. 行政院農業委員會漁業署.
- 王凱毅, 陳瑞谷, 廖正信, 李國添, 吳繼倫, 李明安, 張可揚 (2011) 利用平衡石分析東海南部劍尖槍鎖管之季節成長差異. 水產研究, 19(2): 1-13.
- 王凱毅, 廖正信, 張可揚, 李國添 (2014) 臺灣海峽南部中國槍鎖管豐度與海表溫度異常之關係. 水產研究, 22(2): 25-34.
- 朱文斌, 薛利建, 盧占暉, 徐漢祥, 徐開達 (2014) 東海南部海域頭足類群落結構特徵及其與環境關係. 海洋與湖沼, 45-2: 436-442.
- 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.
- 張可揚, 王凱毅, 廖正信, 吳繼倫 (2015) 臺灣北部海

- 域劍尖槍鎖管單位努力漁獲量標準化之探討. 水產研究, 23(2): 1-14.
- 陳新軍, 王堯耕, 錢衛國 (2013) 中國近海重要經濟頭足類資源與漁業. 科學出版社, 15 pp.
- 陳威克, 莊世昌, 吳全橙, 吳繼倫, 劉光明 (2014) 臺灣北部海域底棲生物群聚結構的季節性差異. 水產研究, 22(2): 1-11.
- 俞存根, 虞聰達, 寧平, 鄭基 (2009) 浙江南部外海頭足類種類組成和數量分布. 海洋漁業, 31(1): 27-33.
- 秦韶生, 陳宗雄, 李嘉林, 黃士宗, 黃四字, 康偉福 (2004) 臺灣北部海域夏季中小型拖網漁業資源調查研究. 臺灣北部海域中小型拖網漁業資源調查研究.
- Arkipkin, A. I., D. A. J. Middleton, A. M. Sirota and R. Grzebielec (2004a) The effect of Falkland Current inflows on offshore ontogenetic migrations of the squid *Loligo gahi* on the southern shelf of the Falkland Islands. Estuar. Coast. Shelf Sci., 60: 11-22.
- Arkipkin, A. I., R. Grzebielec, A. M. Sirota, A. V. Remeslo, I. A. Polishchuk and D. A. J. Middleton (2004b) The influence of seasonal environmental changes on ontogenetic migrations of the squid *Loligo gahi* on the Falkland shelf. Fish. Oceanogr., 13(1): 1-9.
- Arkipkin, A. I., M. Gras and A. Blake (2015) Water density pathways for shelf/slope migrations of squid *Illex argentinus* in the Southwest Atlantic. Fish. Res., 172: 234-242.
- Bazzino, G., R. A. Quiñones and W. Norbis (2005) Environmental associations of shortfin squid *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Northern Patagonian Shelf. Fish. Res., 76: 401-416.
- Borcard, D., F. Gillet and P. Legendre (2011) Numerical Ecology with R. Springer, New York, U.S.A., 306 pp.
- Brodziak, J. and L. Hendrickson (1999) An analysis of environmental effects on survey catches of squids *Loligo pealei* and *Illex illecebrosus* in the northwest Atlantic. Fish. Bull., 97(9): 9-24.
- Chang, Y., J. W. Chan, Y. C. A. Huang, W. Q. Lin, M. A. Lee, K. T. Lee, C. H. Liao, K. Y. Wang and Y. C. Kuo (2014) Typhoon-enhanced upwelling and its influence on fishing activities in the southern East China Sea. Int. J. Remote Sens., 35(17): 6561-6572.
- Guerra, A. (2006) Ecology of *Sepia officinalis*. Vie. Milieu., 56: 97-107.
- Jereb, P. and C. F. E. Roper (2005) Cephalopods of the world. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes, No. 4, Vol. 1. Rome, Italy, 262 pp.
- Jereb, P. and C. F. E. Roper (2010) Cephalopods of the world. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 4, Vol. 2. Rome, Italy, 605 pp.
- Kawabata, A., A. Yatsu, Y. Ueno, S. Suyama and Y. Kurita (2006) Spatial distribution of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, during its northward migration in the western North Pacific Ocean. Fish. Oceanogr., 15(2): 113-124.
- Liao, C. H., T. Y. Liu and C. Y. Hung (2010) Morphometric variation between the swordtip (*Photololigo edulis*) and mitre (*P. chinensis*) squids in the waters off Taiwan. J. Mar. Sci. Technol., 18(3): 405-412.
- Litz, M. N. C., A. J. Phillips, R. D. Brodeur and R. L. Emmett (2011) Seasonal occurrences of Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) in the northern California Current system. CALCOFI Reports, 52: 97-108.
- Lu, C. C. (2002) Cephalopod production from the waters around Taiwan. Bull. Mar. Sci., 71(1): 465-471.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>.
- Smith, J. M., C. D. Macleod, V. Valavanis, L. Hastie, T. Valinassab, N. Bailey, M. B. Santos and G. J. Pierce (2013) Habitat and distribution of post-recruit life stages of the squid *Loligo forbesii*. Deep-sea Res. II, 95: 145-159.
- Wang, M. Santurtum, P. R. Boyle, L. C. Hastie, C. D. MacLeod, J. M. Smith, M. Viana, A. F. Gonzalez and A. F. Zuur (2008) A review of cephalopod - environment interactions in European Seas. Hydrobiologia, 612: 49-70.
- Wang, K. Y., K. T. Lee and C. H. Liao (2010) Age, growth and maturation of swordtip squid (*Photololigo edulis*) in the southern East China Sea. J. Mar. Sci. Technol., 18(1): 99-105.
- Wang, K. Y., K. Y. Chang, C. H. Liao, M. A. Lee. and K. T. Lee (2013). Growth strategies of the swordtip squid *Uroteuthis edulis* in response to environmental changes in the southern East China Sea - the cohort composition of monthly samples. Bull. Mar. Sci., 89(3): 677-698.
- Wang, K. Y., J. L. Chen, C. H. Liao, C. L. Wu and K. Y. Chang (2015) Use of a generalized additive model to examine factors influencing the CPUE of *Photololigo edulis*. J. Fish. Soc. Taiwan 42(2): 73-85.
- Zuur, A. F., E. N. Ieno and G. M. Smith (2007) Analysing ecology data. Springer, New York, U.S.A., 392 pp.

Distribution Patterns of Cephalopods and Effects of Oceanographic Factors off Northern Taiwan

Ruei-Gu Chen¹, Kae-Yih Wang², Wei-Ke Chen³, Shih-Chang Chuang¹ and Ke-Yang Chang^{1*}

¹ Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

² Department of Economic Affairs, Keelung City Government

³ Planning and Information Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Most studies on the cephalopods of Taiwan have focused on population biology, while studies regarding distribution patterns and oceanographic influences have been limited. This study applied redundancy analysis and a generalized linear model to investigate the relationship between the oceanographic factors and spatial distributions of cephalopod species captured using bottom trawling by the *Fishery Researcher 1* in October 2012 off northern Taiwan. The results showed that the cephalopod species distributions were associated with distinct oceanographic conditions. Three species, *Uroteuthis duvauceli*, *Sepia recurvirostra*, and *Sepia lycidas*, were distributed in the low-density bottom waters around the Taiwan Strait, while *U. edulis* was distributed in the high-density bottom waters around the southern East China Sea. This study suggested that the density and salinity of bottom water might be the key factors affecting the distribution of cephalopod species. A contour map of the hydrological parameters showed that the northern Taiwan waters were influenced by the waters from the Taiwan Strait and the southern East China Sea. Therefore, the distributions of cephalopod species could be located by determining the point where water masses meet. Such data could be used to locate potential fishing grounds and be applied to stock assessment.

Key words: cephalopods, species distribution, hydrological parameters, bottom trawling, East China Sea continental shelf

*Correspondence: 199 Hou-lh Road, Keelung 20246, Taiwan. TEL: (02)2462-2101 ext.2303; Fax: (02)2463-3110; E-mail: kychang@mail.tfrin.gov.tw