

淡水河河口海域錐形寬水蚤之時空分布特性

藍揚麒^{1*} · 劉國強¹ · 李季恬² · 吳繼倫¹ · 李明安²

¹行政院農業委員會水產試驗所海洋漁業組

²國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

摘要

本研究調查 2010~2012 年期間，錐形寬水蚤 (*Temora turbinata*) 於淡水河河口海域之時空分布特性。調查期間海域之海水表面溫度介於 17.6~28.9 °C 之間，夏季最高，冬季最低；鹽度變化介於 32.2~34.4 psu 之間，且春季最高，夏季為最低。2012 年聖嬰年期間，春夏季海域之平均溫度與鹽度異於 2010 與 2011 年同期之調查結果，推測與該年春夏期間降雨量激增及 2012 年春季時高溫高鹽的臺灣海峽暖水異常強勢有關。本研究調查期間錐形寬水蚤均分布於各測站，其豐度介於 0.1~89,563 ind./m³ 之間，且大量出現於每年的夏季 (平均為 262~6,768 ind./m³) 及 2012 年春季期間 (7,530.7 ind./m³)，最適溫度與鹽度分別介於 24.9~28.7 °C 與 32.7~33.5 psu 之間。錐形寬水蚤大量出現於各年夏季及 2012 年春季之原因可能為：(1) 原棲息於該海域之族群因春夏期間溫度升高有利其生存而大量繁衍；(2) 部份個體隨臺灣海峽暖水流經本研究海域而加入。

關鍵詞：臺灣海峽，大陸沿岸流，黑潮支流、錐形寬水蚤、淡水河口

前言

淡水河是臺灣北部最大的河川，其出海口海域為臺灣重要的紅樹林生長區域之一，為許多經濟性魚類仔稚魚及成魚的棲息海域 (Wang *et al.*, 1991; Tzeng and Wang, 1992, 1993)，亦為臺灣沿岸海域重要的作業漁場。該海域之水文環境除受降雨及河川淡水注入之影響外，主要受大陸沿岸冷水及臺灣海峽暖水之季節性交替作用所影響 (Jan *et al.*, 2002; Lee and Chao, 2003; Liu *et al.*, 2004)。冬季時，東北季風盛行並推送低溫低鹽之大陸沿岸水由東海沿大陸沿岸進入臺灣海峽，進而影響淡水河河口附近海域環境；夏季西南季風盛行時，高溫高鹽的臺灣海峽暖水受季風之吹送，由南海向北流經臺灣海峽進入淡水河河口附近海域。

浮游動物屬於初級消費者，主要攝食浮游性

植物，且為多數經濟性魚類仔稚魚之餌料生物 (Hunter, 1981; Sanchez, 1998)，因此，在海洋生態系食物階層能量傳遞過程中扮演著相當重要的角色。它們的分布及豐度的變動與其棲習環境的水文狀況有密切的關係 (Hsieh *et al.*, 2004; Lan *et al.*, 2008, 2009)。錐形寬水蚤 (*Temora turbinata*, Dana, 1849) 屬於節肢動物門 (Arthropoda) - 顎足綱 (Maxillopoda) - 哲水蚤目 (Calanoida) - 寬水蚤科 (Temoridae) - 寬水蚤屬 (*Temora*)，其分布範圍相當廣，包括印度洋、西太平洋及大西洋的熱帶、亞熱帶及溫帶沿岸水域 (Vervoort, 1965; Fleminger, 1975; Haedrich and Judkins, 1979; Bradford-Grieve *et al.*, 1999; Ara, 2002)，且為臺灣沿近海域夏季時重要的優勢浮游動物之一 (Hwang *et al.*, 2004, 2006, 2010; Dur *et al.*, 2007; Tseng *et al.*, 2008)。

錐形寬水蚤由於分布廣泛，且為多數沿岸海域的主要優勢種類，因此，在生物及生態學上已有部份著墨，包括它的發育時間與成長率 (Binet, 1977; Chisholm and Roff, 1990b; Roff *et al.*, 1995; Hopcroft *et al.*, 1998b; Hopcroft and Roff, 1998b)、

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號, TEL: (02) 2462-4121
轉 2304; FAX: (02) 2463-3110; E-mail: yclan@mail.tfrin.gov.tw

體長體重關係 (Chisholm and Roff, 1990a; Ara, 2001)、身體化學成份 (Hirota, 1981; Bandaranayake and Gentien, 1982; Uye, 1982; Ara, 2001)、產卵率 (Hopcroft and Roff, 1998a) 及生物量與生產率 (Chisholm and Roff, 1990b; Hopcroft *et al.*, 1998a; Ara, 2002) 等相關研究。在臺灣周邊海域針對錐形寬水蚤之調查研究卻相當有限，僅有 Zhang *et al.* (2009) 探討它夏季時大量出現於長江出海口附近海域的原因，其他相關研究報告僅記錄該種浮游動物為其調查期間海域內的主要優勢物種之一 (Lan *et al.*, 2004; Hsieh *et al.*, 2005; Hwang *et al.*, 2004, 2006, 2010; Dur *et al.*, 2007; Tseng *et al.*, 2008; 藍等, 2012)。因此，本研究針對淡水河河口附近海域進行錐形寬水蚤之時空間分布特性及其與海洋環境變動關係之調查，藉以了解其生態分布特性。

材料與方法

一、環境資料

(一) 水文狀況實地調查

本研究於 2010~2012 年四季 (冬季：1月；春季：4月；夏季：7月；秋季：10月) 期間，利用海研二號試驗船於淡水河出海口附近海域之 19 個測站進行水文資料蒐集及浮游動物樣本採樣 (Fig. 1)。2012 年冬季 (1月) 之調查航次因天候及船期安排等因素改於 3 月執行。水文資料係利用溫鹽深度儀 (CTD, SBE 911 plus CTD System) 下放至離海底約 5 m 深度，並記錄海水之溫度、鹽度及深度資料，再透過 SeaBird 公司提供之軟體 (Seasoft V4.202) 轉換成數位 (ASC II) 資料後，繪製成溫度水平分布圖，藉以了解研究海域之水文分布特性。

(二) 衛星遙測

另透過國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系高解析影像接收系統取得 2010~2012 年 4 月期間之 NOAA/AVHRR 衛星海水表面溫度影像圖藉以了解臺灣海峽內之水文分布情形，其影像解析度為 1.1 km。

(三) 淡水地區降雨量

本調查海域位於淡水河河口附近海域，其水文狀況亦受淡水地區降雨量之影響，因此，本研究亦蒐集經濟部水利署之水利統計資料，藉以了解本研究期間淡水地區之降雨量變動情形及其對淡水河河口附近海域水文狀況之影響。

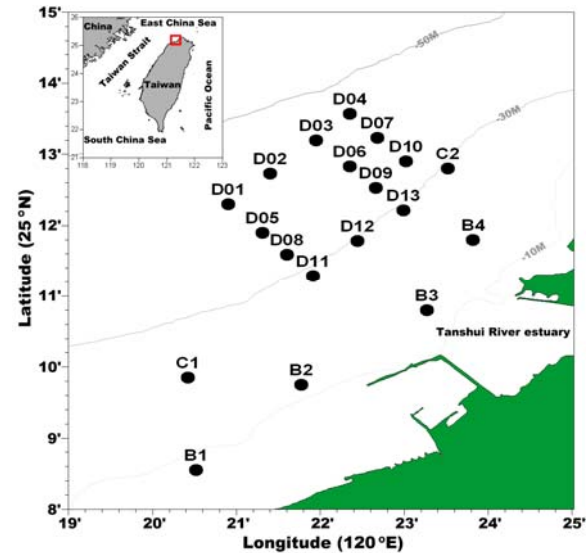


Fig. 1 The sampling stations in the Tanshui River estuary.

二、浮游動物資料

(一) 樣本採集及分類

浮游動物樣本採集係利用網口直徑大小為 45 cm，網目大小為 330 μm 之北太平洋浮游動物網，以斜拖的方式採集海水表面至離底約 5 m 左右整個水層之浮游動物，並於網口結附一個流量計，藉以計算網口過濾海水之體積。採集上船之浮游動物先以 5~10% 福馬林海水溶液保存，帶回實驗室後再利用二分法，將浮游動物樣本分割至橈足類含量約 300~500 隻左右之子樣本，再針對橈足類進行物種鑑定，並儘可能鑑定至種的層級，並計算各個測站錐形寬水蚤之豐度 (abundance)。橈足類之鑑定係以 Frost and Fleminger (1968)、Nishida (1985)、Park (1995)、Chihara and Murano (1997)、鄭等 (1964, 1980) 及陳與章 (1965) 等之分類圖鑑作為依據。

(二) 最適溫度與鹽度分析

各種生物均有其最適於生存的環境條件，而其生存的環境並非恆定不變的，環境因子之變動

Table 1 Abundance (ind./m³) of *Temora turbinata* at each sampling station, and the mean temperature (mT) and salinity (mS) in this study area

Station	Jan. 2010	Apr. 2010	Jul. 2010	Oct. 2010	Jan. 2011	Apr. 2011	Jul. 2011	Oct. 2011	Mar. 2012	Apr. 2012	Jul. 2012	Oct. 2012
B1	1.2	2.4	6802.2	65.1	4.9	153.6	19.2	2.1	151.3	4394.1	188.9	0.8
B2	2.0	3.1	9587.6	73.3	7.7	145.4	724.2	7.3	166.7	1728.7	45.5	8.2
B3	1.6	8.2	11563.1	30.3	8.1	141.0	315.8	13.4	54.9	1094.2	1485.7	23.7
B4	0.2	5.1	4583.1	20.2	8.8	26.5	1232.1	39.3	46.5	1120.4	510.1	4.9
C1	0.5	1.4	7045.8	76.5	5.3	147.3	60.0	0.9	165.3	1407.6	75.1	5.3
C2	6.1	5.1	8297.0	68.9	4.9	185.8	1146.5	58.7	68.7	6904.2	130.4	10.5
D1	2.6	10.6	9995.9	25.9	10.6	55.8	174.7	4.7	25.2	3889.2	426.9	27.4
D2	9.2	13.7	5821.0	17.7	1.4	38.3	3004.5	41.5	40.7	2100.0	532.9	12.3
D3	25.7	9.9	5998.8	5.1	3.2	70.3	1650.9	34.1	71.5	1104.7	47.9	17.4
D4	2.1	75.5	5834.2	17.7	3.2	260.8	10408.0	58.3	25.0	2666.3	96.7	39.6
D5	2.7	8.5	12669.3	10.1	1.8	33.5	1016.0	5.0	16.7	809.4	32.7	33.9
D6	3.8	6.5	6440.0	11.4	2.5	246.0	1269.2	50.3	64.3	3332.4	10.2	34.9
D7	7.7	3.1	4833.3	38.6	2.1	187.9	1465.2	46.7	2.4	9247.4	260.4	9.6
D8	0.2	3.4	6143.7	13.3	0.7	57.2	1208.9	2.8	72.2	2661.6	22.6	217.6
D9	13.1	9.6	4234.1	12.0	1.1	24.9	5842.1	13.1	147.9	8404.8	508.7	22.6
D10	1.6	5.8	4734.5	86.0	0.7	21.4	995.1	48.3	44.2	89562.9	177.1	25.6
D11	0.1	2.0	4648.9	26.6	1.8	7.0	2927.6	0.7	10.0	1212.6	39.6	15.8
D12	3.2	4.4	5893.5	1.9	4.9	69.8	2233.0	9.1	44.9	128.8	19.9	8.8
D13	0.9	4.1	3470.2	7.0	0.4	116.6	115.1	6.7	44.2	1314.0	365.8	9.3
mean	4.4	9.6	6768.2	32.0	3.9	104.7	1884.6	23.3	66.5	7530.7	262.0	27.8
mT (°C)	18.4	21.3	28.7	26.5	18.1	22.3	28.7	24.4	20.4	24.8	27.9	24.9
mS (psu)	33.3	33.8	33.0	33.5	33.5	34.2	33.5	33.6	33.6	33.4	32.7	33.3

對生物有利，其族群則得以繁衍，反之則抑制其發展甚或滅絕。為分析錐形寬水蚤於淡水河河口附近海域最適合生存的溫度與鹽度範圍，本研究參照 Lehodey *et al.* (1997) 之加權平均方法，計算該種水蚤於各調查月份之加權平均溫度與鹽度，作為其最適溫度與鹽度，其計算式如下所示：

$$X = \sum_{i=1}^n A_i \times Y_i$$

X：加權平均溫度或鹽度(=最適溫度或鹽度)

A_i：錐形寬水蚤於第 i 測站之豐度值

Y_i：第 i 測站深度 5 m 之溫度或鹽度

n：測站總數

結 果

一、環境狀況

(一) 水文狀況實地調查

本研究調查期間淡水河河口附近海域海水表面 (5 m) 溫度變化介於 17.6 ~ 28.9 °C 之間 (Fig. 2)，冬季至夏季期間海域平均溫度呈上升趨勢，且於夏季達最高；7~10月期間則呈下降趨勢 (Table 1)。在年間變動方面，2012 年 4 月之海水溫度明顯高於前二年同期之調查結果，但在 2012 年 7 月及 10 月期間則明顯低於前二年同期之調查結果。2012 年春季調查海域內的海水平均溫度平均為 24.8 °C，分別較 2010 年與 2011 年同期之平均溫度高 3.5 與 2.5 °C。2012 年夏季之海水平均溫度為 27.9 °C，較前二年同期 (均為 28.7 °C) 低 0.8 °C。

研究海域內的鹽度變化則介於 32.2 ~ 34.4 psu 之間 (Fig. 3)，其空間分布大致呈近岸低離岸

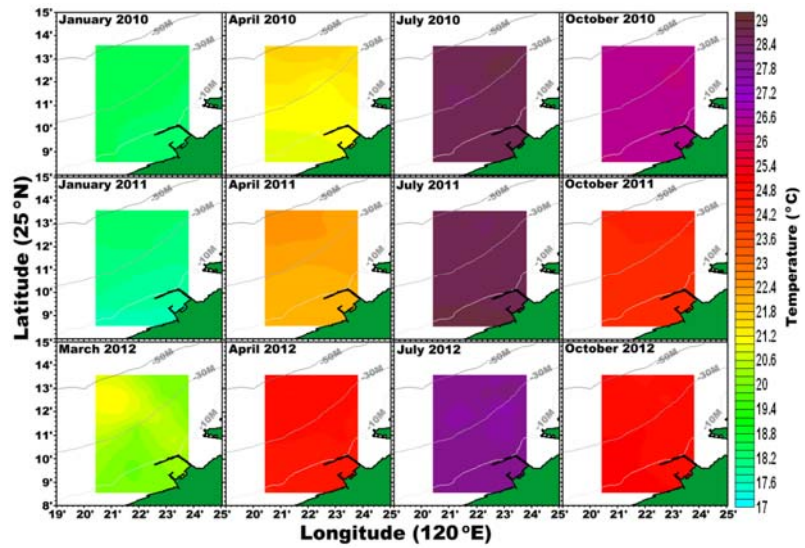


Fig. 2 Spatial distribution of the sea surface temperature (at 5 m) in each sampling month in this study.

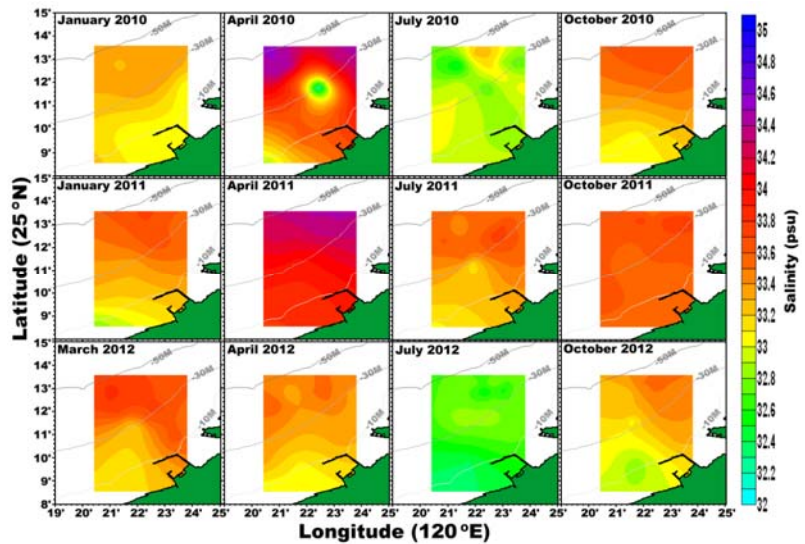


Fig. 3 Spatial distribution of the sea surface salinity (at 5 m) in each sampling month in this study.

高之現象；2010 與 2011 年春季之平均鹽度分別為 33.8 與 34.2 psu，均為當年度最高者，2012 年春季之平均鹽度為 33.4 psu，僅低於同年 3 月之調查航次 (33.6 psu)；且各年度夏季之平均鹽度 (32.7 ~ 33.5 psu) 均較同年度其他季節之調查結果為低，其中又以 2012 年夏季之平均值 32.7 psu 為最低 (Table 1)。

(二) 衛星遙測調查

本研究透過 CTD 進行海水之溫度與鹽度測量，發現 2012 年春季調查海域海水之平均溫度較 2010 與 2011 年同期之平均溫度高 2.5 °C 以上，為了解本研究海域之水文環境是否受臺灣海峽內不同水團間之空間推移所影響，因此，另透過 2010 ~ 2012 年 4 月期間臺灣海峽之衛星

遙測海水表面溫度影像圖 (Fig. 4) 以了解海峽內水團分布之年間差異。其結果顯示：海峽東側於 4 月期間有一水溫高於 23°C，沿著臺灣西側沿岸由南向北延伸之暖水舌，且其流勢呈現逐年增加的趨勢，其 23 °C 等溫線於 2012 年 4 月時可向北影響至 26.5°N 之東海南部海域。

(三) 淡水地區降雨量變動

淡水河河口附近海域之水文環境除受海流的季節性變動、潮汐及人為污染等影響外，亦受大氣之變動所影響。降雨則是影響海洋環境的因素之一，其影響形式除了以雨水直接降落至海洋中外，另可透過降落至陸地，再經河川及湖泊等匯聚後注入海水之中。淡水地區 2010 ~ 2012 年 3 個月累計之降雨量曲線如 Fig. 5 所示：除 2011

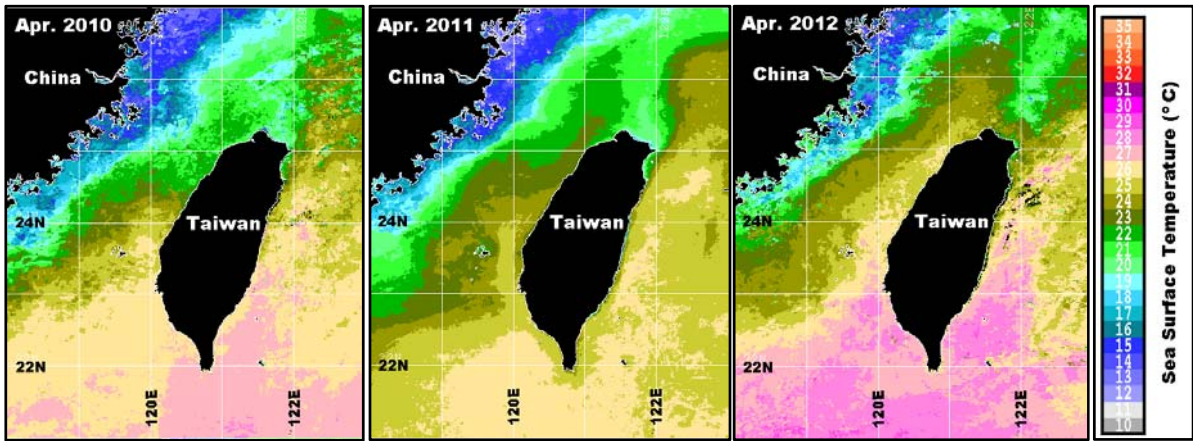


Fig. 4 Spatial distribution of the sea surface temperature (NOAA AVHRR image) from April 2010-2012.

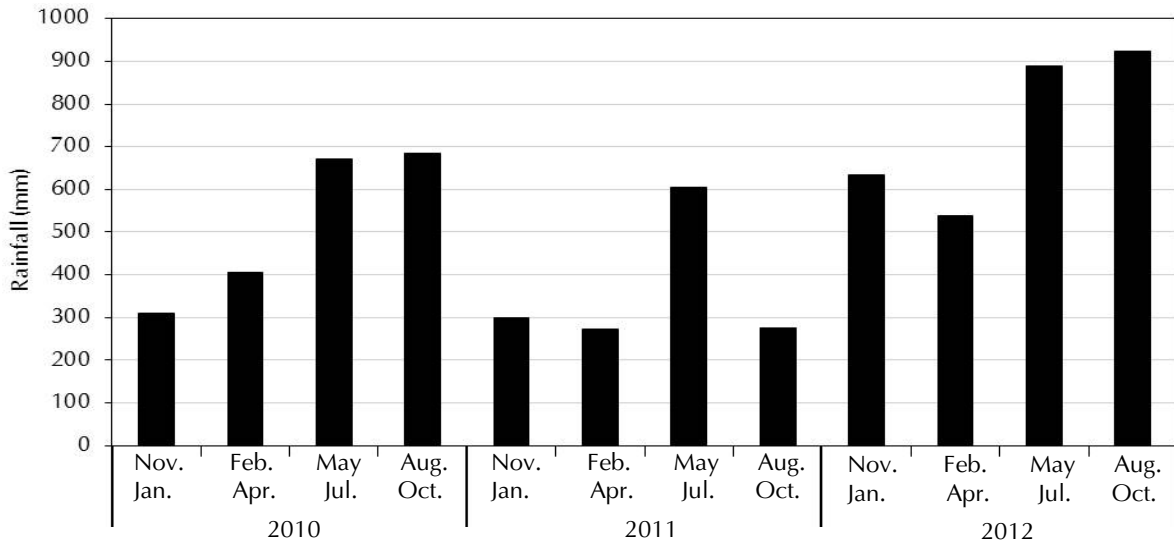


Fig. 5 A three-month-accumulated rainfall in the Tanshui area of Taiwan from November 2009 to October 2012.

年 8 ~ 10 月之累計降雨量 (276.6 mm) 較低外，各年度 5 ~ 7 月及 8 ~ 10 月兩時期之累計降雨量均高於同年度其餘兩時期；年間變動方面，2012 年各時期之累計降雨量介於 538.6 ~ 924.3 mm 之間，均高於 2010 與 2011 年同期之降雨量；2012 年 2 ~ 4 月期間之累計降雨量為 538.6 mm，分別為 2010 與 2011 年同期之 1.3 與 2.0 倍；5 ~ 7 月期間之累計降雨量為 890.0 mm，分別為 2010 與 2011 年同期之 1.3 與 1.5 倍。

二、錐形寬水蚤時空間分布狀況

本研究調查期間各測站錐形寬水蚤之豐度介於 0.1 ~ 89,563 ind./m³之間 (Table 1)，且大量出現

於每年夏季及 2012 年春季期間。2010 ~ 2012 年夏季期間之平均豐度分別為 6,768.2、1,884.6 及 262.0 ind./m³；除 2012 年春季以外，2010 ~ 2012 年冬、春及秋季調查期間錐形寬水蚤之平均豐度變動介於 3.9 ~ 104.7 ind./m³；2012 年春季之平均豐度為 7,530.7 ind./m³。淡水河河口海域內錐形寬水蚤於浮游動物中所佔比例如 Table 2 所示，全年各調查測站均有採得樣本，其平均所佔比例介於 1.5 ~ 76.2%，且其值於各年度夏季及 2012 年春季為最高 (22.5 ~ 76.2%)，其他調查季節較低 (1.5 ~ 11.0%)。

在空間分布方面，錐形寬水蚤於本調查海域無明顯的分布趨勢 (Fig. 6)：2010 年夏季主要分布於淡水河出海口附近，北部海域之豐度值較低；2011

Table 2 Percentage (%) of *Temora turbinata* in the total abundance of zooplankton at each sampling station

Station	2010				2011				2012			
	Jan.	Apr.	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Jul.	Oct.	Jan.	Apr.	Jul.	Oct.
B1	5.0	1.1	85.2	9.6	1.3	16.6	15.0	2.4	9.9	48.0	53.8	0.3
B2	5.5	1.2	84.0	8.3	2.2	23.1	45.2	5.0	3.5	68.2	20.0	1.6
B3	9.0	3.9	87.1	5.2	1.8	6.5	46.3	6.0	2.5	30.8	22.6	0.6
B4	4.4	1.5	67.6	3.2	2.5	4.4	50.9	8.4	5.4	31.5	16.5	1.7
C1	2.6	1.2	84.9	9.6	1.5	18.2	23.0	3.0	10.1	60.5	37.3	1.4
C2	3.8	2.2	65.7	9.2	2.4	10.8	79.9	7.5	5.4	69.4	20.5	2.9
D1	5.7	7.2	84.6	3.2	4.7	6.8	46.8	3.9	1.2	12.8	28.9	3.1
D2	9.5	9.7	66.9	2.7	0.9	9.3	40.1	11.1	3.8	18.5	20.3	8.3
D3	16.1	6.3	68.6	1.3	1.2	11.9	91.7	13.7	4.6	27.2	5.0	3.5
D4	5.0	34.1	79.7	3.8	2.2	21.9	90.5	10.8	2.9	35.2	7.5	11.0
D5	6.2	5.7	92.2	1.7	0.9	4.8	44.2	3.0	0.6	34.4	9.3	8.2
D6	7.7	4.2	74.4	1.9	0.8	7.6	88.2	4.6	4.2	48.5	3.1	8.2
D7	7.2	1.7	70.1	6.7	1.3	22.0	93.8	7.5	0.8	68.1	41.4	1.7
D8	4.7	2.7	83.9	2.2	0.3	5.7	43.8	4.0	2.1	51.1	10.0	7.3
D9	7.5	5.7	67.5	2.9	0.6	6.4	74.3	4.1	5.6	77.0	39.4	7.7
D10	4.3	2.8	64.4	14.8	0.5	5.9	66.3	10.5	3.0	80.9	35.8	1.6
D11	1.8	1.3	90.1	3.7	0.6	0.8	53.0	2.5	1.5	58.2	9.7	3.0
D12	7.9	2.4	75.6	0.4	2.0	13.2	75.0	4.6	3.4	25.6	6.8	1.5
D13	5.6	2.7	56.2	2.3	0.2	13.1	47.3	3.5	5.4	44.1	39.8	2.5
Average	6.3	5.1	76.2	4.9	1.5	11.0	58.7	6.1	4.0	46.8	22.5	4.0

年夏季之分布情形則與前年同期相反，主要於北部海域有較高的豐度值，淡水河出海口附近及南部海域之豐度值相對較低；2012 年夏季則主要分布於淡水河出海口附近及西北海域，其餘測站之豐度值較低。

本研究調查期間各測站均有採集到錐形寬水蚤之樣本，其分布海域之溫度與鹽度（深度5 m）分別介於 17.6 ~ 28.9 °C 與 32.2 ~ 34.4 psu 之間。各調查期間內錐形寬水蚤之最適溫度與鹽度如 Fig. 7 所示，分別介於 17.6 ~ 28.9 °C 與 32.7 ~ 34.2 psu 之間；其於大量出現之調查期間內（各年度夏季及 2012 年春季）之最適溫度與鹽度分別介於 24.9 ~ 28.7 °C 與 32.7 ~ 33.5 psu 之間。

討 論

一、水文狀況

淡水河河口海域位於臺灣海峽東北部海域，

冬季時東北季風盛行，推送低溫低鹽的大陸沿岸水由東海向南進入臺灣海域，進而影響本研究海域 (Jan *et al.*, 1998, 2002)，且因海域受日照時間短，因此，各年度冬季調查海域之平均溫度均為當年度最低者 (Fig. 7, 實線)；爾後隨著東北季風減弱，西南季風逐漸盛行，大陸沿岸水逐漸向北退流，而高溫高鹽之南海表層水由南海向北流經臺灣海峽形成臺灣海峽暖水，因此，淡水河河口海域海水溫度逐漸上升，並於夏季達最高；秋季時，西南季風轉弱，東北季風再次形成且轉強，使得海域溫度逐漸下降。

2012 年為聖嬰年，由 2010 ~ 2012 年期間 4 月臺灣海峽之衛星遙測海水表面溫度影像圖 (Fig. 4) 可發現，高溫高鹽的臺灣海峽暖水於 2012 年 4 月時較前二年為強勢，其高溫水舌由南向北流經淡水河河口海域，因此，調查海域內海水平均溫度較前二年高 2.5 °C 以上。2012 年夏季期間海水之平均溫度較前二年同期低約 0.8 °C 可能與當時降雨量大幅增加及調查期間正值

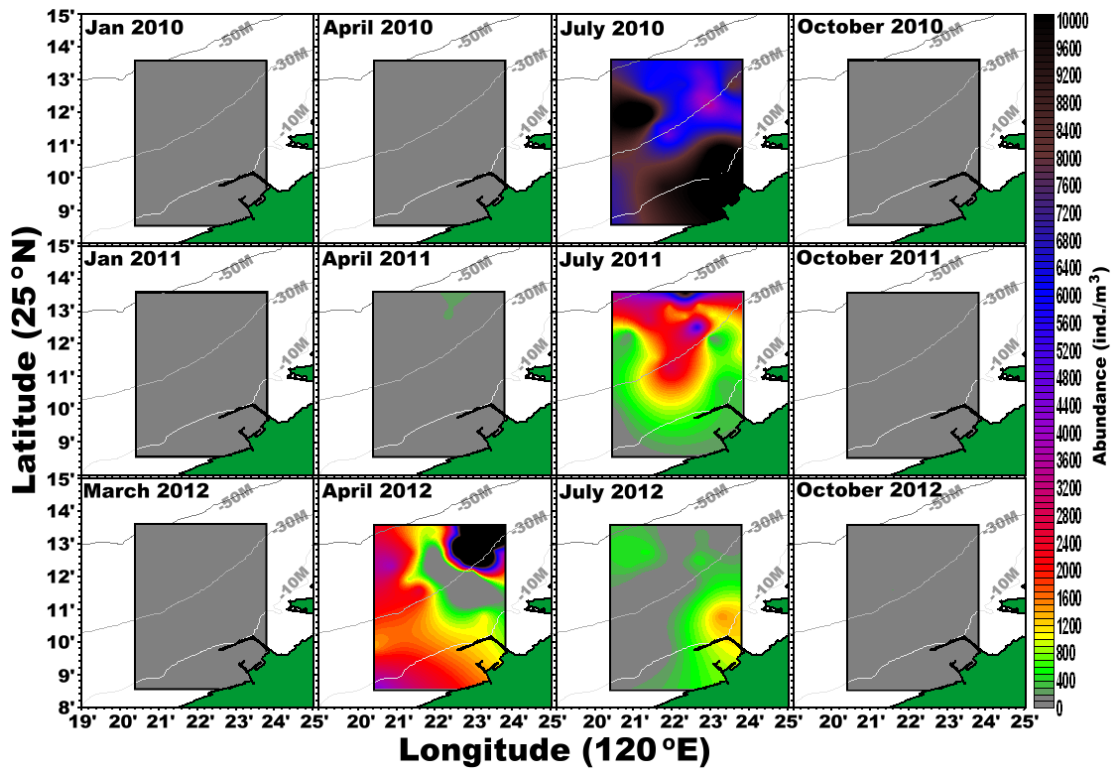


Fig. 6 Spatial distribution of *Temora turbinata* in each sampling month in this study.

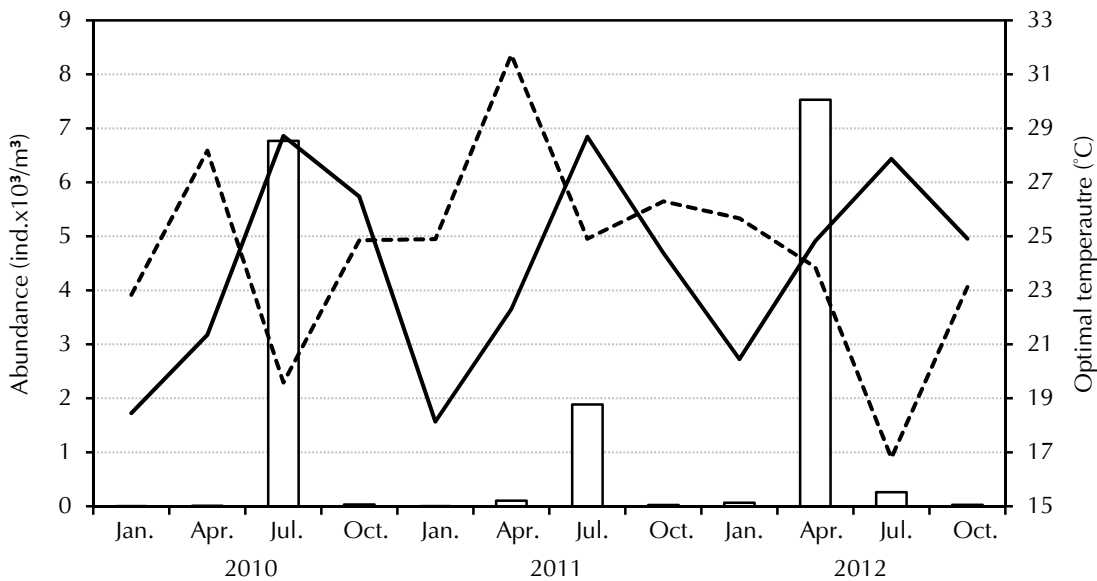


Fig. 7 Illustration of the optimal temperature (solid line) and salinity (dotted line), and the abundance (bar chart) of *Temora turbinata* in this study area.

泰利颱風過後所影響。

在海水平均鹽度的變動方面 (Fig. 7, 虛線), 2010 ~ 2011 年之平均鹽度均以春季為最高, 夏季為最低, 而 2012 年因 1 月份調查航次因受限於惡劣天氣及船隻使用限制之影響而無法執行, 但

夏季之平均鹽度亦低於春季之調查結果, 且為當年度最低者。淡水河出海口海域冬季時主要受低鹽度之大陸沿岸水所影響, 因此海水之平均鹽度較低, 2010 ~ 2011 年冬季期間其值介於 33.2 ~ 33.5 psu 之間; 但春季時, 由於高鹽度的臺灣海峽

暖水沿臺灣西側沿岸由南向北流至本研究海域，因此，春季之調查結果顯示其平均鹽度大幅提高；而 5~10 月份為淡水地區之豐水期，因此，夏季除受臺灣海峽暖水影響外，亦受大量降雨（梅雨及颱風等）及河川水注所影響，使得夏季調查期間海水之平均鹽度均為各調查年度最低者。此外，2012 年春、夏及秋季之海水平均鹽度均較前二年同期之調查結果為低，可能與該年度降雨量大幅增加有關。其中 2012 年 7 月期間因正值泰利颱風過後所影響，大量的淡水注入使得海域內的鹽度低於前二年同期之調查結果。

二、錐形寬水蚤時空間分布狀況

本研究調查期間淡水河河口海域一年四季各測站均可發現錐形寬水蚤之蹤跡，但主要大量出現於夏季及 2012 年春季期間，因此，推測該種類有部份屬於常年生活於該海域之族群。以往在臺灣沿近海域有關浮游動物族群結構之調查報告亦指出錐形寬水蚤為夏季時的主要優勢浮游動物 (Hwang *et al.*, 2004, 2006, 2010; Dur *et al.*, 2007; Tseng *et al.*, 2008)。錐形寬水蚤是一種廣泛分布於各大洋熱帶、亞熱帶及溫帶沿岸海域的橈足類 (Vervoort, 1965; Fleminger, 1975; Haedrich and Judkins, 1979; Bradford-Grieve *et al.*, 1999; Ara, 2002)，Ara (2002) 於南太平洋巴西沿岸海域之調查結果亦顯示該種橈足類全年均分布於其調查海域，海水溫度變化介於 18.6~29.6 °C，鹽度變化介於 8~33 psu，顯示其適溫適鹽範圍較寬。Bradford (1977) 於紐西蘭沿岸海域之調查結果顯示，錐形寬水蚤適於生存之水溫高於 15 °C。Hopcroft and Roff (1998b) 報告顯示牙買加沿岸海域錐形寬水蚤可適應 27~30 °C 較高的水溫，而本研究調查結果亦顯示其於水溫介於 24.9~28.7 °C 之高溫海域有較高之豐度值，為該種水蚤於淡水河河口附近海域之最適溫度分布範圍。而鄭等 (1992) 報告指出，錐形寬水蚤屬於高溫低鹽種類，其於長江出海口以南海域主要分布於各河口、近岸水域，且於夏秋兩季數量較多、冬春兩季很少。本研究期間秋季時錐形寬水蚤之豐度均相當低（平均值介於 23.3~32.0 ind./m³ 之間），另於 2012 年春季有較高之豐度值 (7,530.7 ind./m³)，與

鄭等 (1992) 之結果有所差異，可能與大陸沿岸水及臺灣海峽暖水於臺灣海峽內流勢強弱改變而產生推移之現象有關。

由 2010~2012 年期間 4 月份臺灣海峽之衛星遙測海水表面溫度影像圖 (Fig. 4) 顯示，高溫高鹽的臺灣海峽暖水於 2012 年 4 月時較前二年強勢，其高溫水舌由南向北流經淡水河河口海域。Zhang *et al.* (2010) 記錄錐形寬水蚤於 2004 年 8 月 (夏季) 時大量出現於長江出海口附近海域，而該種類以往未曾出現於該海域，推測與全球暖化造成臺灣海峽暖水異常強勢，該種類隨其經由臺灣海峽向北流至該海域。Lan *et al.* (2004) 調查 2001 年 5 月 (春季) 期間，臺灣海峽北部海域及淡水出海口附近海域之橈足類種類組成，其結果顯示：錐形寬水蚤為淡水河出海口及黑潮支流 (或臺灣海峽暖水) 之優勢種類，且於淡水河出海口附近之測站豐度最高 (25.1~63.8 ind./m³)，其南部受黑潮支流影響之沿岸測站 (距淡水河出海口約 60~80 海浬) 亦有較高之豐度值 (23.5~41.6 ind./m³)。因此，臺灣海峽暖水流經本研究海域時，原生活於其中之高豐度錐形寬水蚤將隨海流而進入本研究海域。綜上所述，本研究調查期間內，錐形寬水蚤於各年度夏季及 2012 年春季大量出現在淡水河河口海域可歸納成兩個原因：(1) 錐形寬水蚤一年四季均可發現於該海域，冬春季期間原棲息於該海域之族群因春夏期間海水溫度升高有利其生存而大量繁衍；(2) 部份個體隨臺灣海峽暖水流經本研究海域而加入。

參考文獻

- 陳清潮, 章淑珍 (1965) 黃海和東海的浮游橈足類 I (哲水蚤目). 海洋科學集刊, 7: 20-131.
- 鄭重, 張松, 李松, 方金釧, 賴瑞卿 (1964) 中國海洋浮游橈足類(上卷). 上海科學技術出版社, 中國, 210 pp.
- 鄭重, 李松, 李少菁, 陳柏云 (1980) 中國海洋浮游橈足類(中卷). 上海科學技術出版社, 162 pp.
- 藍揚麒, 李季恬, 洗宜樂, 李明安, 吳繼倫, 蔡萬生 (2012) 2008年澎湖寒害對海域內浮游性橈足類群聚之影響. 水產研究, 20(2): 1-10.
- Ara, K. (2001) Length-weight relationships and chemical content of the planktonic copepods in the Cananeia Lagoon estuarine system, Sao Paulo,

- Brazil. Plankton Biol. Ecol., 48: 121-127.
- Ara, K. (2002) Temporal variability and production of *Temora turbinata* (Copepoda: Calanoida) in the Cananea Lagoon estuarine system, Sao Paulo, Brazil. *Sci. Mar.*, 66(4): 399-406.
- Bandaranayake, W. M. and P. Gentien (1982) Carotenoids of *Temora turbinata*, *Centropages furcatus*, *Undinula vulgaris* and *Euchaeta russelli*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 72B: 409-414.
- Binet, D. (1997) Cycles biologiques et migrations ontogenetique chez quelques copepods pelagiques des eaux Ivoiriennes. *Cah. O.R.S.T.O.M., Ser. Oceanogr.*, 15: 111-138.
- Bradford, J. M. (1977) Distribution of the pelagic copepod *Temora turbinata* in New Zealand coastal waters, and possible trans-tasman population continuity, *New Zealand J. Mar. and Freshwater Res.*, 11(1): 131-144.
- Bradford-Grieve, J. M., E. L. Markhaseva, C. E. F. Rocha and B. Abiahy (1999) Copepoda. *In* South Atlantic Zooplankton (D. Boltovskoy ed.), Backhuys Pub., Leiden, 869-1098.
- Chihara, M. and M. Murano (1997) An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan. Tokai University Press, 649-1004.
- Chisholm, L. A. and J. C. Roff (1990a) Size-weight relationships and biomass of tropical neritic copepods off Kingston, Jamaica. *Mar. Biol.*, 106: 71-77.
- Chisholm, L. A. and J. C. Roff (1990b) Abundance, growth rate, and production of tropical neritic copepods off Kingston, Jamaica. *Mar. Biol.*, 106: 79-89.
- Dana, J. D. (1849) *Conspectus Crustaceorum, in orbis terrarium circum-navigazione, C. Wilkes, e classe Reipublicae Foederate duce, collect-orum.* Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, 2: 9-61.
- Dur, G., J. S. Hwang, S. Souissi, L. C. Tseng, C. H. Wu, S. H. Hsiao and Q. C. Chen (2007) An overview of the influence of hydrodynamics on the spatial and temporal patterns of calanoid copepod communities around Taiwan. *J. Plankton Res.*, 29: i97-i116.
- Fleminger, A. (1975) Geographical distribution and morphological divergence in American coastal zone planktonic copepods of the genus Labidocera. *In* Chemistry, Biology and the Estuarine System (L. E. Cronin ed.), Academic Press, New York, 392-419.
- Frost, B. and A. Fleminger (1968) A revision of the genus Clausocalanus (COPEPODA: CALANOIDA) with remarks on distributional patterns in diagnostic characters. University of California Press, 235 pp.
- Haedrich, R. L. and D. C. Judkins (1979) Macrozooplankton and its environment. *In* Zoogeography and Diversity in Plankton (S. Van der Spoel and A. C. Pierrot-Bults eds.), Edward Arnold, London, 4-28.
- Hirota, R. (1981) Dry weight and chemical composition of the important zooplankton in the Setonaikai (Inland Sea of Japan). *Bull. Plankton Soc. Japan*, 28: 19-24.
- Hopcroft, R. R. and J. C. Roff (1998a) Zooplankton growth rates: the influence of female size and resources on egg production of tropical marine copepodites. *Mar. Biol.*, 132: 79-86.
- Hopcroft, R. R. and J. C. Roff (1998b) Zooplankton growth rates: the influence of size in nauplii of tropical marine copepodites. *Mar. Biol.*, 132: 87-96.
- Hopcroft, R. R., J. C. Roff and D. Lombard (1998a) Production of tropical copepods in Kingston Harbour, Jamaica: the importance of small species. *Mar. Biol.*, 130: 593-604.
- Hopcroft, R. R., J. C. Roff, M. K. Webber and J. D. S. Witt (1998b) Zooplankton growth rates: the influence of size and resources in tropical marine copepodites. *Mar. Biol.*, 132: 67-77.
- Hsieh, C. H., T. S. Chiu and C. T. Shih (2004) Copepod diversity and compositions as indicators of intrusions of the Kuroshio Branch Current into the northern Taiwan Strait in spring 2000. *Zool. Stud.*, 43: 393-403.
- 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. Freshwater. Res.*, 56: 153-161.
- Hunter, J. R. (1981) Feeding ecology and predation of marine fish larvae. *In* Marine Fish Larvae (R. Lasker ed.), Washington Sea Grant Pub., Seattle, 34-77.
- Hwang, J. S., Y. Y. Tu, L. C. Tseng, L. S. Fang, S. Souissi, T. H. Fang, W. T. Lo, W. H. Twan and Q. C. Chen (2004) Taxonomic composition and seasonal distribution of copepod assemblages from waters adjacent to nuclear power plant I and II in northern Taiwan. *J. Mar. Sci. Technol.*, 12: 380-391.
- Hwang, J. S., S. Souissi, L. C. Tseng, L. Seuront, F. G. Schmitt, L. S. Fang, S. H. Peng, C. H. Wu, S. H.

- Hsiao, W. H. Twan, T. P. Wei, R. Kumar, T. H. Fang, Q. C. Chen and C. K. Wong (2006) A 5-year study of the influence of the northeast and southwest monsoons on copepod assemblages in the boundary coastal waters between the East China Sea and the Taiwan Strait. *J. Plankton Res.*, 28: 943-958.
- Hwang, J. S., R. Kumar, C. W. Hsieh, A. Y. Kuo, S. Souissi, M. H. Hsu, J. T. Wu, W. C. Liu, C. F. Wang and Q. C. Chen (2010) Patterns of zooplankton distribution along the marine, estuarine, and riverine portions of the Danshuei Ecosystem in Northern Taiwan. *Zool. Stud.*, 49(3): 335-352.
- Jan, S., C. S. Chern and J. Wang (1998) A numerical study of currents in the Taiwan Strait during winter. *Terre. Atm. Oceanic Sci.*, 9: 615-642.
- Jan, S., J. Wang, C. S. Chern and S. Y. Chao (2002) Seasonal variation of the circulation in the Taiwan Strait. *J. Mar. Syst.*, 35: 249-268.
- Lan, Y. C., C. T. Shih, M. A. Lee and H. Z. Shieh (2004) Spring distribution of copepods in relation to water masses in the Northern Taiwan Strait. *Zool. Stud.*, 43(2): 332-343.
- Lan, Y. C., M. A. Lee, W. Y. Chen, F. J. Hsieh, J. Y. Pan, D. C. Liu and W. C. Su (2008) Seasonal relationships between the copepod community and hydrographic conditions in the southern East China Sea. *ICES J. Mar. Sci.*, 65: 462-468.
- Lan, Y. C., M. A. Lee, C. H. Liao and K. T. Lee (2009) Copepod community structure of the winter frontal zone induced by the Kuroshio Branch Current and the China Coastal Current in the Taiwan Strait. *J. Mar. Sci. Technol.*, 17(1): 1-6.
- Lee, H. J. and S. Y. Chao (2003) A climatological description of circulation in and around the East China Sea. *Deep-Sea Res. II*, 50: 1065-1084.
- Lehodey, P., M. Bertignac, J. Hampton, A. Lewis and J. Picaut (1997) El Nino Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature*, 389: 715-718.
- Liu, W. C., M. H. Hsu, C. R. Wu, C. F. Wang and A. Y. Kuo (2004) Modeling salt water intrusion in Tanshui River estuarine system-case-study contrasting now and then. *ASCE J. Hydraul. Engin.*, 130: 849-859.
- Nishida, S. (1985) Taxonomy and distribution of the family Oithonidae (COPEPODA, CYCLOPOIDA) in the Pacific and Indian oceans. *Bull. Ocean Res. Ins., Univ. Tokyo*, 20: 167.
- Park, T. (1995) Taxonomy and Distribution of the Marine Calanoid Copepod Family Euchaetidae. University of California Press, 203 pp.
- Roff, J. C., J. T. Turner, M. K. Webber and R. R. Hopcroft (1995) Bacterivory by tropical copepod nauplii: extent and possible significance. *Aquat. Microbial Ecol.*, 9: 165-175.
- Sanchez, V. L. (1998) Diet composition and feeding habits of fish larvae of two co-occurring species (Pisces: Callionymidae and Bothidae) in the north-western Mediterranean. *ICES J. Mar. Sci.*, 55: 299-308.
- Tseng, L. C., R. Kumar, H. U. Dahms, C. T. Chen, S. Souissi, Q. C. Chen and J. S. Hwang (2008) Copepod community structure over a marine outfall area in the north-eastern South China Sea. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 88: 955-966.
- Tzeng, W. N. and Y. T. Wang (1992) Structure, composition and seasonal dynamics of larval and juvenile fish community in the mangrove estuary of Tanshui River, Taiwan. *Mar. Biol.*, 113: 481-490.
- Tzeng, W. N. and Y. T. Wang (1993) Hydrography and distribution dynamics of larval and juvenile fishes in the coastal waters of the Tanshui River estuary, Taiwan, with reference to estuarine larval transport. *Mar. Biol.*, 116: 205-217.
- Uye, S. (1982) Length-weight relationships of important zooplankton from the Inland Sea of Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 38: 149-158.
- Vervoort, W. (1965) Pelagic Copepoda. Part II. Copepoda Calanoida of the families Phaennidae up to and including Acartiidae, containing the description of a new species of Aetidae. *Atlantide Report*, 8: 9-216.
- Wang, Y. T., W. N. Tzeng and S. C. Lee (1991) A preliminary study on species composition and seasonal abundance of fish eggs and larvae from the coastal waters adjacent to the Tanshui River estuary, Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 18(1): 7-20.
- Zhang, G. T., S. Sun, Z. L. Xu and Q. L. Zhang (2010) Unexpected dominance of the subtropical copepod *Temora turbinata* in the temperate Changjiang River estuary and its possible causes. *Zool. Stud.*, 49(4): 492-503.

Spatial and Temporal Distribution of *Temora turbinata* in the Waters of the Tanshui River Estuary

Yang-Chi Lan^{1*}, Kuo-Chiang Liu¹, Chi-Tien Lee², Chi-Lun Wu¹ and Ming-An Lee²

¹Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

²Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University

ABSTRACT

This study surveyed the spatial and temporal distribution of *Temora turbinata* in the waters of the Tanshui River estuary. The sea surface temperature and salinity ranged from 17.6 to 28.9 °C (highest in summer and lowest in winter) and from 32.2 to 34.4 psu (highest in spring and lowest in summer), respectively. The sea surface temperature and salinity ranges in the spring and summer of 2012, an El Niño year, were different than they were during the same seasons in 2010 and 2011. These results suggested that increasing rainfall and the introduction of water from the Taiwan Strait caused the temperature and salinity to increase in the spring of 2012. *T. turbinata* were distributed throughout all sampling stations checked during the study period, with the abundance varying from 0.1-89563 ind./m³, and blooms occurring in the summer (262-6768 ind./m³) of each year and in the spring of 2012 (7530.7 ind./m³). The optimal temperature and salinity ranged from 24.9 to 28.7 °C and from 32.7 to 33.5 psu, respectively. Two causes for the *T. turbinata* blooming seasons were identified: (1) the higher temperatures in the spring and summer were advantageous to the proliferation of local *T. turbinata* and (2) recruitment from the Taiwan Strait current.

Key words: Taiwan Strait, China Coastal Current, Kuroshio Branch Current, *Temora turbinata*, Tanshui River estuary

*Correspondence: Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Road, Keelung 20246, Taiwan. TEL: (02) 2462-2101 #2304; Fax: (02) 2463-3110; E-mail: yclan@mail.tfrin.gov.tw