

宜蘭灣及其外海黑潮流域之浮游橈足類的季節變動

李長榮

行政院農業委員會水產試驗所 海洋漁業組

摘 要

2004 年按季在宜蘭灣及其外海之定線 4 個測站，以環型浮游生物網垂直拖曳採集浮游橈足類，標本種類有 4 目 25 科 49 屬 128 種。四季皆有出現種類計 49 種，佔總種類數的 38.3 %，其中的微刺哲水蚤 (*Canthocalanus pauper*)、達氏宇哲水蚤 (*Cosmocalanus darwini*)、小基齒哲水蚤 (*Clausocalanus minor*)、羽長腹劍水蚤 (*Oithona plumifera*) 和麗隆劍水蚤 (*Oncaea venusta*) 等 5 種出現於各季的每一站；而紀氏鷹嘴水蚤 (*Aetideus giesbrechti*) 等 28 種則全年僅出現過一次。橈足類之平均豐度以春季最高，其次依序為冬、夏和秋季。豐度分布以陸棚海域較高，四季變動介於 345 ~ 1,334 ind./m³ 之間，而黑潮流域較低，其四季變動介於 51 ~ 341 ind./m³ 之間；但種類數則恰好相反，前者介於 29 ~ 58 種，後者介於 41 ~ 66 種。全年共有 26 種優勢種，其中的 6 種四季均為優勢種，不同測站和不同季節有不同的組成與比率動態，尤其陸棚海域明顯集中於 2 ~ 3 種；優勢種呈明顯季節變換，其季節更替率介於 47.4 ~ 60.0 % 之間。中華哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 等部分重要種類則為東海水團受渦流影響而進入宜蘭灣周邊海域的指示種。

關鍵詞：宜蘭灣、黑潮流域、浮游橈足類、動態

前 言

浮游性的橈足類 (甲殼亞門 Crustacea: 顎足綱 Maxillopoda: 橈足亞綱 Copepoda) 是海洋浮游動物中種類及數量都最多的動物群，它在海洋食物鏈中是極為重要的一環，既以浮游植物為主食，同時又為較大型的浮游動物及仔稚魚的主要食物 (Huys and Boxshall, 1991; Raymont, 1980)。

台灣東北海域是黑潮流經之處，溫度較低的大陸沿岸流在此海域與其會合，復由於海底地形等關係，常形成大小不等的渦流 (Nitani, 1972; Chern and Wang, 1990, 1994)。由於食餌豐富，此區蘊藏多樣而多量的海洋生物及漁業資源 (Jean, 1987; Lee *et al.*, 1996)，長久以來都是我國重要的拖網漁場。本研究從東北部海域浮游橈足類的種類組成，主要種類之分布、豐度、消長和季節變

動等著手，分析橈足類群聚的季節變化與規律，以瞭解海域次級生產力相關的變動，做為漁業資源評估之參考。

材料與方法

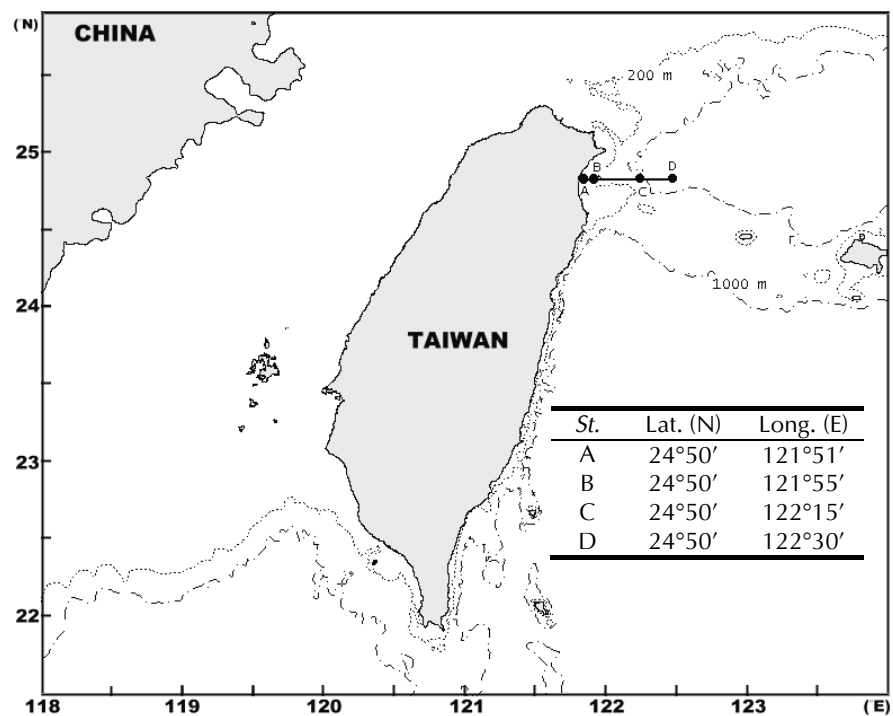
一、測站與採樣

本研究之測定航線由宜蘭灣向東延伸，設有 4 站 (Fig. 1)，分別為 A 站 (離岸約 2 哩，水深 75 m)、B 站 (離岸約 6 哩，水深 140 m)、C 站 (離岸約 25 哩，水深 1,066 m) 和 D 站 (離岸約 40 哩，水深超過 2,000 m)。其中，A 和 B 站位於龜山島西側，屬於陸棚海域，C 和 D 站位於龜山島東側黑潮流域，位處沖繩海槽的西南端 (Lee and Hu, 1998; Yu and Song, 2000)。

海上作業係以海建號試驗船，使用環型浮游生物網 (Ring Trawl Net，網口直徑 1 m，網身長 4.5 m，網目 335 μ m，流量計位於網口中心) 按季進行標本採集，即分別於 2004 年 1 月 7 ~ 9 日 (冬

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

Fig. 1 Position of sampling stations comprising the transect extending east about 40 nautical miles offshore from Ilan Bay.



季航次)、4月20~22日(春季航次)、7月22~24日(夏季航次)及10月21~23日(秋季航次)完成之。依測站水深之不同, A和B站由接近海底處垂直拖曳(速度0.5 m/s)至表面, 而C和D站則由水深200 m處垂直拖曳至表面, 每站採得的樣品在船上立即固定於含有5% 福馬林之海水中。

二、標本鑑定與資料分析

採樣攜回實驗室後, 改存於70%之酒精溶液中, 再分割至標本總數約500個體之子樣品(Shih and Chiu, 1998), 鑑定其中的橈足類, 並記錄其性別、體長、成熟期及個體數等資料。橈足類種類鑑定主要係依據Grice (1962)、Chen and Zhang (1965)、Frost and Fleminger (1968)、Bradford (1972)、Chen *et al.* (1974)、Markhaseva (1996)、Chihara and Murano (1997)、Mauchline (1998) 和 Shih (Unpublished) 等文獻。

為便利與鄰近海域之相關研究進行比較, 群聚特徵值當中的種類優勢度(Y, 當 $Y \geq 0.02$ 時定為優勢種)和優勢種季節更替率(R)計算採下列方法(Yang *et al.*, 1999b):

$$Y = (N_i / N) \times f_i$$

$$R = (a + b - 2c) / (a + b - c) \times 100\%$$

式中, N_i 為各測站第*i*種的總個體數, N 為各測站所有橈足類的總個體數, f_i 為出現第*i*種的測站頻率; a 和 b 分別為相鄰兩季的優勢種種類數, c 為相鄰兩季共同的優勢種種類數。

結果與討論

一、種類組成與季節變動

全年標本種類有4目25科49屬128種(Table 1), 其中哲水蚤目(Calanoida)有86種, 佔總種類數的67.2%, 其次為鞘口水蚤目(Poecilostomatoida)有34種, 佔26.6%, 劍水蚤目(Cyclopoida)有7種, 佔5.5%, 而猛水蚤目(Harpacticoida)僅有瘦粗毛猛水蚤(*Macrosetella gracilis*) 1種。

四季皆有出現種類計49種, 佔總種類數的38.3%, 其中的微刺哲水蚤(*Canthocalanus pauper*)、達氏宇哲水蚤(*Cosmocalanus darwini*)、小基齒哲水蚤(*Clausocalanus minor*)、羽長腹劍水蚤(*Oithona plumifera*)和麗隆劍水蚤(*Oncaea venusta*)等5種出現於各季的每一站, 分布最為普遍; 紀氏鷹嘴水蚤(*Aetideus giesbrechti*)等28種則較為罕見, 全年僅出現過一次, A至D站分別有5、6、10和7種, 而其中在B站春季出現的截

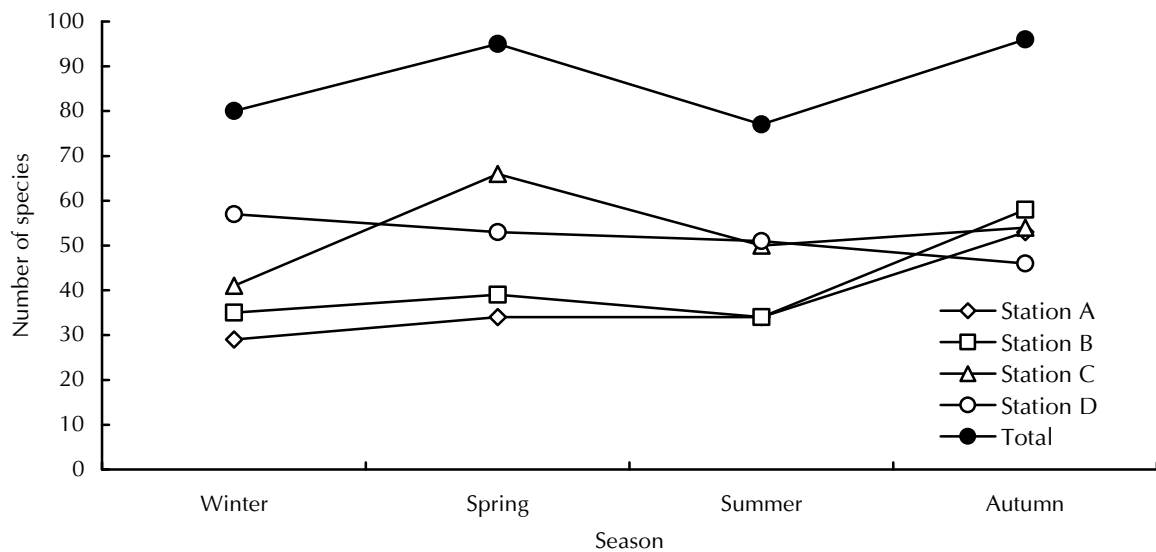


Fig. 2 Seasonal fluctuations in the number of species of planktonic copepods collected at different stations in 2004.

鷹嘴水蚤 (*Aetideus truncatus*) 為西北太平洋的新紀錄種 (Markhaseva, 1996)。

僅在 C 和 D 站皆有出現的種類有 13 種, 包括小槍水蚤 (*Gaetanus minor*)、長角海羽水蚤 (*Haloptilus longicornis*)、瘦新哲水蚤 (*Neocalanus gracilis*)、黑斑平頭水蚤 (*Candacia ethiopica*)、長突平頭水蚤 (*Candacia longimana*)、細擬真哲水蚤 (*Pareucalanus attenuatus*)、乳狀異肢水蚤 (*Heterorhabdus papilliger*)、腹突乳點水蚤 (*Pleuromamma abdominalis*)、劍突乳點水蚤 (*Pleuromamma xiphias*)、羽小角水蚤 (*Pontellina plumata*)、葉足小厚殼水蚤 (*Scolecithricella dentata*)、伯氏小厚殼水蚤 (*Scolecithrix bradyi*) 和星葉劍水蚤 (*Sapphirina stellata*)，部分可能成為台灣東部黑潮流域的指示種，但需累積更多的變動資料，才可確認。Huang *et al.* (2000) 將劍突乳點水蚤列為東海北部黑潮暖流的指示種，長突平頭水蚤和乳狀異肢水蚤則列為湧升水（黑潮次表層水）的指示種。Chihara and Murano (1997) 則將小槍水蚤、長角海羽水蚤、細擬真哲水蚤及葉足小厚殼水蚤列為黑潮常見種類，其餘皆屬熱帶及亞熱帶外洋暖水域種類。

種類數的四季變動情形，全年以秋季的 96 種最多，其次為春季的 95 種，而以冬、夏季的 80 和 77 種較少 (Fig. 2)。在陸棚海域的 A 和 B 站，其春、夏和冬季種類數較少，介於 29 ~ 39 種之間，

但秋季時，分別達全年最高的 53 和 58 種；在黑潮流域西緣的 C 站四季變化較大，介於 41 ~ 66 種之間，相較之下，黑潮流域內的 D 站四季變化較為穩定，介於 46 ~ 57 種之間。本研究結果顯示，不同的海域呈現不同的浮游橈足類組成變動，Yang *et al.* (1999b) 在台灣以北海域的浮游橈足類群聚特徵之調查，發現四季皆有出現種類佔總種類數的 31.8%，季節間的種類數變化不大，以春季的種類數較高，其次分別為秋、冬和夏季；Xu *et al.* (2004) 調查東海浮游橈足類的種類組成，亦發現四季皆有出現種類佔總種類數的 32.7%，但以夏季的種類數最高，其次分別為秋、春和冬季。上述二者之各季總種類數均較本研究高出許多，係採樣範圍較大、採樣時間較長的結果，但以本海域各站種類數的四季變化而言，均高於上述二者以相同採樣方式的種類數平面分布（介於 5 ~ 40 種），除了海域性質不同外，上述二者使用較大網目 (500 μ m) 必然會減少入網的物種數。

本研究 D 站的經緯度與 Lee and Hu (1998) 當中的 P1 測站相同，位於黑潮的主軸內，全年採得的哲水蚤有 65 種，Hsiao *et al.* (2004) 以相同的網具在台灣東方的黑潮流域內相同水深的 5 個測站全年共採得 111 種哲水蚤，二者之間高達 57 種為皆有出現種類，其中除了在夏、秋和冬季出現的小型小厚殼水蚤 (*Scolecithricella minor*) 屬於北方種之外，其餘均為西北太平洋的廣分布種，

Table 1 Species list of planktonic copepods collected in this study

CALANOIDA	<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	<i>Labidocera acuta</i>
ACARTIIDAE	<i>Clausocalanus minor</i>	<i>Pontellina plumata</i>
<i>Acartia danae</i>	<i>Clausocalanus parapergens</i>	SCOLECITRICHIDAE
<i>Acartia negligens</i>	<i>Clausocalanus pergens</i>	<i>Neoscolecithrix</i> sp.
AETIDEIDAE	<i>Ctenocalanus vanus</i>	<i>Scolecithricella ctenopus</i>
<i>Aetideus acutus</i>	EUCALANIDAE	<i>Scolecithricella dentata</i>
<i>Aetideus giesbrechti</i>	<i>Pareucalanus attenuatus</i>	<i>Scolecithricella minor</i>
<i>Aetideus truncatus</i>	<i>Rhincalanus cornutus</i>	<i>Scolecithricella vittata</i>
<i>Bradyidius angustus</i>	<i>Rhincalanus nasutus</i>	<i>Scolecithricella</i> sp.
<i>Gaetanus minor</i>	<i>Subeucalanus crassus</i>	<i>Scolecithrix bradyi</i>
<i>Undeuchaeta incisa</i>	<i>Subeucalanus mucronatus</i>	<i>Scolecithrix danae</i>
AUGAPTILIDAE	<i>Subeucalanus subcrassus</i>	<i>Scolecithrix nicobarica</i>
<i>Haloptilus longicornis</i>	<i>Subeucalanus subtenuis</i>	<i>Scottocalanus sedatus</i>
<i>Haloptilus spiniceps</i>	EUCHAETIDAE	TEMORIDAE
CALANIDAE	<i>Euchaeta concinna</i>	<i>Temora discaudata</i>
<i>Calanus sinicus</i>	<i>Euchaeta indica</i>	<i>Temora stylifera</i>
<i>Canthocalanus pauper</i>	<i>Euchaeta longicornis</i>	<i>Temora turbinata</i>
<i>Cosmocalanus darwini</i>	<i>Euchaeta plana</i>	<i>Temoropia mayumbaensis</i>
<i>Mesocalanus lighti</i>	<i>Euchaeta rimana</i>	THARYBIDAE
<i>Nannocalanus minor</i>	HETERORHABDIDAE	<i>Tharybis</i> sp.
<i>Neocalanus gracilis</i>	<i>Heterorhabdus papilliger</i>	<i>Undinella spinifera</i>
<i>Undinula vulgaris</i>	LUCICUTIIDAE	CYCLOPOIDA
CALOCALANIDAE	<i>Lucicutia flavicornis</i>	OITHONIDAE
<i>Calocalanus pavo</i>	MECYNOCERIDAE	<i>Oithona atlantica</i>
<i>Calocalanus plumulosus</i>	<i>Mecynocera clausi</i>	<i>Oithona fallax</i>
CANDACIIDAE	METRIDINIDAE	<i>Oithona longispina</i>
<i>Candacia catula</i>	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	<i>Oithona nana</i>
<i>Candacia curta</i>	<i>Pleuromamma borealis</i>	<i>Oithona plumifera</i>
<i>Candacia ethiopica</i>	<i>Pleuromamma gracilis</i>	<i>Oithona robusta</i>
<i>Candacia longimana</i>	<i>Pleuromamma robusta</i>	<i>Oithona setigera</i>
<i>Paracandacia bispinosa</i>	<i>Pleuromamma xiphias</i>	HARPACITICOIDA
<i>Paracandacia simplex</i>	PARACALANIDAE	MIRACIIDAE
<i>Paracandacia truncata</i>	<i>Acrocalanus gibber</i>	<i>Macrosetella gracilis</i>
CENTROPAGIDAE	<i>Acrocalanus gracilis</i>	POECILOSTOMATOIDA
<i>Centropages calaninus</i>	<i>Acrocalanus longicornis</i>	CORYCAEIDAE
<i>Centropages elongatus</i>	<i>Acrocalanus monachus</i>	<i>Corycaeus (Agetus) flaccus</i>
<i>Centropages furcatus</i>	<i>Paracalanus aculeatus</i>	<i>Corycaeus (Agetus) limbatus</i>
<i>Centropages gracilis</i>	<i>Paracalanus parvus</i>	<i>Corycaeus (Agetus) typicus</i>
<i>Centropages longicornis</i>	PHAENNIDAE	<i>Corycaeus (Corycaeus) clausi</i>
CLAUSOCALANIDAE	<i>Phaenna spinifera</i>	<i>Corycaeus (Corycaeus) crassiusculus</i>
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	PONTELLIDAE	<i>Corycaeus (Corycaeus) speciosus</i>
<i>Clausocalanus farrani</i>	<i>Calanopia elliptica</i>	<i>Corycaeus (Corycaeus) vitreus</i>
<i>Clausocalanus furcatus</i>	<i>Calanopia minor</i>	<i>Corycaeus (Ditrichocorycaeus) andrewsi</i>

Table 1 continued

<i>Corycaeus (Ditrichocorycaeus) asiaticus</i>	<i>Farranula gibbula</i>	<i>Oncaea venusta</i>
<i>Corycaeus (Ditrichocorycaeus) dahli</i>	<i>Farranula</i> sp.1	SAPPHIRINIDAE
<i>Corycaeus (Onychocorycaeus) agilis</i>	<i>Farranula</i> sp.2	<i>Copilia lata</i>
<i>Corycaeus (Onychocorycaeus) catus</i>	<i>Farranula</i> sp.3	<i>Copilia mediterranea</i>
<i>Corycaeus (Onychocorycaeus) pacificus</i>	ONCAEIDAE	<i>Copilia mirabilis</i>
<i>Corycaeus (Onychocorycaeus) pumilus</i>	<i>Lubbockia squillimana</i>	<i>Copilia recta</i>
<i>Corycaeus (Urocorycaeus) furcifer</i>	<i>Oncaea conifera</i>	<i>Sapphirina metallina</i>
<i>Corycaeus (Urocorycaeus) longistylis</i>	<i>Oncaea media</i>	<i>Sapphirina stellata</i>
<i>Farranula carinata</i>	<i>Oncaea mediterranea</i>	
<i>Farranula concinna</i>	<i>Oncaea minuta</i>	

顯示黑潮流域的種類組成年間變化相當穩定。若以單季而言，Shih and Chiu (1998) 在 1995 年 4 月 20 日黑潮流軸內 (測站 15) 相同水深的採樣發現 41 種橈足類，而本研究春季 D 站則有 53 種，可能前者的採樣網目較大 (500 μm)，所以部分小型種類未採到，不過，二者主要種類大致相同，唯一特殊的是中華哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 大量出現在 1995 年的樣本 (佔總個體數的 4.4 %)，但 D 站全年卻無中華哲水蚤。

二、豐度分布與季節變動

本海域浮游橈足類的四季平均豐度以春季的 $548 \pm 584 \text{ ind./m}^3$ 最高，其次分別為冬季的 $471 \pm 309 \text{ ind./m}^3$ 、夏季的 $441 \pm 580 \text{ ind./m}^3$ 和秋季的 $374 \pm 163 \text{ ind./m}^3$ (Fig. 3)。各測站之季節性變動情形顯示各季均以陸棚海域的豐度較高，而黑潮流域則明顯低很多，與 Meng *et al.* (1996) 在東海黑潮區浮游動物的生物量分布研究認為該區之生物生產力低下相似。

平面豐度分布以離岸最近的 A 站最為豐富，年平均達 $999 \pm 372 \text{ ind./m}^3$ 。春、夏、秋和冬季分別高達 1,334、1,287、573 及 803 ind./m^3 。春季時，中華哲水蚤、麗隆劍水蚤和針刺擬哲水蚤 (*Paracalanus aculeatus*) 分居前三位，其豐度分別高達 239、179 和 148 ind./m^3 ，分別佔總個體數的 17.9、13.4 和 11.1 %；夏季時，錐形寬水蚤 (*Temora turbinata*)、針刺擬哲水蚤和普通波水蚤 (*Undinula vulgaris*) 成為最主要種類，其豐度分別高達 308、

186 和 137 ind./m^3 ，佔總個體數的 23.9、14.4 和 10.7 %；秋季時，豐度達 86 ind./m^3 的針刺擬哲水蚤成為最主要種類，佔總個體數的 15.0 %；冬季時，麗隆劍水蚤和中華哲水蚤分居前二位，其豐度分別高達 104 和 102 ind./m^3 ，佔總個體數的 12.9 和 12.7 %。

B 站年平均達 $512 \pm 161 \text{ ind./m}^3$ ，四季分別可達 645、345、403 及 656 ind./m^3 。春季時，中華哲水蚤之豐度高達 255 ind./m^3 ，佔絕對優勢 (佔總個體數的 39.5 %)；夏季時，針刺擬哲水蚤和普通波水蚤分居前二位，其豐度分別達 37 和 35 ind./m^3 ，佔總個體數的 10.8 和 10.0 %；秋季時，小基齒哲水蚤成為較主要種類，其豐度達 44 ind./m^3 ；冬季時，中華哲水蚤之豐度高達 136 ind./m^3 ，再度成為絕對優勢種 (佔總個體數的 20.7 %)。

C 站年平均僅達 $168 \pm 95 \text{ ind./m}^3$ ，四季分別可達 159、51、180 及 283 ind./m^3 。春季時，錐形寬水蚤和中華哲水蚤分居前二位，其豐度分別達 22 和 21 ind./m^3 ，佔總個體數的 14.1 和 13.0 %；夏季時，佔總個體數僅 9.2 % 的小基齒哲水蚤之豐度也僅可達 5 ind./m^3 ，其餘主要種類之豐度皆在 2 ind./m^3 左右；秋季時，小基齒哲水蚤、黃角光水蚤 (*Lucicutia flavicornis*) 和瘦乳點水蚤 (*Pleuromamma gracilis*) 分居前三位，其豐度分別達 13、11 和 9 ind./m^3 ，僅佔總個體數的 7.0、6.4 和 4.9 %，其餘主要種類較分散，豐度介於 5 ~ 8 ind./m^3 ；冬季時，呈較高比例的麗隆劍水蚤、微刺哲水蚤和截擬平頭水蚤 (*Paracandacia truncata*) 分別佔總個體數的 10.8、8.7 和 6.1 %，其豐度分

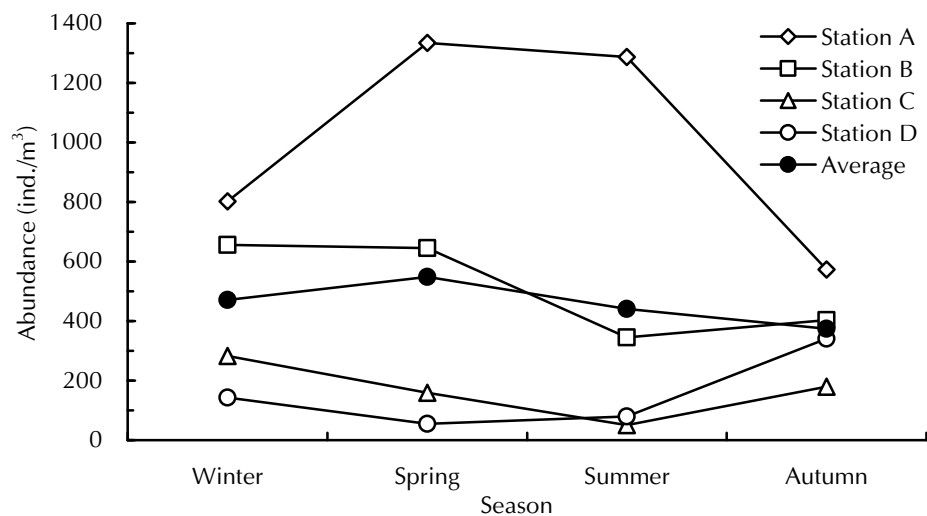


Fig. 3 Seasonal fluctuations in the abundance of planktonic copepods collected at different stations in 2004.

別達 31、25 和 17 ind./m³，其餘主要種類亦較分散，豐度介於 7~13 ind./m³。

離岸最遠的 D 站豐度呈最低水平，年平均僅 155 ± 129 ind./m³，四季分別僅達 55、80、341 及 143 ind./m³。春季時，長尾基齒哲水蚤 (*Clausocalanus furcatus*)、麗隆劍水蚤和法氏基齒哲水蚤 (*Clausocalanus farrani*) 分居前三位，其豐度僅分別達 4、4 和 3 ind./m³，也僅佔總個體數的 8.1、6.3 和 5.2%，其餘主要種類呈分散狀況，豐度僅介於 1~2 ind./m³；夏季時，小基齒哲水蚤和麗隆劍水蚤均佔總個體數的 6.6%，其豐度均僅達 5 ind./m³，其餘主要種類亦呈分散狀況，豐度介於 2~4 ind./m³；秋季時，小哲水蚤 (*Nannocalanus minor*)、小基齒哲水蚤和弓角基齒哲水蚤 (*Clausocalanus arcuicornis*) 分居前三位，其豐度分別可達 27、26 和 16 ind./m³，佔總個體數的 8.0、7.7 和 4.6%，其餘主要種類呈分散狀況，豐度介於 7~16 ind./m³；冬季時，麗隆劍水蚤、乳狀異肢水蚤和擬鞭基齒哲水蚤 (*Clausocalanus mastigophorus*) 分居前三位，其豐度分別達 14、8 和 7 ind./m³，佔總個體數的 9.5、5.9 和 5.0%，其餘主要種類呈分散狀況，豐度介於 3~6 ind./m³。

上述豐度分布變化顯示主要種類間呈明顯的季節更替與消長現象，這與 Yang *et al.* (1999a) 研究台灣以北海域浮游橈足類之數量分布及 Xu *et al.*

(2003) 研究東海浮游橈足類的數量分布亦呈現多變的情況，具有相同的結果。

三、優勢種與季節更替

浮游橈足類依優勢度計算結果，取 $Y \geq 0.02$ 者為優勢種，春、夏、秋、冬季等四季分別有 11、15、13 和 18 種，全年共有 26 種。其中，四季均為優勢種者有 6 種，分別為：微刺哲水蚤、長尾基齒哲水蚤、小基齒哲水蚤、針刺擬哲水蚤、羽長腹劍水蚤和麗隆劍水蚤。在三季均為優勢種者有 4 種，分別為：達氏宇哲水蚤、小哲水蚤、黃角光水蚤和錐形寬水蚤；在二季成為優勢種有 5 種，分別為小紡錘水蚤 (*Acartia negligens*)、中華哲水蚤、弓角基齒哲水蚤、法氏基齒哲水蚤和刺長腹劍水蚤 (*Oithona setigera*)；在單季成為優勢種有 11 種，分別為春季的小擬哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)，夏季的普通波水蚤、亞強真哲水蚤 (*Subeucalanus subcrassus*)、微駝隆哲水蚤 (*Acrocalanus gracilis*) 和柱形寬水蚤 (*Temora stylifera*)，秋季的駝背隆哲水蚤 (*Acrocalanus gibber*) 和美麗大眼劍水蚤 (*Corycaeus Corycaeus speciosus*)，以及冬季的截擬平頭水蚤、擬鞭基齒哲水蚤、克氏大眼劍水蚤 (*Corycaeus Corycaeus clausi*) 和靈巧大眼劍水蚤 (*Corycaeus*

Onychocorycaeus catus); 四季更替率分別為春~夏的 55.6 %、夏~秋的 60.0 %、秋~冬的 52.4 % 及冬~春的 47.4 %。本研究之採樣範圍未若 Xu *et al.* (2004) 在東海所做的調查, 然由於處在均一緯度及黑潮暖流區, 不但優勢種種類數較其多出 9 種, 且優勢種季節更替率並沒有東海的那麼高 (四季介於 66.7 ~ 88.9 %), 亦即其主要種類組成相對較為穩定; 二者海域之間, 全年雖有 9 種共同優勢種, 但東海區全年僅有中華哲水蚤為四季優勢種, 本區則有 6 種。Yang *et al.* (1999b) 在群聚特徵之研究顯示台灣以北海域 (大約在 25° ~ 28°N 至 121° ~ 125°E) 的浮游橈足類, 其全年優勢種種類數雖僅有 13 種且無四季優勢種, 但季節更替率亦達 36 ~ 78 %, 大體介於本海域與東海之間。

各站四季之橈足類分別依優勢度計算結果, A 站在春、夏季均有 8 種, 在秋、冬季均有 11 種, 四季僅有針刺擬哲水蚤為共有種類; 由優勢種季節更替率得知本站具有明顯季節變換, 以秋~冬季的 62.5 % 較低, 但春~夏季則高達 85.7 %。B 站在春季僅有 5 種, 但在秋季有 13 種, 四季共有種類有針刺擬哲水蚤和麗隆劍水蚤; 季節更替率與 A 站相似, 以秋~冬季的 62.5 % 較低, 春~夏季的 75.0 % 最高。C 站在春季僅有 6 種, 但在夏季高達 15 種, 在秋、冬季分別降為 12 及 8 種, 四季僅有麗隆劍水蚤為共有種類, 顯見本站優勢種組成具有較明顯季節變換; 其季節更替率, 以夏~秋季的 71.4 % 較低, 冬~春季為 83.3 %, 達到最高。D 站在夏、秋季均高達 15 種, 春、冬季亦均有 12 種, 其四季優勢種種類數均冠於各站, 且四季共有種類達 5 種之多, 分別是小紡錘水蚤、達氏波水蚤、弓角基齒哲水蚤、小基齒哲水蚤和麗隆劍水蚤; 其季節更替率較為穩定, 以秋~冬季的 65.0 % 較低, 春~夏季的 71.4 % 較高。

比較相同季節在相同海域的不同測站的優勢種出現情形, 春季時陸棚海域的 A 和 B 站之間即有 4 種共同種類 (對 A 站而言, 比例高達 50 %, 對僅有 5 種優勢種的 B 站更高達 80 %), 黑潮流域的 C 和 D 站之間亦有 3 種共同種類; 夏季時 A 和 B 站之間有 7 種共同種類, C 和 D 站之間則有 9 種共同種類; 秋季時 A 和 B 站之間即有高達 9 種共同種類, C 和 D 站之間亦有 9 種共同種類; 冬季時 A 和 B 站之間即有 6 種共同種類, C 和 D

站之間有 3 種共同種類。上述情形相較於在相同季節不相同海域的測站情況, 顯然具有很高比例的共同種類, 例如後者以 A 和 D 站比較結果, 在夏季時僅有亞強真哲水蚤和麗隆劍水蚤 2 種, 在冬季時亦僅有達氏宇哲水蚤和麗隆劍水蚤 2 種。

綜觀各季不同測站間的優勢種種類組成變化, 顯見以陸棚海域的 A 和 B 站, 其組成較為明顯集中於前 2 ~ 3 種, 優勢度也明顯較 C 和 D 站者為高; 黑潮流域的 C 和 D 站優勢種組成則較為分散, 優勢度則較 A 和 B 站者為低。再由不同季節的優勢種種類數差異情形來看, A 和 B 站之種類數介於 5 ~ 13 種, 較 C 和 D 站者少 (介於 6 ~ 15 種)。

經個體數百分比計量統計結果, 各站四季之橈足類優勢種組成顯示 (Table 2), A 站的優勢種個體數佔總個體數介於 49.2 ~ 75.7 % 之間, B 站介於 57.4 ~ 65.6 % 之間, C 站介於 43.0 ~ 56.7 % 之間, D 站介於 45.7 ~ 57.7 % 之間。大體而言, 陸棚海域的優勢種個體數百分比比較黑潮流域者為高。

Table 2 Values of summed numerical percentages (%) of dominant species ($Y \geq 0.02$) of planktonic copepods in the seasonal collection at different stations in 2004

Station	Winter	Spring	Summer	Autumn
A	75.7	67.2	69.2	49.2
B	65.6	61.0	61.3	57.4
C	43.1	43.0	56.7	49.4
D	45.7	46.1	53.0	57.7

四、主要優勢種的季節變動

四季優勢度均達 0.02 以上的主要優勢種類 (Table 3), 以麗隆劍水蚤最具代表性, 它在每季的每站均出現, 冬季時優勢度達 0.1335, 居所有種類之冠, 春季時之優勢度僅次於中華哲水蚤的 0.2476, 其中的 A 站豐度達 179 ind./m³ 為四季的最高點, 四季平均豐度介於 14 ~ 55 ind./m³, 呈現較大的變動幅度 (Fig. 4)。針刺擬哲水蚤之四季優勢度雖無一居冠 (夏季時仍僅次於錐形寬水蚤), 但其豐度高、季節變動幅度較大的特性, 與麗隆

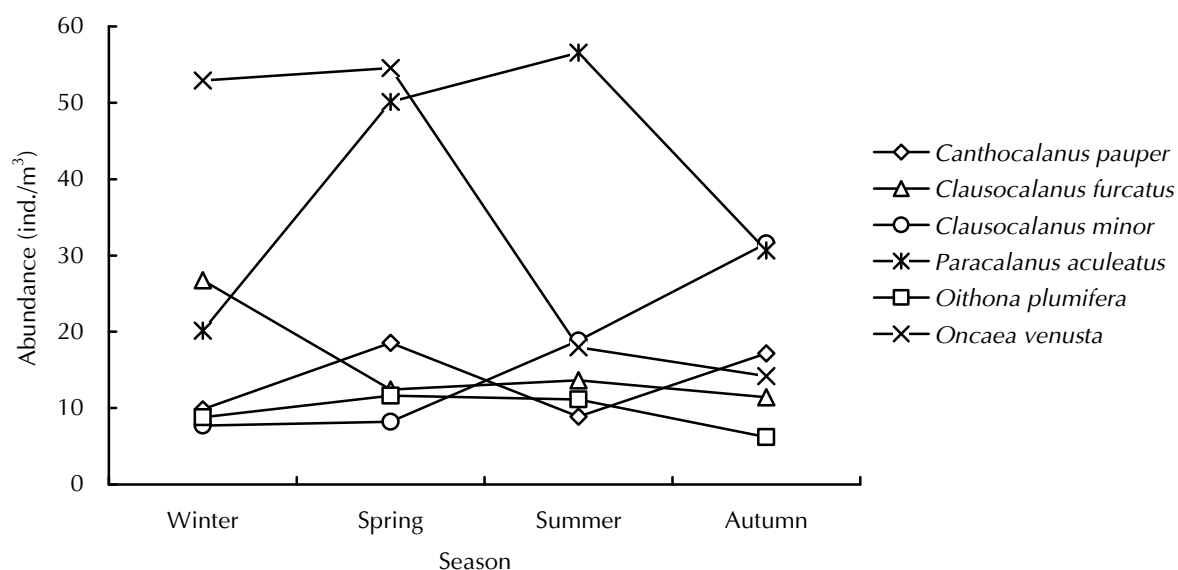


Fig. 4 Seasonal fluctuations in the abundance of the six most dominant copepods collected in 2004.

Table 3 Dominance (Y), abundance (X, individuals/m³), and numerical percentage (%) values of the six dominant species in the different seasons in 2004

Dominant species	Winter			Spring			Summer			Autumn		
	Y	X	%	Y	X	%	Y	X	%	Y	X	%
<i>Oncaea venusta</i>	0.1335	52.92	10.74	0.0967	54.57	7.35	0.0556	17.97	4.50	0.0509	14.18	3.90
<i>Paracalanus aculeatus</i>	0.0392	20.13	3.28	0.0721	50.10	5.24	0.0981	56.57	7.79	0.0883	30.63	6.10
<i>Clausocalanus minor</i>	0.0247	7.71	1.97	0.0305	8.22	2.47	0.0709	18.86	6.14	0.1087	31.57	8.29
<i>Clausocalanus furcatus</i>	0.0515	26.76	4.26	0.0506	12.44	4.16	0.0207	13.63	1.52	0.0348	11.41	2.47
<i>Canthocalanus pauper</i>	0.0392	9.85	2.94	0.0253	18.54	1.86	0.0262	8.87	2.44	0.0577	17.17	4.34
<i>Oithona plumifera</i>	0.0225	8.78	1.82	0.0238	11.64	1.85	0.0414	11.12	3.66	0.0204	6.19	1.50

劍水蚤相似，其夏季平均豐度高達 57 ind./m³，冬季最低時亦達 20 ind./m³。小基齒哲水蚤在秋季時優勢度達 0.1087，居所有優勢種之首，以夏季時 A 站的豐度達 48 ind./m³ 為四季的最高點。至於長尾基齒哲水蚤、微刺哲水蚤和羽長腹劍水蚤之優勢度雖未若前三者，但其豐度之季節變動相對更為穩定。

分屬哲水蚤目、劍水蚤目和鞘口水蚤目的四季優勢種，具有體型小、豐度高、分布廣和季節性變動幅度不大的特徵，在海域生態系統中，應可成為最具舉足輕重的關鍵角色，未來除應繼續追蹤其變化外，在生活史、環境關聯與生產力等

相關研究方面，有必要進一步探討，以做為族群動態解析的基礎。

五、水團指示種

屬於中大體型的中華哲水蚤（體長介於 2.0 ~ 3.5 mm），在西北太平洋的浮游動物群聚動態組成當中，具有極為重要的地位，特別是在中國近海 (Zhu and Chen, 1999; Huang *et al.*, 2000) 和日本沿岸的溫帶海域 (Uye and Yamamoto, 1995; Ohtsuka and Ueda, 1999)，成為主要優勢種之一，中國則已將其列為近海海洋生態系統動態學的關鍵種之一

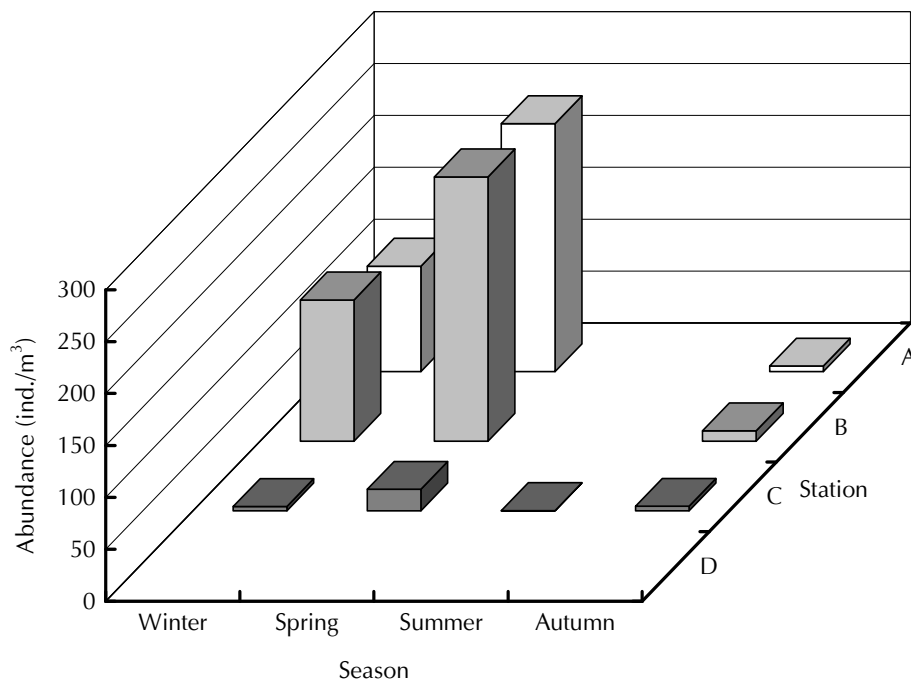


Fig. 5 Seasonal fluctuations in the abundance of *Calanus sinicus* collected at different stations in 2004.

(Chang and Sun, 2001; Wang *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2003)。

中華哲水蚤在西北太平洋邊緣海的分布，主要集中於黃海和東海的西部海域，是唯一四季均成為優勢種的浮游動物 (Xu *et al.*, 2004)，具有豐度高和分布廣的特徵，為東海最重要的橈足類之一。由其季節性豐度平面分布顯示，春季時不但豐度迅速增加，而且高密集區分布在東海南部；夏季時全區豐度雖達到全年最高峰，但主要密集區卻在水溫較低的東海北部，東海南部海域則呈現很低的狀態；秋季之豐度呈大幅度下降，無明顯密集區且分布不均勻；冬季時在東海南部有一小型密集區出現，其他大部分海域豐度較低。

中華哲水蚤非本海域的四季優勢種，其豐度分布不均，季節變動亦極為明顯 (Fig. 5)。春季時大量出現於陸棚區的 A 和 B 站，佔總個體數比率分別高達 17.9 % (豐度為 239 ind./m³) 及 39.5 % (255 ind./m³)；C 站之豐度則明顯不如 A、B 兩站，但佔總個體數比率亦高達 13.0 % (21 ind./m³)；到了夏季，A 站和 B 站完全未見蹤影，僅在 C 站發現 1 隻成熟雌性；秋季時又可在 A、B 和 C 站呈現少量分布；冬季時，A 和 B 站佔總個體數比率

分別高達 12.7 % (102 ind./m³) 及 20.7 % (136 ind./m³)，C 站少量出現，佔總個體數比率僅達 1.5 % (4 ind./m³)。D 站則全年皆未發現中華哲水蚤。

中華哲水蚤在本海域之季節分布與變動情況，與上述東海南部海域類似，但不同的是本海域陸棚區之範圍小及水文特性變化大 (Fig. 6)，導致其分布呈現非常明顯的季節性變化，依分析結果推測應非本地種，可能是被東海南部的黑潮反流 (Chuang *et al.*, 1993) 順著台灣東北部沿海，將原棲息於該海域的中華哲水蚤帶過來。由同步測得之宜蘭灣內整個水體的溫度，冬季介於 18.0 ~ 21.5 °C，春季則介於 18.0 ~ 23.5 °C，而中華哲水蚤的適水溫介於 5 ~ 23 °C (Liu *et al.*, 2003)，可知頗適合其生存；然而夏季的宜蘭灣上層海水溫度可達 27 °C 以上，不利中華哲水蚤的棲息，因而可能是本種未能在 A 和 B 站出現的主因。再者，位於黑潮終年流經的 D 站，表層水溫各季均達 25 °C 以上，夏季更高達 29 °C，四季皆無中華哲水蚤出現，此一結果與 Uye (2000) 的推論相符，亦即黑潮的表層高水溫限制了中華哲水蚤的分布範圍。因此，本研究推論中華哲水蚤應為東海南部水團受渦流影響而進入宜蘭灣周邊海域的指示種。至

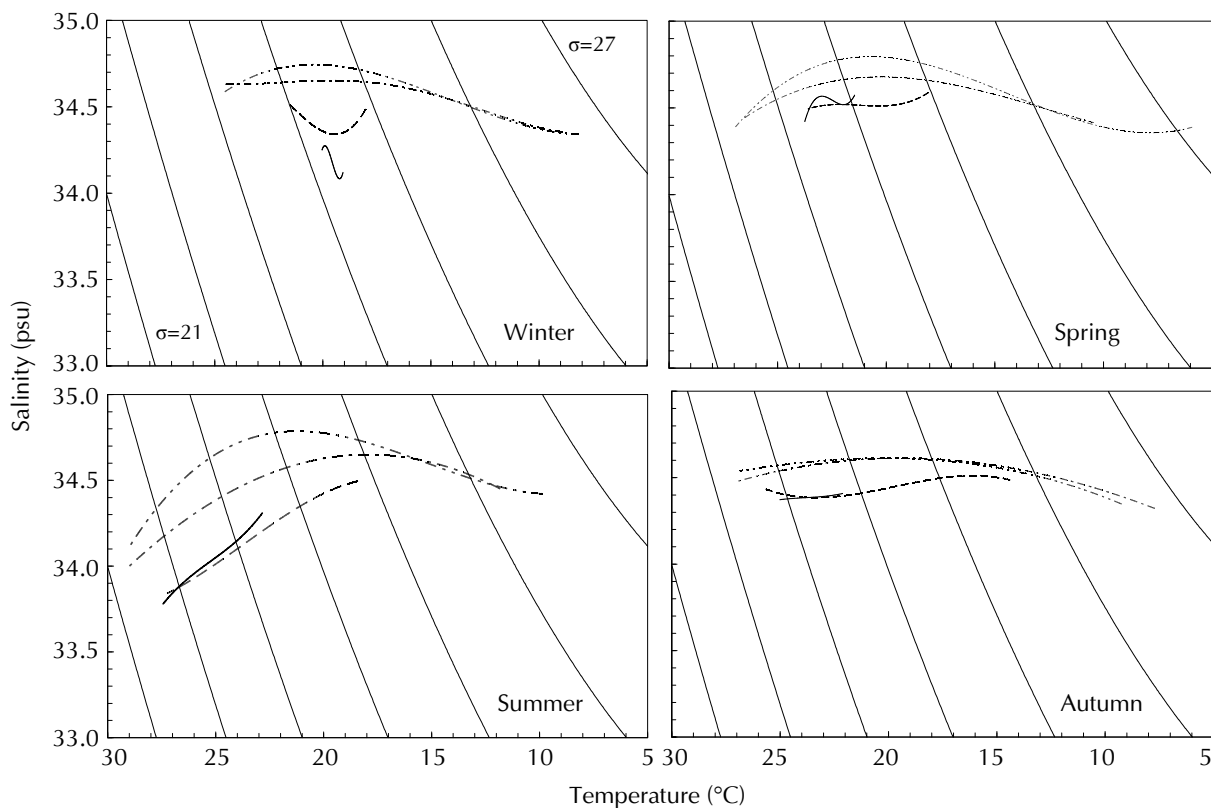


Fig. 6 Temperature-salinity diagrams at stations A (—), B (---), C (- · -), and D (- · · -) in different seasons of 2004.

於本種與渦流之範圍、強度及季節性變化之間的關係，以及它在本海域生態上之重要性與影響程度等，則有待進一步之調查研究。

謝 辭

本文係執行農委會科技計畫 (編號: 93 農科-9.1.1-水-A4(2)) 之部分成果，本所吳副研究員世宏及陳研究助理彥民協助 CTD 原始資料之轉換，以及海建號王船長瑞霖暨全體船員之協助，順利完成最重要的採樣任務，特表由衷的謝忱。特別感謝海洋大學環漁系石客座教授長泰在種類鑑定上之諸多指導，是完成本文的重要基礎。

參考文獻

- Bradford, J. M. (1972) Systematics and ecology of New Zealand central east coast plankton sampled at Kaikoura. N. Z. Oceanogr. Inst. Mem., 54: 1-53.
- Chang, F. and S. Sun (2001) Review on the ecology of the planktonic copepod *Calanus sinicus*. Mar. Sci., 25(11): 16-19 (in Chinese).
- Chen, Q. C. and S. Z. Zhang (1965) The planktonic copepods of the Yellow Sea and the East China Sea, I. Calanoida. Stud. Mar. Sin., 7: 20-131, pls. 1-52 (in Chinese with English summary).
- Chen, Q. C., S. Z. Zhang and C. S. Zhu (1974) On planktonic copepods of the Yellow Sea and the East China Sea, II. Cyclopoida and Harpacticoida. Stud. Mar. Sin., 9: 27-76, pls. 1-24 (in Chinese with English summary).
- Chern, C. S. and J. Wang (1990) On the Kuroshio branch current north of Taiwan. Acta Oceanogr. Taiwan., 25: 55-64.
- Chern, C. S. and J. Wang (1994) Influence of the seasonal thermocline on the intrusion of Kuroshio across the continental shelf northeast of Taiwan. J. Oceanogr., 50: 691-711.
- Chihara, M. and M. Murano (1997) An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan. Tokai Univ. Press, Tokyo, Japan, 649-1004 (in Japanese).
- Chuang, W. S., H. W. Li, T. Y. Tang and C. K. Wu (1993) Observations of the countercurrent on the

- inshore side of the Kuroshio northeast of Taiwan. J. Oceanogr., 49: 581-592.
- Frost, B. and A. Fleminger (1968) A revision of the genus *Clausocalanus* (Copepoda: Calanoida) with remarks on distributional patterns in diagnostic characters. Bull. Scripps Inst. Oceanogr., Univ. Calif., San Diego, U.S.A., 12: 1-235.
- Grice, G. D. (1962) Calanoid copepods from equatorial waters of the Pacific Ocean. Fish. Bull., 61: 171-246.
- Hsiao, S. H., C. Y. Lee, C. T. Shih and J. S. Hwang (2004) Calanoid copepods of the Kuroshio Current east of Taiwan, with notes on the presence of *Calanus jashnovi* Husleemann, 1994. Zool. Stud., 43(2): 323-331.
- Huang, F. P., F. Meng, D. Y. Liu and J. Sun (2000) Distribution of Copepoda in the Kuroshio region in the northern East China Sea. J. Oceanogr. Huanghai Bohai Seas, 18(3): 61-65 (in Chinese with English abstract).
- Huys, R. and G. A. Boxshall (1991) Copepod Evolution. The Ray Society, London, U.K., 468pp.
- Jean, C. T. (1987) Survey on demersal fish resources of baby trawl fishery at Dah-Shi. Bull. Taiwan Fish. Res. Inst., 43: 129-142 (in Chinese with English abstract).
- Lee, D. A., S. H. Wu, I. C. Liao and H. P. Yu (1996) On three species of commercially important sergestid shrimps (Decapoda: Sergestidae) in the coastal waters of Taiwan. J. Taiwan Fish. Res., 4(1): 1-19 (in Chinese with English abstract).
- Lee, I. H. and J. H. Hu (1998) The relation between the I-Lan bight water and the shelf water northeast of Taiwan. Acta Oceanogr. Taiwan., 37(1): 89-103 (in Chinese with English abstract).
- Liu, G. M., S. Sun, H. Wang, Y. Zhang, B. Yang and P. Ji (2003) Abundance of *Calanus sinicus* across the tidal front in the Yellow Sea, China. Fish. Oceanogr., 12(4-5): 291-298.
- Markhaseva, E. L. (1996) Calanoid copepods of the family Aetideidae of the World Ocean. Zool. Inst. Russ. Acad. Sci., St. Petersburg, Russia, 331pp.
- Mauchline, J. (1998) Advances in Marine Biology (Series editors: J. H. S. Blaxter, A. J. Southward and P. A. Tyler), Vol. 33, The Biology of Calanoid Copepods. Academic Press, San Diego, U.S.A., 65-97.
- Meng, F., S. Q. Chen and B. L. Wu (1996) Distribution of biomass of zooplankton in the Kuroshio area of the East China Sea. Acta Oceanol. Sin., 15(3): 365-376.
- Nitani, H. (1972) Beginning of the Kuroshio. In Kuroshio— Its Physical Aspects (H. Stommel and K. Yoshida eds.), Univ. Tokyo Press, Tokyo, Japan, 129-163.
- Ohtsuka, S. and H. Ueda (1999) Zoogeography of pelagic copepods in Japan and its adjacent waters. Bull. Plankt. Soc. Japan, 46(1): 1-20 (in Japanese with English abstract).
- Raymont, J. E. G. (1980) Plankton and Productivity in the Ocean, vol. 2, zooplankton. 2nd Edition. Pergamon Press, New York, U.S.A., 824pp.
- Shih, C. T. Key to the copepod genera occurring in the adjacent waters of Taiwan (unpublished).
- Shih, C. T. and T. S. Chiu (1998) Copepod diversity in the water masses of the southern East China Sea north of Taiwan. J. Mar. Syst., 15: 533-542.
- Uye, S. (2000) Why does *Calanus sinicus* prosper in the shelf ecosystem of the Northwest Pacific Ocean? ICES J. Mar. Sci., 57(6): 1850-1855.
- Uye, S. and F. Yamamoto (1995) In situ feeding of the planktonic copepod *Calanus sinicus* in the Inland Sea of Japan, examined by the gut fluorescence method. Bull. Plankt. Soc. Japan, 42(2): 123-139.
- Wang, R., H. Y. Zhang, K. wang and T. Zuo (2002) Function performed by small copepods in marine ecosystem. Oceanol. Limnol. Sin., 33(5): 453-460 (in Chinese with English abstract).
- Xu, Z. L., X. S. Cui and W. Z. Chen (2004) Species composition and dominant species study on pelagic copepods in the East China Sea. J. Fish. China, 28(1): 35-40 (in Chinese with English abstract).
- Xu, Z. L., M. Jiang, M. Chao, Y. L. Wang, Q. Yuan and Y. Q. Chen (2003) Quantitative distribution of pelagic copepods in the East China Sea. J. Fish. China, 27(3): 258-264 (in Chinese with English abstract).
- Yang, G. M., D. H. He, C. S. Wang, Y. T. Miao and H. H. Yu (1999a) Study on the biological oceanographic characteristics of planktonic copepods in the waters north of Taiwan, I. Abundance distribution. Acta Oceanol. Sin., 21(4): 78-86 (in Chinese with English abstract).
- Yang, G. M., D. H. He, C. S. Wang, Y. T. Miao and H. H. Yu (1999b) Study on the biological oceanography characteristics of planktonic copepods in the waters north of Taiwan, II. Community characteristics. Acta Oceanol. Sin., 21(6): 72-80 (in Chinese with English abstract).
- Yu, H. S. and G. S. Song (2000) Physiographic and geologic frameworks of the shelf-slope region off northeastern Taiwan. Acta Oceanogr. Taiwan., 38: 1-22.
- Zhu, C. S. and X. Chen (1999) Zooplanktonic distribution and community division in northern waters of Taiwan Strait. Trop. Oceanol., 18(3): 66-73 (in Chinese with English abstract).

Seasonal Fluctuations in Planktonic Copepods in Ilan Bay and the Adjacent Kuroshio Waters

Chun-Yein Lee

Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

To examine fluctuations in the fishery resources of the inshore waters off northeastern Taiwan, a long-term investigation and monitoring on planktonic copepods (Crustacea: Copepoda) may be one of the major measures. Plankton samples for copepod studies were collected during four seasonal cruises on board the research vessel *Hai-Chien* on January 7~9, April 20~22, July 22~24, and October 21~23, 2004. Samples were collected using a ring trawl net with a 335- μm mesh size at four fixed stations along a transect extending eastward from Ilan Bay to about 40 nautical miles offshore.

In total, 128 species of copepods belonging to four orders, 25 families, and 49 genera were identified. Five species, i.e., *Canthocalanus pauper*, *Cosmocalanus darwini*, *Clausocalanus minor*, *Oithona plumifera*, and *Oncaea venusta*, were the most widely distributed species that occurred at all stations in each season. Twenty-eight species occurred only once throughout the year. The primary dynamic results showed that copepod abundances ranged from 345 to 1334 individuals (ind.)/ m^3 in continental shelf waters and from 51 to 341 ind./ m^3 in the waters of the Kuroshio Current, but numbers of species were higher in the Kuroshio waters (41~66) than in continental shelf waters (29~58), excluding results in autumn. The species richness increased and the biomass decreased seaward along the transect. Significant seasonal fluctuations in the dominant species composition were observed at all stations, with seasonal replacement rates of between 47.4% and 60.0%. Certain species, e.g., *Calanus sinicus*, might be considered an indicator species of intrusion eddy waters of the East China Sea into Ilan Bay and its adjacent waters.

Key words: Ilan Bay, Kuroshio waters, planktonic copepods, dynamics

*Correspondence: Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Road, Keelung 202, Taiwan.
TEL: (02) 2462-2101; FAX: (02) 2463-3110; E-mail: cylee@mail.tfrin.gov.tw