

# 台灣南部海域海樽群聚結構與水文環境之相關性研究

蘇意恬<sup>1,2</sup> · 謝泓諺<sup>1</sup> · 羅文增<sup>2\*</sup> · 吳龍靜<sup>1</sup> · 蘇偉成<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

<sup>2</sup> 國立中山大學海洋生物科技暨資源研究所

<sup>3</sup> 行政院農業委員會水產試驗所

## 摘要

本研究調查 2004 年 2 月至 2005 年 10 月期間台灣南部海域海樽種類組成及數量的時空分布，並探討海樽種類組成與水文環境之相關性。綜合採樣分析結果，共鑑定出 3 科 10 屬 18 種海樽，平均豐度為  $152 \pm 33 \text{ ind. } 100 \text{ m}^{-3}$ 。海樽豐度有明顯的季節變化，以冬季較高。前五個優勢種依序為：*Thalia rhomboides*、*Pyrosomella verticillata*、*Doliolum denticulatum*、*Thalia orientalis* 與 *Thalia democratica*，均屬於大洋廣布類群，佔所有海樽豐度的 82%。世代比例以 *T. democratica* 及 *D. denticulatum* 的無性世代為多，其餘均以有性世代比例較高。本海域海樽總豐度與溫度呈顯著負相關，不同優勢種與環境因子各有不同的相關性，*T. rhomboides*、*D. denticulatum* 及 *T. orientalis* 與溫度呈顯著負相關。台灣南部海域之海樽豐度及水文環境因子均有明顯的季節變化，測站間則無顯著差異。優勢種組成於水團間之變異不大，顯示本研究海域水團對海樽族群的影響不大。

關鍵字：海樽、台灣南部海域、種類組成、水文環境

## 前言

海樽類 (Thaliacea) 屬於海洋中營浮游生活的膠體性浮游動物，分類上屬於脊索動物門 (Chordata)，尾索亞門 (Urochordata)，海樽綱 (Thaliacea)。海樽綱共分為 3 目，分別為燐海樽目 (Pyrosomatida)，共有 1 科 8 種 (Van Soest, 1981)；全肌目 (Doliolidae) 共有 2 科 20 種 (Godeaux, 1996) 及半肌目 (Salpida) 共 1 科 44 種 (Madin and Harbison, 1978)。

最早記錄中國鄰近海域的海樽科是美國「信天翁號 (Albatross)」的調查中記錄了 3 種海樽 (Metcalf, 1918)；之後陸續有胡與鄭 (1964) 於中國近海記錄的 14 種海樽，楊 (1965) 於南海記錄的 12 種海樽，還有 Tan (1971) 與 Tseng (1972) 於台灣

周邊海域對於浮游動物的群聚研究及其與環境因子的影響中提及到的被囊動物；侯 (1984) 於西太平洋熱帶海域與胡 (1985) 在中國海域分別對 22 種半肌目海樽進行分類上的研究，再加上了鄭等 (1984) 於其著作中詳細描述了 2 種常見全肌目海樽型態及分類，才開始為中國海樽類的分類研究奠定了基礎 (張, 2003a)。生態上的研究包含了台灣海峽表層海水浮游動物的群聚研究 (Tseng, 1972)、海樽豐度分布對漁業的影響 (陳, 1978; 楊等, 1979)、東海海樽與管水母對水團邊界的指示作用 (林與張, 1993)、台灣海峽東部海域與台灣南灣海樽的分布研究 (張, 2003a, b) 及海樽季節分布與其對海樽不同世代日周性及季節性分布的探討 (Tew and Lo, 2005)。其中，張 (2003b) 在台灣南灣的研究認為，外海高溫高鹽水團是南灣冬季海樽分布的限制因子，一些典型的高溫高鹽種可作為外海高溫高鹽水入侵的指標種，例如 *Pyrosoma atlanticum*、*Brooksia rostrata*、*Ritteriella amboinensis*、*Traustedia multitentaculata*、*Weelia*

\*通訊作者 / 高雄市鼓山區蓮海路 70 號, TEL: (07) 525-2000; FAX: (07) 525-5020; E-mail: lowen@mail.nsysu.edu.tw

*cylindrica* 與 *Ihlea punctata* 等；有些則可作為湧升流的指標種，例如 *Doliolletta gegenbauri* (Hubbard and Percy, 1971; 洪等, 1991)。根據文獻指出，大量的海樽群聚亦會對一些中上層魚類的漁獲量造成明顯的不良影響，不但會爭食浮游植物及微小浮游動物等基礎餌料，還會堵塞漁網，及改變經濟魚種的洄游路線 (陳, 1978; 鄭, 1984; Chiba, 1998)。

台灣南部海域東側有高溫高鹽的黑潮水 (Kuroshio Water)，黑潮源自北赤道洋流，是北太平洋西部的暖流，在菲律賓東部外海轉往北後，經台灣東部外海再沿著東海陸棚轉向日本南部外海。黑潮距台灣東岸約 30 哩，流量強大平均約 22 Sv ( $Sv = 10^6 m^3/sec$ )，而較大的強流多出現在水深 50 ~ 100 m 的水層；本海域的許多生物 (尤其是浮游動物)，均會隨黑潮的流向由低緯度往高緯度擴散分布，對於台灣沿岸及西部北太平洋的生物地理分布影響甚鉅 (Nitani, 1972; Yang *et al.*, 1999)。此外，根據 Tsuda and Nemoto (1992) 於黑潮暖水團的研究發現，大部份的海樽都分布於表水混合層中。朱 (1961, 1963) 與 Ninno and Emery (1961) 認為台灣海峽東側的海流，一年四季皆源於黑潮支流與南海水；冬季黑潮支流雖受東北季風阻擋，但仍有小部分逆風北流的現象 (朱, 1961, 1963)，夏季時西南季風盛行，南海表層水則取代黑潮支流進入台灣海峽 (Fan and Yu, 1981)；管 (1986) 也認為夏季時台灣海峽西側為南海水，而東側則可能為黑潮水所佔據。綜上所述，本海域之水文環境，主要受到洋流季節性消長及季風強弱作用的影響而有所改變 (Fan and Yu, 1981; Fan, 1982; 王與陳, 1989; Shaw, 1989; 吳, 1996)，其中黑潮支流在冬季時會經由巴士海峽流入台灣西南海域，造成該海域在水深 200 ~ 300 m 之間形成一高鹽度低營養鹽的特殊水層，而水溫因受到黑潮水之影響，無論夏季或冬季多維持 25 °C 以上 (Shaw, 1989; 吳, 1996)。

本研究之主要目的除了建立台灣南部海域海樽種類組成及數量於不同季節之分布的資料外，並進一步了解海樽群聚組成與溫鹽度之關係，及受黑潮水與南海水團可能的影響。

## 材料與方法

### 一、採樣時間與方法

本研究是利用水試一號研究船於 2004 年 2 月至 2005 年 10 月期間，每 3 個月於台灣周邊海域 62 個測站進行水文探測及浮游動物採樣。採用的測站位於東經 119° ~ 123° 之間沿著北緯 21.5° 的橫斷線 (Transect) 設定 9 個定點採集站 (Fig. 1)。使用網具為 ORI 網 (Ocean Research Institute net; 網徑 1.6 m，網目 330  $\mu m$ ) 由水深 200 m 至表層以 1 m/sec 的速度進行垂直拖網採樣，網口中央設置一流量計用以計算網口之水量，另使用水試一號船上之溫鹽深儀進行溫、鹽等水文資料的測定。浮游動物樣品均於船上直接以 5 ~ 10% 中性福馬林液保存，攜回實驗室以解剖顯微鏡進行海樽之鑑種與計數。

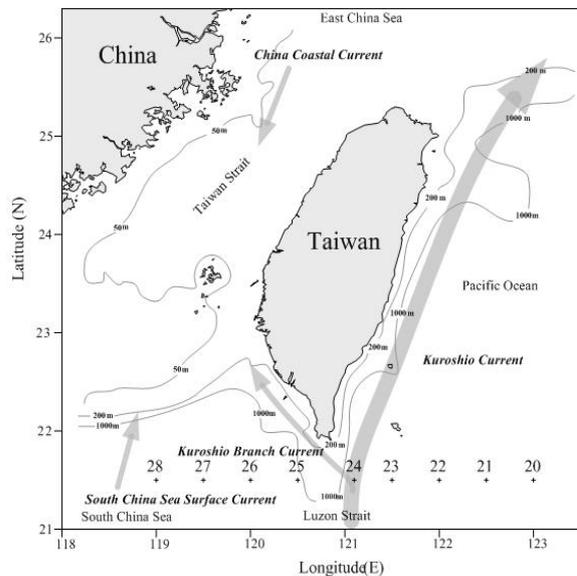


Fig. 1 Map showing sampling stations in the waters off southern Taiwan during the cruises from February 2004 to October 2005.

### 二、數據分析

經鑑定及計數後的海樽，首先轉換標準豐度單位 ( $ind. 100 m^{-3}$ )，再計算各測站之種歧異度 (Shannon-Weaver's species diversity,  $H'$ )，計算公式如下：

**Table 1** Results of ANOVA and Duncan's Multiple Range Test for seawater temperature and salinity in the different years, months and stations in the waters off southern Taiwan from February 2004 to October 2005(A) Temperature (\*\*\*:  $p < 0.001$ )

Source	DF	F value	Pr > F	Separation
Year	1	0.644	0.425	
Month	7	19.400	0.000***	Jan. <sup>a</sup> Feb. <sup>a</sup> May <sup>b</sup> Apr. <sup>b</sup> Nov. <sup>b</sup> Aug. <sup>c</sup> Jul. <sup>c</sup> Oct. <sup>c</sup>
Station	8	0.924	0.503	

(B) Salinity (\*\*\*:  $p < 0.001$ )

Source	DF	F value	Pr > F	Separation
Year	1	0.184	0.669	
Month	7	6.128	0.000***	Oct. <sup>a</sup> Jul. <sup>ab</sup> Aug. <sup>ab</sup> Feb. <sup>abc</sup> May <sup>bcd</sup> Apr. <sup>cde</sup> Nov. <sup>de</sup> Jan. <sup>e</sup>
Station	8	1.191	0.319	

2004—Feb., May, Aug., Nov.

2005—Jan., Apr., Jul., Oct.

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

$$\text{式中 } P_i = \frac{n_i}{N}$$

 $n_i$ ：某一樣品中第  $i$  種的個體數 $N$ ：某一樣品中的總個體數 $n$ ：樣品中的種類數

有關海樽種群與站群分析，亦是先將生物數據標準量化後利用 SYSTAT 10.2 統計軟體繪製關係樹狀圖，同時也採用 SPSS 8.0 統計軟體的變方分析 (ANOVA) 來檢測各水文環境因子與海樽豐度、種類數及種歧異度在不同變項間是否有顯著差異，若結果有顯著差異 ( $p < 0.05$ )，再以鄧肯式多變距分析法 (Duncan's Multiple Range Test) 來分析不同變項間的差異情形。最後，再以線性迴歸分析來探討海樽的生物指數與各水文環境因子間的相關性，進而探討研究海域水文環境與海樽物種之間的關聯。

## 結 果

### 一、水文環境

2004 年 2 月至 2005 年 10 月期間於台灣南部海域水溫有明顯的月別變化 ( $p < 0.001$ ) (Table 1)，2004 年 8 月和 2005 年 7 月分別為當年度水溫最高的月份；而 2004 年 2 月及 2005 年 1 月則相

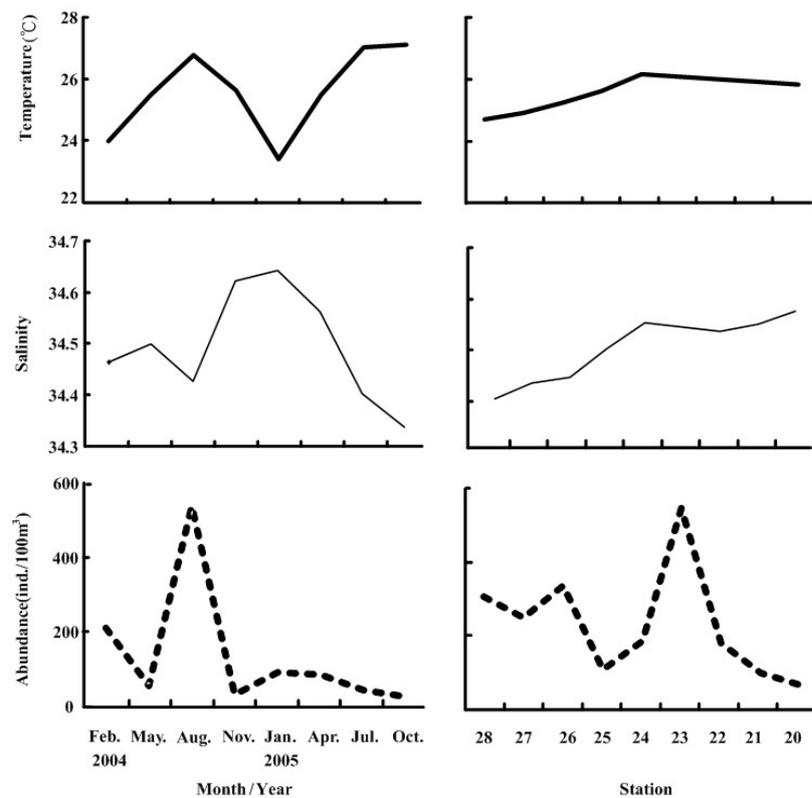
對分別為當年度水溫最低的月份 (Fig. 2)。各測站溫度差異不大，最高溫出現在測站 24，最低出現在測站 28 (Fig. 2)。鹽度方面，亦有明顯的月別變化 ( $p < 0.001$ ) (Table 1)，2004 年 11 月與 2005 年 1 月分別為當年度鹽度最高的月份，而 2004 年 8 月與 2005 年 10 月則相對分別為當年度鹽度最低的月份 (Fig. 2)。各測站表水層鹽度變化不大，以測站 24 最高，測站 28 最低 (Fig. 2)。

### 二、水文環境因子站群分析

綜合 2004 至 2005 年各月各測站的水文資料，概可分為兩站群 (Fig. 3)，第 I 站群大多以西邊海域測站為主；第 II 站群涵蓋大部分東邊海域的測站。兩站群中，溫度、鹽度以第 II 站群高於第 I 站群，總豐度、種類數種歧異度與則呈現相反的趨向。在優勢種的組成上，第 I 站群依序為 *Thalia rhomboides*、*Pyrosomella verticillata*、*Doliolum denticulatum*、*Thalia orientalis* 與 *Salpa fusiformis*；第 II 站群則為 *T. rhomboides*、*T. orientalis*、*D. denticulatum*、*P. verticillata* 與 *T. democratica* (Fig. 3)。

### 三、海樽豐度之時空變化

由 2004 年 2 月至 2005 年 10 月期間於台灣南



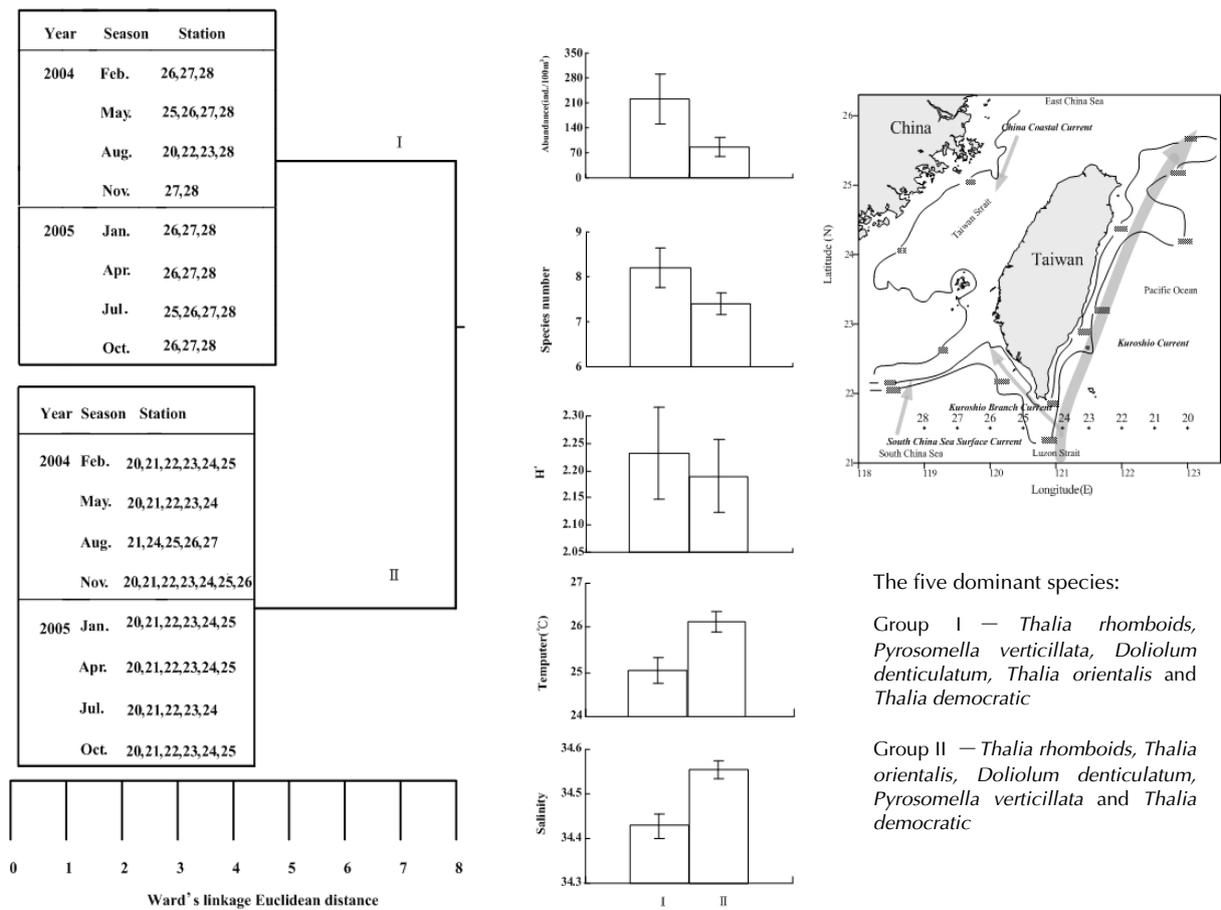
**Fig. 2** Variations of the seawater temperature, salinity and abundance of thaliacean at each month and station in the waters off southern Taiwan from February 2004 to October 2005.

**Table 2** Mean abundance (ind. 100 m<sup>-3</sup>), mean species number and mean species diversity (H') of thaliacean, and the 5 dominant species with their mean abundance, relative abundance (%) and occurrence rate (%) in the waters off southern Taiwan from February 2004 to October 2005

Year/Month	2004 ~ 2005 overall
Abundance	152 ± 38
Species number	7.8 ± 0.6
H'	2.2 ± 0.1
Predominant species(Mean ± SE, R.A., %, O.R., %)	<i>Thalia rhomboides</i> (55 ± 19, 36, 78) <i>Pyrosomella verticillata</i> (23 ± 14, 15, 24) <i>Doliolum denticulatum</i> (19 ± 3, 13, 94) <i>Thalia orientalis</i> (18 ± 3, 12, 99) <i>Thalia democratica</i> (9 ± 2, 6, 85)

部海域採樣結果，共發現 3 目 3 科 10 屬 18 種海樽，平均豐度為 152 ± 38 ind. 100 m<sup>-3</sup>，月別間有顯著差異存在 ( $p < 0.01$ )，年度與測站間則無明顯的差異 (Tables 2, 3)；若進一步以鄧肯氏多變距分析發現，2004 年 8 月之豐度明顯高於各季 (Table 3, Fig. 4)；測站間則以測站 23 豐度最高，最東邊的測站 20 最低 (Fig. 4)。海樽之種類數為 7.8 ± 0.6 種，同樣於月別間有顯著的差異 ( $p < 0.05$ )，年度與測站間亦無明顯的差異 (Table 3)；若進一步以

鄧肯氏多變距分析發現，2004 年 8 月之種類數最高，2 月及 11 月次之，5 月種類數最低，而 2005 年 7 月的種類數略高於同年度其他月份 (Table 3, Fig. 4)；測站間以測站 23 種類數最高，測站 20 最低，並大致以東邊海域種類數較多 (Fig. 4)。種歧異度部分，平均為 2.2 ± 0.1 (Table 2)，除 2004 年 2 月略低外，各指數均無明顯的差異變化 (Table 3, Fig. 4)。



**Fig. 3** Dendrogram of station associations by Ward's linkage cluster analysis based on similarity matrix of logarithmic abundance of thaliacean. The average values of the abundance, species number, and species diversity of thaliacean and hydrographic conditions (surface seawater temperature and salinity), and the 5 dominant species at each station group were also shown.

#### 四、海樽之種類組成

以整個研究期間之海樽數量來看，*T. rhomboides* 為第一優勢種，平均豐度為  $55 \pm 19$  ind.  $100\text{ m}^{-3}$ ，佔全部海樽豐度的 36%，出現頻率為 78%；第二優勢種為 *P. verticillata* ( $23 \pm 14$  ind.  $100\text{ m}^{-3}$ )，佔全部海樽數量的 15%，出現頻率為 24%；其他優勢種依序為 *D. denticulatum* ( $19 \pm 3$  ind.  $100\text{ m}^{-3}$ ，13%，94%)，*T. orientalis* ( $18 \pm 3$  ind.  $100\text{ m}^{-3}$ ，12%，99%) 與 *T. democratica* ( $9 \pm 2$  ind.  $100\text{ m}^{-3}$ ，6%，85%)，前 5 個主要優勢種合佔全部海樽數量的 82% (Table 2)。2004 至 2005 年前 5 個優勢種的月別與測站的分布趨勢如 Fig. 5 所示，可以發現許多優勢種均於 2004 年呈現夏季 (8 月) 豐度較高而秋季 (11 月) 較低的趨向；2005 年各優勢種的月別

變化較無一致性的趨向。其中，第一優勢種 *T. rhomboides* 在 4 月與 7 月有較高的平均豐度，而 10 月平均豐度最低，第二 (*P. verticillata*)、三 (*D. denticulatum*) 與第四 (*T. orientalis*) 優勢種均以 1 月平均豐度最高，而分別以 10 月、4 月與 10 月平均豐度最低，第五優勢種 *T. democratica* 在各季間之差異不大，但以 4 月平均豐度較高，1 月平均豐度較低 (Fig. 5)。各優勢種的測站分布同樣亦無明顯的分布趨向，第一優勢種 *T. rhomboides* 以測站 26 豐度最高，最東邊的測站 20 豐度最低，第二優勢種 *P. verticillata* 以測站 23 豐度最高，測站 24 與 21 豐度最低，第三優勢種 *D. denticulatum* 與第四優勢種 *T. orientalis* 均以測站 28 豐度最高，而最低豐度均出現在測站 20，第五優勢種 *T. democratica* 則以測站 26 豐度最高，測站 21 最低 (Fig. 5)。

**Table 3** Results of ANOVA and Duncan's of the abundances, species number and species diversity of thaliacean in the different years, months and stations in the waters off southern Taiwan from February 2004 to October 2005(A) Abundance (\*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ )

Source	DF	F value	Pr > F	Separation
Year	1	4.098	0.047*	
Month	7	3.220	0.005**	Oct. <sup>a</sup> Nov. <sup>a</sup> Jul. <sup>a</sup> May <sup>a</sup> Apr. <sup>a</sup> Jan. <sup>a</sup> Feb. <sup>a</sup> Aug. <sup>b</sup>
Station	8	0.742	0.654	

(B) Species number (\*:  $p < 0.05$ )

Source	DF	F value	Pr > F	Separation
Year	1	2.217	0.141	
Month	7	2.618	0.019*	May <sup>a</sup> Oct. <sup>ab</sup> Apr. <sup>ab</sup> Jan. <sup>ab</sup> Jul. <sup>abc</sup> Nov. <sup>abc</sup> Feb. <sup>bc</sup> Aug. <sup>c</sup>
Station	8	0.408	0.912	

(C) H' (Species diversity)

Source	DF	F value	Pr > F	Separation
Year	1	0.421	0.518	
Month	7	1.842	0.094	
Station	8	0.792	0.611	

2004—Feb., May, Aug., Nov.

2005—Jan., Apr., Jul., Oct.

研究期間，台灣南部海域海樽有性世代個體數所佔的比例明顯高於無性世代，其中以 2004 年 8 月有性世代的比例最高，無性世代則以 2005 年 10 月時比例最高，但兩性世代比例在季節變化上則無一致的趨向 (Fig. 4)。測站間有性世代以測站 23 比例最高，而無性世代則以測站 20 比例最高。有性世代與無性世代的比例均以西邊海域的測站比例較高 (Fig. 4)。綜合 8 季優勢種海樽的世代豐度變化由 Fig. 5 所示，除了 *T. democratica* 與 *D. denticulatum* 的無性世代個體比例多於有性世代外，其餘 3 個主要優勢種均以有性世代比例較高。所有優勢種海樽的有性世代均於 2004 年 8 月豐度較高；而 *T. rhomboides* 的無性世代數量普遍不多，但大致亦以夏季豐度較高；*D. denticulatum* 及 *T. democratica* 的無性世代在 2004 年 8 月出現最高豐度，但年間及季節變化趨向並不一致；*T. orientalis* 的無性世代均以冬季豐度較高 (Fig. 5)。不同優勢種的世代變化在測站間的分布趨向亦不同，*P. verticillata* 均為有性世代且多分布於東邊海

域靠中線的測站 23；第一、第三與第四優勢種 (*T. rhomboides*、*D. denticulatum* 及 *T. orientalis*) 的兩種世代數量均以西邊海域高於東邊海域的趨向；第五優勢種 (*T. democratica*) 的有性世代與上述優勢種的分布趨勢相同，但無性世代則以東邊海域的測站略高於西邊海域測站 (Fig. 5)。

## 五、海樽之群聚分析

利用主成分分析法及群集分析法來探討 2004 至 2005 年於台灣南部海域海樽群聚在不同季節之測站的變異情形如 Fig. 6，2004 年各季節及測站間海樽群聚組成及數量的變異情形明顯較 2005 年大，這主要是由於 2004 年 2 月份測站 26 ~ 28 及 2005 年 8 月的測站 23 之群聚組成及數量差異較大所造成。

## 六、海樽豐度與環境因子之相關性

以線性迴歸分析台灣南部海域溫度與鹽度對海樽豐度之相關性 (Table 4)，發現 2004 至 2005

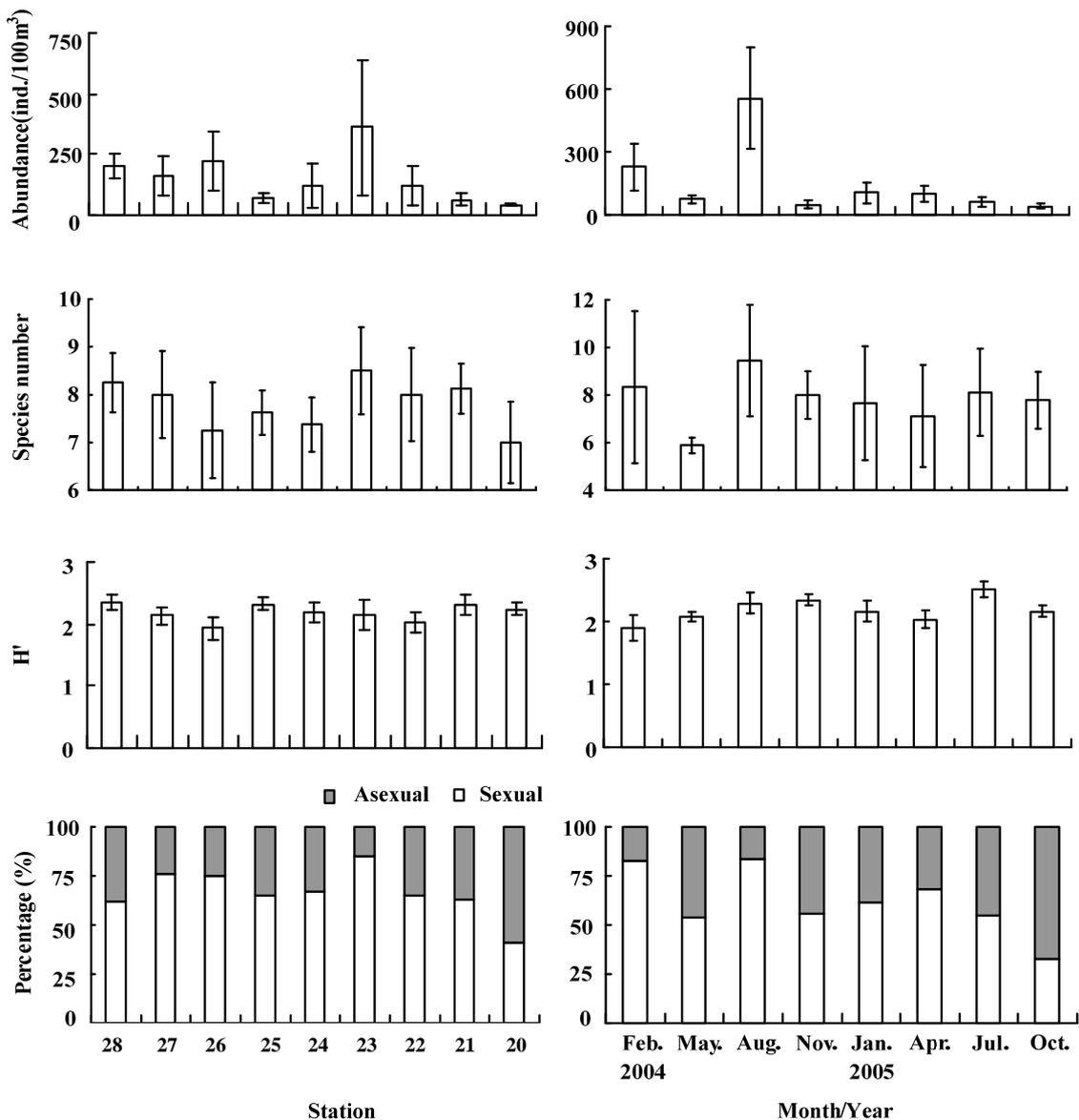


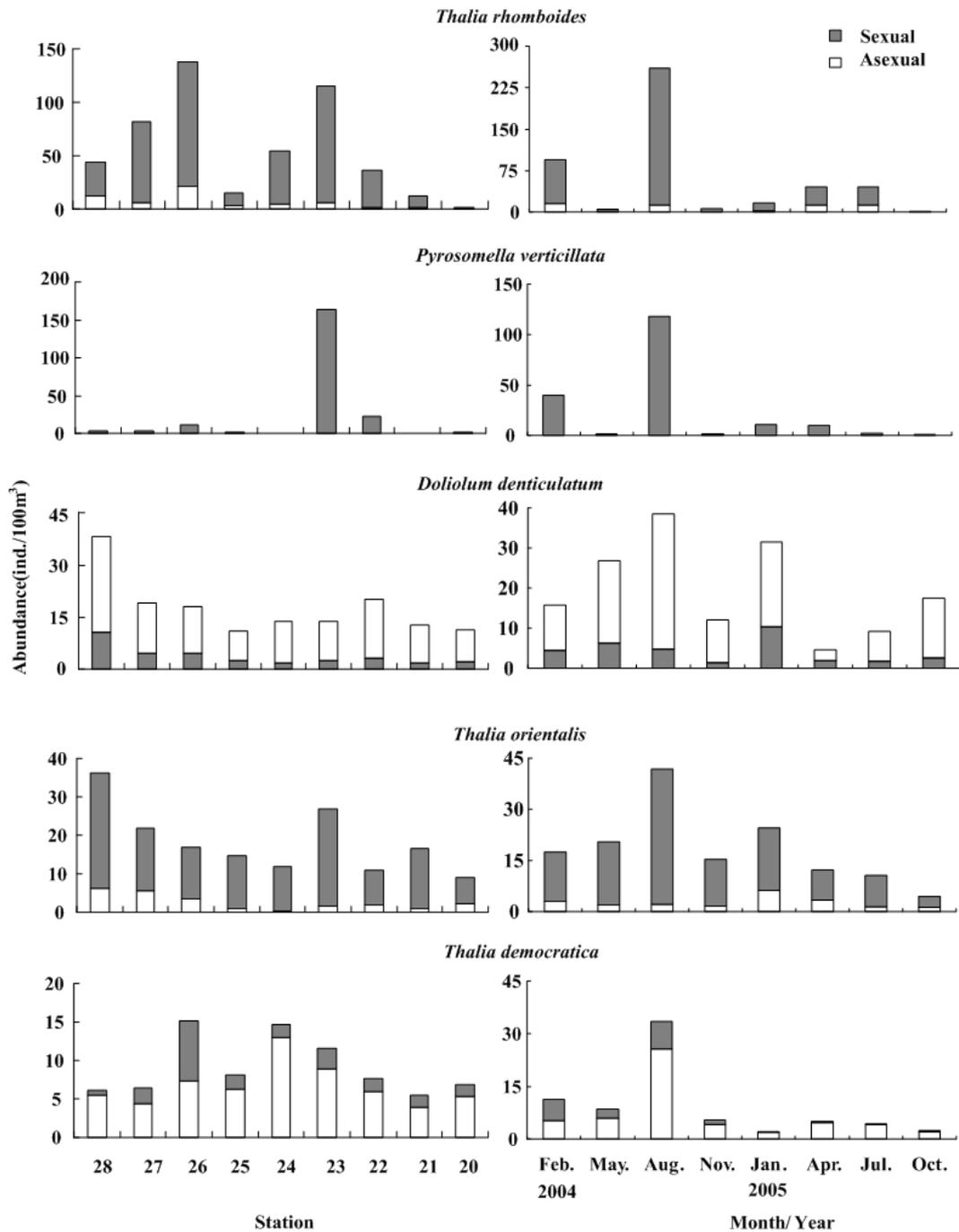
Fig. 4 Abundance (ind.  $100\text{ m}^{-3}$ ; Mean  $\pm$  SE), species number, species diversity ( $H'$ ) and sexual percentage of thaliacean at each month and station in the waters off southern Taiwan from February 2004 to October 2005.

年海樽總豐度與各環境因子的關係僅發現與溫度呈顯著負相關 ( $p < 0.01$ )，而種類數與種歧異度則與其他環境因子無顯著相關。在優勢種豐度方面，則有 *T. rhomboides* ( $p < 0.05$ )、*D. denticulatum* ( $p < 0.05$ ) 及 *T. orientalis* ( $p < 0.01$ ) 與溫度呈顯著負相關。

## 討 論

### 一、水文環境因子之探討

台灣南部海域屬東亞季風系統，終年受到季風交替的影響，故其海域之水文環境及海流會因季節變化而有所改變。本研究結果顯示，台灣南部海域水文因子有明顯的季節變化 (Table 1)，南海水與黑潮水的季節性消長情形似乎與一些學者的描述不太相同，像是陳 (2001) 指出，冬季受到東北季風的影響，黑潮會經呂宋海峽入侵南海與台灣西南海域，而夏季受到西南季風的影響，來自南海的高溫低鹽水會進入台灣西南海域，甚至影響到夏末 (Shaw, 1989; Wang and Chern,



**Fig. 5** Abundance variations (ind. 100 m<sup>-3</sup>) of the 5 dominant species of thaliacean at each month and station in the waters off southern Taiwan from February 2004 to October 2005.

1996)；不過，亦有幾位學者持不同的看法，例如王 (2000) 提到，夏季入侵南海東北部的黑潮要不就是退出南海，要不就是會併入南海水系；林 (2003) 也指出，在東北與西南季風盛行期間，澎湖水道南端的南海水比例較高，季風交替時期以黑潮水比例較高；林 (2003) 也提到，由於不同年

度及季節間受到海洋物理機制不同的影響，會使黑潮入侵南海的方向、位置及入侵水向各有不同，而造成該海域與海水組成的不同；因此，根據以上論點似乎可以解釋 2004 至 2005 年期間水團季節性消長的現象。

**Table 4** Linear regression analysis between the abundances of the 5 most dominant thaliacean species and environmental variables in the waters off southern Taiwan from February 2004 to October 2005

	Temperature	Salinity
<i>Thalia rhomboides</i>	-2.307 *	-1.129
<i>Pyrosomella verticillata</i>	-0.595	-1.373
<i>Doliolum denticulatum</i>	-2.637 *	-1.962
<i>Thalia orientalis</i>	-3.247 **	0.070
<i>Thalia democratica</i>	0.232	0.526
Total abundance	-3.098 **	-0.977
Species number	0.254	-1.482
H' (Species diversity index)	1.667	-0.368

\*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ 

## 二、海樽種類組成及豐度之時空分布

根據本研究的採樣結果，共發現 3 目 3 科 10 屬 18 種海樽，相較 He *et al.* (1988) 於中國浙江沿岸湧升流區、Yamaji (1959) 和 Tsuda and Nemoto (1992) 於黑潮水團、張 (1999) 於台灣西南海域、孫 (2003) 於台灣高屏海域、張 (2003a, b) 分別於台灣海峽東部與台灣南灣區所發現的海樽中，本研究另觀察到 *Cyclosalpa sewelli*、*Salpa maxima* 與 *Salpa younti* 等 3 種海樽。綜合 Neumann (1913) 和 Tokioka (1960) 對全肌目海樽以及 Van der Spoel and Heyrnan (1983) 和 Berner (1967) 對半肌目海樽地理分布的描述，可將本研究發現之海樽依地理分布區分為：(1) 廣布種：廣泛分布於大西洋、太平洋與印度洋，包括 *Brooksia rostrata*、*Pegea confoederata*、*Ritteriella amboinensis*、*S. fusiformis*、*S. younti*、*Weelia cylindrica*、*T. democratica*、*T. orientalis*、*Traustedia multitenticulata*、*D. denticulatum* 與 *D. nationalis* 等 10 種；(2) 非廣布種：分布僅限於一或二個大洋，包含 *C. sewelli*、*Cyclosalpa polae*、*Iasis zonaria*、*S. maxima*、*T. cicar*、*T. rhomboides* 與 *P. verticillata* 等 7 種，可以發現本研究所測得之台灣南部海域海樽以廣布種佔多數。此外依據 Van der Spoel and Heyrnan (1983) 的文獻指出，於本研究所發現的 18 種海樽中，*S. fusiformis*、*T. orientalis*、*P. confoederata* 等 3 種海樽，分布範圍北以 10 °C 等溫線為界，南以 15 °C 等溫線為界；*B. rostrata*、

*S. younti*、*W. cylindrica*、*T. multitenticulata* 的分布範圍以 20 °C 等溫線為界；*D. denticulatum* 則以 15 °C 等溫線為其分布界線。此外，本研究海樽總豐度為  $152 \pm 33$  ind.  $100 \text{ m}^{-3}$ ，種類數為  $7.8 \pm 0.6$  種，種歧異度為  $2.2 \pm 0.1$ 。若與張 (1999) 在台灣西南海域 ( $407 \pm 111$  ind.  $100 \text{ m}^{-3}$ ，19 種) 與孫 (2003) 在高屏海域 ( $691 \pm 1601$  ind.  $100 \text{ m}^{-3}$ ，16 種) 的研究結果相比較，可發現本實驗所測得的總豐度較低，種類數目 (18 種) 與前兩者相差不大。而本研究海樽豐度與上述兩位作者有差異的原因可能與採樣的材料與方法有關，張 (1999) 使用的網具為多層網 (網目 330  $\mu\text{m}$ ，網口面積 0.25  $\text{m}^2$ )，並分別於 1 m、50 m、100 m、150 m 與 200 m 進行約 30 分鐘船速 2 節 (約 1 m/sec) 的水平拖網採樣，採樣的地點為台灣西南海域 (東經 119°~120° 之間沿著北緯 23° 的橫斷線共 6 個測站)；而孫 (2003) 所採用之網具為 1 公尺網 (網目 330  $\mu\text{m}$ ，網口直徑 1 m)，並於水表层 5 m 進行約 10 分鐘船速 2 節 (約 1 m/sec) 的水平拖網採樣，採樣的地點為台灣西南海域 (東經 120° 與北緯 22° 之間的北中南三條測線共 9 個測站)；本研究採用 ORI 網 (網目 330  $\mu\text{m}$ ，網口直徑 1.6 m) 由水深 200 m 至表层以 1 m/sec 的速度進行垂直拖網採樣，本研究之材料方法明顯與上述兩者之研究不同；此外，根據採樣的地點亦可發現張 (1999) 及孫 (2003) 的研究區域均位於沿岸海域，一般而言，愈靠沿岸浮游動物的豐度較高，而本研究測站屬於大洋海域，與張 (1999) 及孫 (2003) 的研究區域相較之

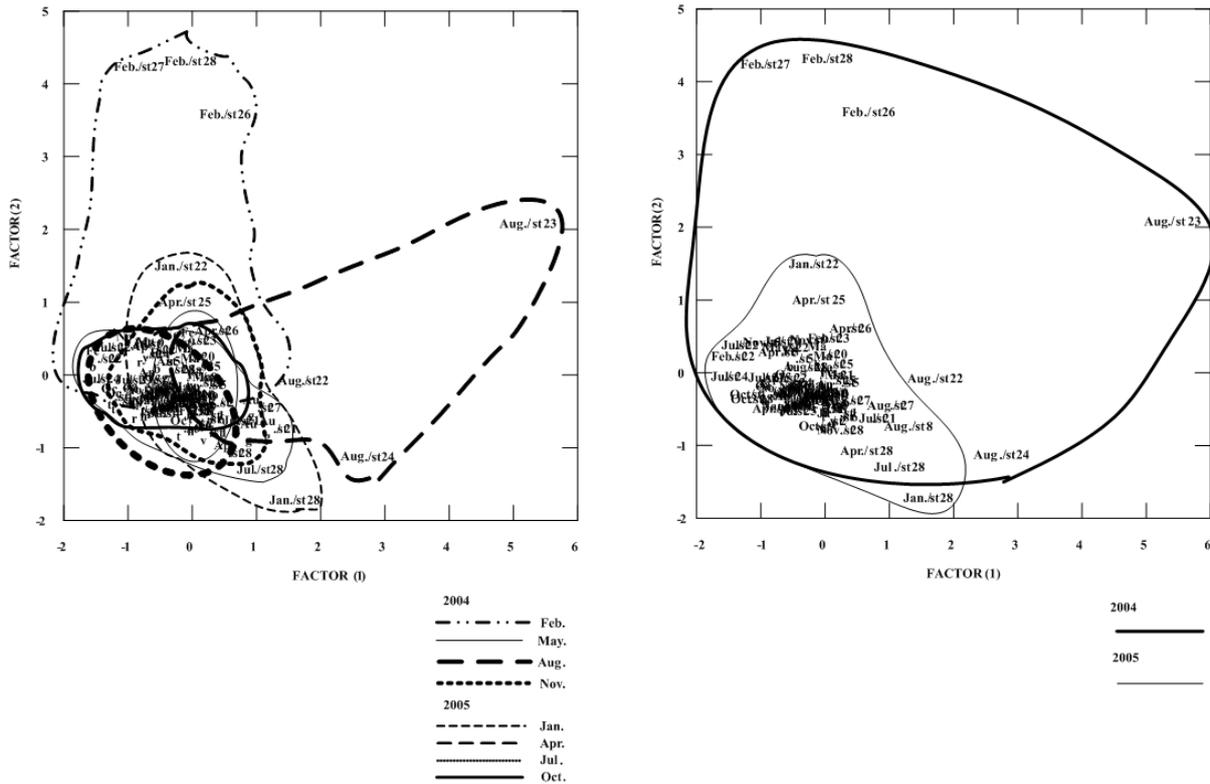


Fig. 6 Assemblage structures of the sampling stations based on the abundances of thaliaceans in the waters off southern Taiwan from February 2004 to October 2005.

下海樽豐度較低。

研究期間，海樽豐度有明顯的季節變化，除了2004夏季（8月）有一波海樽高峰外，兩年度均在冬季有相對較高的豐度，根據中央氣象局的資料發現，2004年的颱風總計共有8個，而6至8月其路徑有經過台灣南部海域的颱風則有3個，分別是6月一康森颱風、7月一敏督利與康柏斯颱風，張（2006）甚至指出，敏督利颱風所引進的強風與西南氣流長達10天之久；觀察2005年同時期，則無影響此海域的颱風經過，Shiah *et al.* (2000)指出，颱風經過會造成水體擾動將營養鹽帶至上層區域，使海水的葉綠素 *a* 濃度、氮鹽與有機氮顆粒濃度有明顯增加的趨勢；Lin *et al.* (2003)亦指出，颱風會引起海中強烈的湧昇現象，使富含營養鹽的海水上升到海面，造成葉綠素濃度增加30倍，年度新生產力增加2~4%；李（2008）於黑潮流域的研究亦指出，颱風後表水葉綠素提高2~5倍。本研究之表水鹽度以2004年8月為研究期間最低（Fig. 2），由中央氣象局的與資料亦發現颱風行經之月份，其月平均雨量較非颱風期間高

出許多，此外，根據表水水色衛星影像圖亦可發現葉綠素 *a* 濃度於颱風前後略有不同，颱風於該季所造成的影響，可以推論其對海樽族群發展的影響，因此才會在8月時海樽發現到豐度的高峰值（Fig. 2）。

在海樽豐度與環境因子的關係方面，以線性迴歸分析發現海樽與溫度呈現顯著負相關，根據Paffenhöfer *et al.* (1994) 於美國東南海域的研究指出，海樽在冬春季時的出現頻率較高；而Gibson *et al.* (2002) 於美國Wassaw海域的研究則認為，當溫度增高時，海樽的壽命會減短；孫（2003）於台灣西南海域的研究指出，當水溫下降，海樽豐度會有增加的趨勢。

在優勢種方面，本研究發現 *D. denticulatum* 的分布似乎以西邊南海海域高於東邊黑潮流域，根據Gibson and Paffenhöfer (2002) 指出全肌目海樽不適合強大水流之環境，而黑潮流速流量強大，平均約22 Sv，可能較不適合全肌目海樽生存。對於鄭（1984）指出 *D. denticulatum* 為南海常見的海樽種類，亦可作為不適生存於強大水流的

佐證。而 *T. orientalis* 於冬 (2004 年 2 月與 2005 年 1 月)、春 (2004 年 5 月與 2005 年 4 月) 與夏季 (2004 年 8 月與 2005 年 7 月) 大量出現 (Fig. 5), 可與徐 (2006) 將 *T. orientalis* 定義為冬、春與夏季的黑潮指示種相呼應。

本研究所測得之 *P. verticillata* 樣品均為有性個體 (zooids), 測站間的分布呈現某些測站大量出現, 有些測站卻完全無蹤跡 (Fig. 5), 仔細觀察似乎發現這些測站大多位於黑與南海水團的交會地帶。根據 Munk *et al.* (1995) 於挪威沿岸流 (Norwegian Coastal Current) 及日德蘭半島沿岸流 (Jutland Coastal Current) 交會的海域研究發現, 該海域會形成鋒面導致浮游植物大量繁生, Maravelias and Reid (1997) 指出, 在兩個水團交會所形成的鋒面及混合水的鄰近海域, 反而是提供浮游植物穩定之食物來源的場所; 此外亦根據 Chiba *et al.* (1999) 於南極 Adelie 島鄰近海域觀察 *Salpa thompsoni* 的研究結果所提出的假設, 當某海樽於一海域中僅觀察到有性世代, 而沒有發現無性世代, 可能表示該海樽是由外界移入, 而非該海樽於該海域繁殖而生, 綜上所述, 本研究推測 *P. verticillata* 的大量出現, 可能受到水團鋒面的影響。

### 三、水文與生物因子之群聚分析探討

根據 2004 至 2005 年的水文站群分析, 第 I 站群的鹽度較第 II 站群低, 判斷該站群的水文特性比較偏向南海水, 而第 II 站群相較於第 I 站群則有高溫高鹽的水文特性, 顯示該站群的水文特性可能較屬於黑潮水團 (Fig. 3), 然而進一步觀察優勢種發現種類組成相當類似, 並與海樽物種的站群分析相對照 (Fig. 6), 亦可發現其物種間的變異範圍很小。根據前段結果指出, 測站間海樽之總豐度、種類數與種歧異度均無顯著差異, 可能是海樽組成上亦無差異的主因, 然而比較季節間前 5 優勢種之組成發現差異亦不大, 顯示水文因子之季節變動僅影響海樽豐度, 而非種類組成, 亦可對於本研究之海樽大多屬於廣布種獲得佐證。除此之外, 台灣南部海域東側因有黑潮流經, 而黑潮本身屬於大洋性水團, 相對較為穩定而造就了種類數較豐富, 生物相較具多樣性的情況, 而台灣南部海域西側因為受到中國沿岸流、黑潮

支流及南海表水之影響, 水文狀況較複雜, 而該海域也因較富營養鹽而往往有某個物種大量出現的情形 (謝, 2007), 本研究在豐度、種類數及種歧異的東西向分布上, 並無上述所描述的現象, 表示本研究海樽的生物因子與水團間的變動關係不大。

## 謝 辭

本研究承蒙行政院農委會水產試驗所「水試一號」試驗船陳船長與全體船員在樣本收集上的配合與協助, 方得以順利完成, 在此一併敬致謝忱。

## 參考文獻

- 王青 (2000) 台灣海峽之海流以及水文環境. 台灣海峽研討會論文摘要集, 1-2.
- 王青, 陳慶生 (1989) 台灣海峽東側冷季之閩浙沿岸水入侵事件. 台灣大學海洋學刊, 22: 46-67.
- 李玉玲 (2008) 黑潮圈計畫期末研究成果報告. 亞太海洋研究中心.
- 朱祖佑 (1961) 中國東海及台灣附近海流之研究. 氣象學報, 7(4): 7-17.
- 朱祖佑 (1963) 台灣近海之海洋狀況. 漁業生物試驗所研究報告, 1(4): 29-37.
- 林茂, 張金標 (1993) 東海中部管水母類和海樽類的聚集及其對水團邊界的指示作用. 黑潮調查研究論文選(五). 海洋出版社, 北京, 452-459.
- 林信吉 (2003) 澎湖水道南端化學水文之季節變化. 國立中山大學海洋地質及化學研究所碩士論文.
- 吳德泰 (1996) 高屏峽谷水文特性之調查研究. 國立中山大學海洋資源學系碩士論文.
- 胡晴波 (1985) 中國近海的浮游被囊動物紐總樽科的分類研究(摘要). 水產學院學報, 廈門, 1: 1-22.
- 胡晴波, 鄭執中 (1964) 中國近海紐總樽浮游被囊類的研究. 中國科學院海洋研究所, 青島.
- 洪華生, 丘書院, 阮五祺 (1991) 閩南-台灣淺灘漁場上升流生態系研究. 科學出版社, 北京, 379-389.
- 候舒民 (1984) 西太平洋熱帶水域的半肌目 (Hemimyaria) 被囊類. 西太平洋熱帶水域浮游生物論文集. 海洋出版社, 北京, 217-244.
- 徐兆禮, 林茂, 張金標 (2006) 東海海樽類優勢種的數量變化. 動物學報, 52(1): 53-62.
- 孫治華 (2003) 高屏海域海樽類之時空分布及其水團相關性之研究. 國立中山大學海洋資源研究所碩士論文.
- 陳介康 (1978) 在黃海北部發現的兩種紐總樽. 動物學雜誌, 2: 13-16.

- 陳鎮東 (2001) 南海海洋學. 國立編譯館.
- 張桂祥 (1999) 台灣西南海域半肌目和全肌目海桶之時空分布. 國立中山大學海洋資源研究所碩士論文.
- 張金標, 連光山, 王云龍, 徐兆禮, 陳亞瞿 (2003a) 台灣海峽東部海域海樽類被囊動物的分布. 台灣海峽, 22(3): 279-285.
- 張金標, 黃將修, 連光山 (2003b) 台灣南灣區秋冬初海樽類的種類組成和數量分布. 海洋通報, 22(6): 9-16.
- 張國平 (2006) 南灣內夏季 1-4 週溫降與回升現象原因之探討. 國立中央大學水文科學研究所碩士論文.
- 楊國峰 (1965) 南海浮游被囊類的初步研究. 中國動物學會 30 周年學術討論會論文摘要匯編. 科學出版, 北京, 153-154.
- 楊國峰, 歐強, 劉建益 (1979) 南海北部大陸架海域浮游被囊類 Pelagic tunicata 的初步分析. 南海北部大陸架外海底拖網魚類資源調查報告. 國家水產總局南海水產研究所, 廣州, 558-568.
- 管秉賢 (1986) 東海海流結構及渦漩特徵概述. 海洋科學集刊, 27: 1-22.
- 鄭重, 李少菁, 許振祖 (1984) 海洋浮游生物學. 海洋出版社, 北京, 532-546.
- 謝泓諺 (2007) 水文環境對台灣周邊海域仔稚魚群聚時空分布的影響. 國立中山大學海洋生物科技暨資源研究所博士論文.
- Berner, L. D. (1967) Distribution atlas of Thaliacea in the California Current region. CalCOFI Atlas., 8: 1-322.
- Chiba, S., N. Horimoto, R. Satoh, Y. Yamaguchi and T. Ishimaru (1998) Macrozooplankton distribution around the Antarctic divergence off Wilkes Land in the 1996 Austral summer: with reference to high abundance of *Salpa thompsoni*. Proc. NIPR Symp. Polar Biol., 11: 33-50.
- Chiba, S., T. Ishimaru, G. W. Hosie and S. W. Wright (1999) Population structure change of *Salpa thompsoni* from austral mid-summer to autumn. Polar Biol., 22: 341-349.
- Fan, K. L. (1982) A study of water masses in Taiwan Strait. Acta Oceanogr. Taiwanica, 13: 140-153.
- Fan, K. L. and C. Y. Yu (1981) A study of water masses in seas of southernmost Taiwan. Acta Oceanogr. Taiwanica, 12: 91-111.
- Gibson, D. M. and G. A. Paffenhöfer (2002) Asexual reproduction of the doliolid, *Dolioletta gegenbauri* Uljanin (Tunicata, Thaliacea). J. Plankton Res., 24: 703-712.
- Godeaux, J. (1996) Systematics of the Doliolida. Bull. Soc. Roy. Sci. Liege., 65: 83-85.
- He, D., G. Yang, S. Fang, W. Shen, H. Liu, A. Gao and S. Huang (1988) Study of zooplankton ecology in Zhejiang coastal upwelling system-zooplankton biomass and abundance of major groups. Acta Oceanologica Sinica., 7: 607-620.
- Hubbard, L. T. and W. G. Percy (1971) Geographic distribution and relative abundance of salpidae off the Oregon coast. J. Fish Res. Bd. Con., 28(12): 1831-1836.
- Lin, I. I., W. T. Liu, C. C. Wu, G. T. F. Wong, C. Hu, Z. Chen, W. D. Liang, Y. Yang and K. K. Liu (2003) New evidence for enhanced ocean primary production triggered by tropical cyclone. Geophys. Res. Lett., 30: 1718.
- Madin, L. P. and G. R. Harbison (1978) Salps of the genus *Pegea* Savigny, 1816 (Tunicata, Thaliacea). Bull. Mar. Sci., 28: 335-344.
- Maravelias, C. D. and D. G. Reid (1997) Identifying the effect of oceanographic features and zooplankton on prespawning herring abundance using generalized additive models. Mar. Ecol. Prog. Ser., 147: 1-9.
- Metcalf, M. M. (1918) The Salpidae: a taxonomic study. U.S. Nat. Mus., Bull., 2(2): 5-193.
- Munk, P., P. O. Larsson, D. Danielsen and E. Moksness (1995) Larval and small juvenile cod *Gadus morhua* concentrated in the highly productive areas of a shelf break front. Mar. Ecol. Prog. Ser., 125: 21-30.
- Neumann, G. (1913) Die Pyrosomen und Dolioliden der Deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903. Ergebn. Deutsch. Südp.-Exped., 14 (Zool 6): 1-34.
- Ninno, H. and K. O. Emery (1961) Sediments of shallow portions of East China Sea and South China Sea. Geol. Soc. America Bull., 72: 731-762.
- Nitani, H. (1972) Beginning of the Kuroshio. In "Kuroshio, physical aspects of the Japan Current" (Stommel H. and Yoshida K., eds.), University of Tokyo Press, Tokyo, pp. 29-163.
- Paffenhöfer, G. A., L. P. Atkinson, T. N. Lee, P. G. Verity and L. R. Bulluck (1994) Distribution and abundance of thaliaceans and copepods off the southeastern U.S.A. during winter. Cont. Shelf Res., 15: 255-280.
- Shaw, P. T. (1989) The intrusion of water masses into the sea southern of Taiwan. J. Geophys. Res., 94: 18213-18226.
- Shiah, F. K., S. W. Chung, S. J. Kao, G. C. Gong and K. K. Liu (2000) Biological and hydrographical responses to tropical cyclones (typhoons) in the continental shelf of the Taiwan Strait. Cont. Shelf Res., 20: 2029-2044.
- Tan, T. H. (1971) On distribution of biomass and abundance of zooplankton in waters surrounding Taiwan. Acta. Oceanogr. Taiwanica, 1: 127-136.

- Tew, K. S. and W. T. Lo (2005) Distribution of Thaliacea in SW Taiwan coastal water in 1997, with special reference to *Doliolum denticulateum*, *Thalia democratica* and *Thalia orientalis*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 292: 181-193.
- Tokioka, T. (1960) Studies on the contribution of appendicularians and some thaliaceans of the North Pacific, with some morphological notes. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 8: 352-443.
- Tseng, W. Y. (1972) The zooplankton community in the surface waters of Taiwan Strait. Sugawara, K. The Kuroshio II. Tokyo: Saikon Publ., 261-271.
- Tsuda, A. and T. Nemoto (1992) Distribution and growth of salps in a Kuroshio warm-core ring during summer 1987. Deep-Sea Res., 39(1): 219-229.
- Van der Spoel, S., R. P. Heyman (1983) A comparative atlas of zooplankton. Biological patterns in the oceans. Bunge, Utrecht; Springer Verlag, Berlin, 1-186.
- Van Soest, R. W. M. (1981) A monograph of the order Pyrosomatida (Tunicata, Thaliacea). J. Plankton Res., 3: 603-631.
- Wang, J. and C. S. Chern (1996) Some aspects on the circulation in the northern South China Sea, La Mer, 34: 246-257.
- Yamaji, I. (1959) The plankton of Japanese coastal water. Hoikusha Publishing Co., Ltd. Osaka, 129-130.
- Yang, Y., C. T. Liu, J. H. Hu and M. Koga (1999) Taiwan current (Kuroshio) and imping eddies. J. Oceanogr., 55: 609-617.

## Spatial and Temporal Assemblage Structures of Thaliaceans (Tunicata) in Relation to Hydrography in the Waters off Southern Taiwan

Yi-Tien Su<sup>1,2</sup>, Hung-Yen Hsieh<sup>1</sup>, Wen-Tseng Lo<sup>2\*</sup>, Long-Jing Wu<sup>1</sup> and Wei-Cheng Su<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Coastal and Offshore Resource Research Center, Fisheries Research Institute

<sup>2</sup>Institute of Marine Biotechnology and Resources, National Sun Yat-sen University

<sup>3</sup>Fisheries Research Institute

### ABSTRACT

This study investigated the spatial and temporal distribution in species composition and abundance of thaliaceans (Tunicata) in relation to environmental factors in the waters off southern Taiwan between February 2004 and October 2005. In total, 18 thaliacean taxa belonging to 10 genera and 3 families were identified, with the mean abundance of  $152 \pm 33$  ind.  $100\text{ m}^{-3}$ . The abundance of thaliaceans showed a clear seasonal change, higher in winter. The five most dominant species were *Thalia rhomboides*, *Pyrosomella verticillata*, *Doliolum denticulatum*, *T. orientalis* and *T. democratica*. They were widespread oceanic species, and together constituted 82% of the total thaliaceans. The abundance of thaliaceans showed significant negative correlation with temperature. Different predominant thaliacean species showed different relationship with environmental factors; *T. rhomboides*, *D. denticulatum* and *T. orientalis* were significant and negatively correlated with temperature. Result of ANOVA test revealed that the abundance of thaliaceans and hydrography had significant seasonal differences in the waters off southern Taiwan, but showed no significant difference among stations. The species composition of dominant thaliacean among the water masses was similar, implied that the influence of water masses on the distribution of thaliaceans was minor.

**Key words:** thaliaceans, the waters off southern Taiwan, species composition, hydrography

---

\*Correspondence: Institute of Marine Biotechnology and Resources, National Sun Yat-Sen University, No. 70, Lienhai Rd., Kaohsiung 80424, Taiwan. TEL: (07) 525-2000; FAX: (07) 525-5020; E-mail: lowen@mail.nsysu.edu.tw