

目錄

台灣中部摺翅蝠的棲地利用與其生活週期及外寄生蝠蠅感染之關係.....	97
.....陳東瑤、鄭錫奇、陳宏彰	
極端氣候對水雉(<i>Hydrophasianus chirurgus</i>)繁殖成功的影響.....	111
.....羅柳墀	
First Documented Nesting of the Red-Whiskered Bulbul <i>Pycnonotus jocosus</i> in Taiwan.....	121
.....Bruno A. Walther	
七股潟湖潮間帶底棲多毛類群聚及其與環境因子之關係.....	135
.....邱英哲、沈子耘、黃家勤、王一匡、許晉榮、葉信利	
寄生性橈足類 <i>Caligus macarovi</i> 感染西北太平洋秋刀魚之研究.....	153
.....黃文彬、黃郁淳	
台灣南部嘉明湖底質與底棲無脊椎動物初探.....	167
..... 林斯正、黃朝慶、邱錦和、林宗以、楊平世、謝森和	
台灣新紀錄蕨類植物：多羽三叉蕨(鱗毛蕨科).....	175
.....許天銓、張藝翰	
<i>Heterosmilax septemnervia</i> F. T. Wang & Tang (Smilacaceae) a Newly Recorded Plant to Taiwan.....	179
.....Tsai-Wen Hsu, Tzen-Yuh Chiang and Ching-I Peng	

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 編印
Published by Endemic Species Research Institute,
Council of Agriculture, Taiwan, R. O. C.



GPN : 2009900002
定價：新台幣100元整

台灣生物多樣性研究 Taiwan Journal of Biodiversity

第13卷第2期

中華民國100年4月

Vol. 13, No. 2

April 2011



台灣中部摺翅蝠的棲地利用與其生活週期及 外寄生蝠蠅感染之關係

Changes in Habitat Utilization of the Japanese Long-Winged Bat *Miniopterus schreibersii* in Association with Its Life Cycle and Batfly Infection in the Central Taiwan

陳東瑤¹ 鄭錫奇² 陳宏彰^{3,*}

Tung-Yao Chen¹, Hsi-Chi Cheng² and Hung-Chang Chen^{3,*}

¹ 靜宜大學生態學系 台中市沙鹿區中棲路 200 號

² 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路 1 號

³ 台灣大學生態學與演化生物學研究所 台北市羅斯福路四段 1 號

¹ Department of Ecology, Providence University, Taichung, Taiwan

² Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

³ Institute of Ecology and Evolutionary Biology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

* 通訊作者：a822072@gmail.com

* Corresponding author: a822072@gmail.com

摘 要

本研究於 2007 年 9 月至 2008 年 8 月間觀察記錄棲息於南投縣地利一處引水涵洞的摺翅蝠 (*Miniopterus schreibersii*) 群集對棲所一整年的利用狀況，同時檢視該摺翅蝠群集所感染的外寄生蝠蠅的數量變化，以及蝠蠅在各月份對於宿主性別的選擇及生殖季節對懷孕個體偏好的差異。結果顯示，雄蝠在 9-11 月出現睪丸腫大之產精現象，雌蝠在 5 月出現明顯懷孕現象，但該摺翅蝠群集只利用此涵洞為夏棲所(summer roost)，並不利用作為生殖育幼及度冬處所(hibernacula)，且在蝠蠅數量高峰期間，摺翅蝠群集出現遷徙的現象。以整個蝙蝠群集而言，每月蝠蠅的感染數皆以短鉞蛛蠅為最高，姜宜蛛蠅為最低。短鉞蛛蠅與長鉞蛛蠅的感染高峰值出現在 2008 年 6 月，姜

宜蛛蠅的感染高峰值出現在 2007 年 9 月，3 物種的感染豐度(abundance)最低值皆出現在 2008 年 1 月。雌、雄蝠感染短鉞蛛蠅的數量在 2007 年 10 月及 2008 年 1 月出現差異(10 月雄蝠>雌蝠；1 月雌蝠>雄蝠)，而感染長鉞蛛蠅的數量在 2008 年 5 月出現差異(雄蝠>雌蝠)，至於感染姜宜蛛蠅的數量則分別在 2008 年 3 月及 5 月出現差異(3 月雌蝠>雄蝠；5 月雄蝠>雌蝠)。懷孕雌蝠感染短鉞蛛蠅的數量明顯的高於未懷孕的雌蝠個體。這現象顯示了該種蛛蠅可能傾向於寄生在有利於垂直感染(即由母體直接感染幼體)或免疫力較低的懷孕宿主個體上。

Abstract

In this study we investigated monthly changes in habitat utilization of the Japanese long-winged bat (*Miniopterus schreibersii*) colony in a culvert situated in Dili, Nantou County, September 2007 to August 2008. We also examined the species composition and abundance of its parasitic batflies, their preference to sexes and pregnancy of the host bats. The results showed that male bats with significant sperm production were observed from September to November and female bats were pregnant in May. The culvert served as their summer rooster; it was not used as a place for breeding and hibernacula. *Nycteribia parvula* was the most heavily infected batfly, while *Penicillidia jenynsii* was the least infected fly. The peak infection of the two species of the flies, *N. parvula* and *N. allotopa mikado*, was found in June, 2008, while the peak of the *P. jenynsii* was in September, 2007. The lowest infection of the above three flies was in January 2008. There were sexual differences of the host bats in the infection of *N. allotopa mikado* in May 2007, the infection of *P. jenynsii* in March and May, and the infection of *N. parvula* between July 2007 and January 2008. The number of pregnant females infected by *N. parvula* was significantly higher than that of non-pregnant females, suggesting that *N. parvula* inclined to infect pregnant females because they served as favorite hosts for vertical infection from mother bats to juvenile bats or they had a vulnerable immune system against the fly.

關鍵詞：宿主、長鉞蛛蠅、短鉞蛛蠅、蛛蠅科、姜宜蛛蠅

Key words: host, *Nycteribia allotopa mikado*, *Nycteribia parvula*, Nycteribiidae, *Penicillidia jenynsii*

收件日期：99 年 2 月 24 日

接受日期：100 年 2 月 23 日

Received: February 24, 2010

Accepted: February 23, 2011

緒 言

蝙蝠的生物屬性使其擁有類似於獨立演化單位(如：島嶼)的特質，使宿主與外寄生蟲間產生了穩固的演化連結，而讓其外寄生蟲跟著宿主進入不一樣的演化途徑(Presley 2004)。某些蝙蝠的外寄生蟲僅寄生於單一宿主(monoxenous) (Dick 2007)，這些寄生蟲可能左右了宿主的免疫反應、能量平衡、行為及健康情況，進而影響宿主的適存度(fitness) (Côté and Poulin 1995; Brown and Brown 2004; Lourenço and Palmeirim 2007)。但宿主的性別、行為差異及生理狀態等條件，也可能影響外寄生蟲的族群數量、宿主選擇與適存度，例如某些外寄生蟲具有顯著偏好雌性宿主的現象，且其在雌蝠身上的存活度明顯高於在雄蝠上的存活度(Christe *et al.* 2007)。但蝙蝠會以增加修飾行為(Giorgi *et al.* 2001; ter Hofstede and Fenton 2005)或迴避有大量外寄生蟲蟲蛹的棲所(Reckardt and Kerth 2006)，來降低寄生蟲的感染率。

在與蝙蝠緊密連結的外寄生蟲中，有一群只寄生於翼手目(不會寄生於其他哺乳動物)的雙翅目(Diptera)昆蟲，俗稱為蝠蠅(batfly)。蝠蠅共包含 2 科，蛛蠅科(Nycteribiidae)及蝙蝠蠅科(Streblidae) (Dick and Patterson 2006; Petersen *et al.* 2007)。牠們主要生活在蝙蝠的體表(僅蝙蝠蠅科中*Ascodipteron*屬的雌蟲為內寄生蟲)，並以吸食宿主的血液維生(Maa 1967; Dick and Patterson 2006)。關於蝠蠅宿主專一性程度，長期以來一直爭論不定，但透過近期新熱帶地區(南美洲)嚴謹的調查結果顯示，蝠蠅具有非常高的宿主專一性(ter Hofstede *et al.* 2004; Dick and Gettinger 2005; Dick and Patterson 2007)。無論蛛蠅或蝙蝠蠅，二者都利用胎生進行生殖，雌蟲會離開宿主到宿主棲息的基質上產蛹，1胎只產1子代，經一段時間後羽化，羽化之成蟲會再感染其專一的宿主(Hagan 1951; Dick and Patterson 2006)。

雖然目前在新熱帶地區的研究指出，多數的蝙蝠外寄生蟲出現了偏好雌性宿主的現象(Presley and Willig 2008)，其原因可能是雌雄蝙蝠生殖生理的變化(如雄蝠的產精、交配行為，雌蝠的懷孕、生產及育幼等)連帶影響了宿主的營養狀態、免疫能力及聚集行為(如雌、雄分群)等的改變(Christe *et al.* 2000, 2007)。但對於蝠蠅這類能主動偵測以尋找宿主的昆蟲而言，不同性別宿主各生活週期(life cycle)階段的行為差異應該也會影響蝠蠅寄生的偏好，而致使蝠蠅在不同的季節(或月份)出現不同的宿主選擇策略。為了驗證這樣的現象是否存在，本研究利用 1 年時間收集一摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)群集及其感染蝠蠅物種的基礎資料，檢驗蝠蠅對於宿主性別與雌蝠生殖狀況(懷孕與否)的選擇差異，並探討蝠蠅豐度月變化之情形。

材料與方法

一、研究物種

本研究採集的蝙蝠物種為摺翅蝠(又稱日本長指蝠)，分類上屬於翼手目(Chiroptera)、小翼手亞目(Microchiroptera)、蝙蝠科(Vespertilionidae)、長指蝠屬(*Miniopterus*)，分布範圍由南歐往東直到日本與所羅門群島，往南則包括台灣、菲律賓、南亞、北非、大部分撒哈拉沙漠以南，以及澳洲的東方與北方(Nowak 1994)，分布範圍廣泛，橫跨熱帶、亞熱帶及溫帶地區。此物種棲息於洞穴(cave-dwelling)中，分布台灣全島，自低海拔的岩洞至中、高海拔的森林均有採集紀錄，常以高密度的個體聚集(林等 2004)，身上常可發現大量的外寄生蟲(Lourenço and Palmeirim 2007)。

北半球溫帶地區的摺翅蝠會利用冬眠(hibernation)來度冬(Funakoshi 1977; Rodrigues and Palmeirim 2008)，其生殖週期有明顯的季節性，並屬於延遲著床(delayed implantation)

型式(黃 2000), 受孕時間涵蓋了冬眠期的延遲著床期與冬眠甦醒的懷孕期(Altringham 1996)。懷孕的摺翅蝠會在春天開始聚集形成生殖育幼群集(maternity colonies), 以進行生產與哺育幼蝠, 此時雄蝠與未懷孕的雌蝠則會與生殖並育幼的母蝠群集分離, 而形成分群的現象(Palmeirim and Rodrigues 1995)。台灣的摺翅蝠現今最大量紀錄為台北縣瑞芳鎮的雌蝠生殖育幼群, 數量可達數十萬隻以上, 該群集的個體通常於 4 月初開始出現, 5 至 7 月於洞內進行生產及育幼, 8 至 9 月份陸續離去, 10 月份已經沒有個體棲息於該洞穴內(李 1998)。

二、研究方法

本研究時間自 2007 年 9 月至 2008 年 8 月為止, 每月 1 次前往南投縣信義鄉地利村之引水涵洞(23° 47' 36" N, 120° 55' 53" E)進行 1 夜的摺翅蝠捕捉標放, 並採集其身上之蝠蠅。該涵洞海拔高度約 390m, 終年有水流動, 涵洞的出入口僅有 1 處, 為朝西之出水口端。本研究捕捉棲息於此涵洞之摺翅蝠, 捕捉的月間隔超過 28 天, 每次捕捉是在天亮前約 2 hr, 於引水涵洞出水口架設豎琴網(harp trap), 捕捉清晨時大量回巢之摺翅蝠。為了確認雌、雄蝠對此洞穴的利用屬性, 並避免因雌蝠提早返回棲所哺育幼蝠, 造成雌、雄蝠在採樣上數量的偏差, 因此在 2008 年 5-8 月蝙蝠生殖、育幼季節時, 將捕捉的時間改為傍晚蝙蝠出洞後約 2 hr 始架設豎琴網。收網後, 僅留滯摺翅蝠成蝠, 平均分配放置於透氣式飼養箱中。每月捕捉檢驗的摺翅蝠成蝠數量盡量達到雌雄各 30 隻, 總計 60 隻。捕獲的蝙蝠會進行體重測量與性別確認。

蝠蠅採集以 2 人為 1 組, 1 人固定蝙蝠, 另 1 人使用金屬鑷子, 並以沾有 75% 酒精之毛筆壓制蝠蠅, 待昏厥後夾起置入標本瓶中, 酒精須小心避開蝙蝠的眼、鼻、口、耳等部位,

儘可能完整採集每 1 隻蝙蝠身上之蝠蠅個體(Archer and Cardinal 2001; ter Hofstede *et al.* 2004; Dick 2005), 直到確認體表無蝠蠅後, 始使用吸水性良好的棉布(或紙巾)拭乾蝙蝠毛皮, 確認狀態良好後隨即放飛。為避免蝙蝠因人為操作壓力過大而傷亡, 因此每 1 隻的檢視採樣流程盡量控制在 10 min 內。採集之蝠蠅蟲體則置入內含 75% 酒精及採集紀錄防水紙片(登錄採集地點、日期與宿主編號)的標本瓶內, 留待日後於實驗室進行種類鑑定, 並同時登錄蝠蠅蟲體數量等相關資料。測量蝙蝠與採集蝠蠅等動作, 皆在蝙蝠洞穴入口前之水泥平台上操作完成。

依據陳等(2010)相關系列研究指出, 研究期間共採樣了 570 隻摺翅蝠成蝠, 從其身上共採集的 2,698 隻蝠蠅, 皆屬於蛛蠅科, 共 2 屬, 為毛刷蛛蠅屬(*Penicillidia*)與蛛蠅屬(*Nycteribia*), 屬於毛刷蛛蠅屬的僅有姜宜蛛蠅(*P. jenynsii*) 1 種 310 隻, 屬於蛛蠅屬的有 2 種, 分別為短鈇蛛蠅(*N. parvula*) 1,425 隻及長鈇蛛蠅(*N. allotopa mikado*) 963 隻。

本研究計算各月份蝙蝠樣本身上每一種類蝠蠅的平均豐度(mean abundance), 平均豐度(Mean \pm SD) = 某類寄生蟲總數/採樣的宿主數(Bush *et al.* 1997), 並使用無母數分析 Mann-Whitney U test 檢定不同性別的成蝠及不同生殖狀態的雌蝠(懷孕與否)身上蝠蠅數量的差異。其中不同性別成蝠的比較, 排除懷孕個體資料, 以避免蝙蝠懷孕因素的影響, 不同生殖狀態雌蝠的影響, 則僅使用有捕獲懷孕個體的月份資料進行分析。蝙蝠採集總數量不及 15 隻的月份, 將不納入統計分析。研究期間各月份之均溫變化趨勢圖, 使用鄰近該樣區之中央氣象局日月潭氣象觀測站所公布的資料繪製(圖 1)。本研究使用 SPSS 12 進行資料統計分析, 並使用 Excel 2007 繪圖。

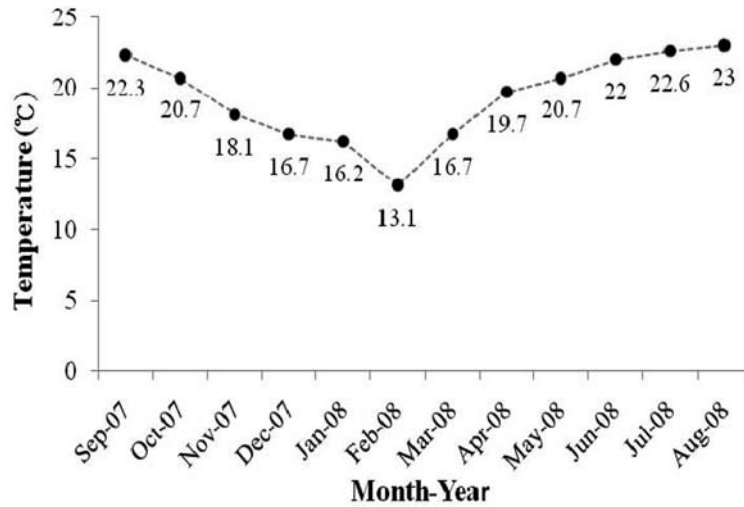


圖 1. 2007 年 9 月到 2008 年 8 月南投地利地區所鄰近之日月潭氣象觀測站月均溫變化。

Fig. 1. Monthly mean air temperatures at Sun Moon Lake (near Di-Li area, Nantou County) from September 2007 to August 2008.

結 果

一、摺翅蝠群集動態及生殖生理狀態

2007 年 9 月至 11 月間引水涵洞內摺翅蝠群集數量估計超過 500 隻，包含有當年出生的幼蝠，同時也記錄到有明顯睪丸腫脹之產精現象的雄蝠。2007 年 12 月採集結果顯示，群集數量仍與 11 月相當，但雄蝠已不見睪丸腫脹之產精現象。於冬季月份(12-2 月)觀察的結果顯示，摺翅蝠族群並無利用該引水涵洞進行冬眠的紀錄，且 1-2 月該群集有顯著遷離現象(估算 1 月不超過 30 隻，2 月不超過 50 隻)。2008 年 3-4 月份所捕獲的蝙蝠數量則明顯回升，雌雄蝠皆可達到採樣的數量，且估計群集總數皆超過 400 隻以上。2008 年 5 月摺翅蝠生殖季節開始後，此洞穴並沒有已生殖的雌蝠及幼蝠棲息，捕獲資料顯示雌、雄蝠數量差異懸殊(♀18:♂500)，已明顯出現生殖季雌、雄分群的現象，而 18 隻雌蝠中僅有 4 隻判斷為懷孕個體。而後 6-7 月份棲息於此的群集數量則明顯變少，6 月份只捕獲 35 隻摺翅蝠，雌雄比為

8:27，且雌蝠皆為未懷孕及未生產之個體，而 7 月份僅存不超過 10 隻個體。8 月份則總共捕獲超過 700 隻個體數，且已有該年出生之幼蝠個體參雜其中，入洞觀察仍然發現百隻以上的摺翅蝠個體棲息，因此群集數量估計超過 1,000 隻，顯示棲息數量已回升。5 至 8 月為摺翅蝠的生殖育幼季節，但本研究採集及檢視結果，並無發現生殖育幼的母蝠，資料顯示該摺翅蝠群集並不使用此涵洞為生殖育幼棲所，且 6、7 月份該群集出現明顯遷離現象(圖 2)。

二、蝠蠅數量月變化

2007 年 9 月至 2008 年 8 月間，每個月份採集的蝠蠅皆以短鉞蛛蠅的數量最多，姜宜蛛蠅的數量最少(表 1)。總蝠蠅平均豐度與短鉞蛛蠅的平均豐度在 2008 年 6 月份出現最高值，最低值出現在 2008 年 1 月(表 1)，但姜宜蛛蠅的平均豐度最高值出現在 2007 年 9 月，最低值則出現在 2008 年 1 月(表 1)；長鉞蛛蠅的平均豐度最高值出現在 2008 年 6 月，最低值則出現在 2007 年 12 月及 2008 年 1 月(表 1)。

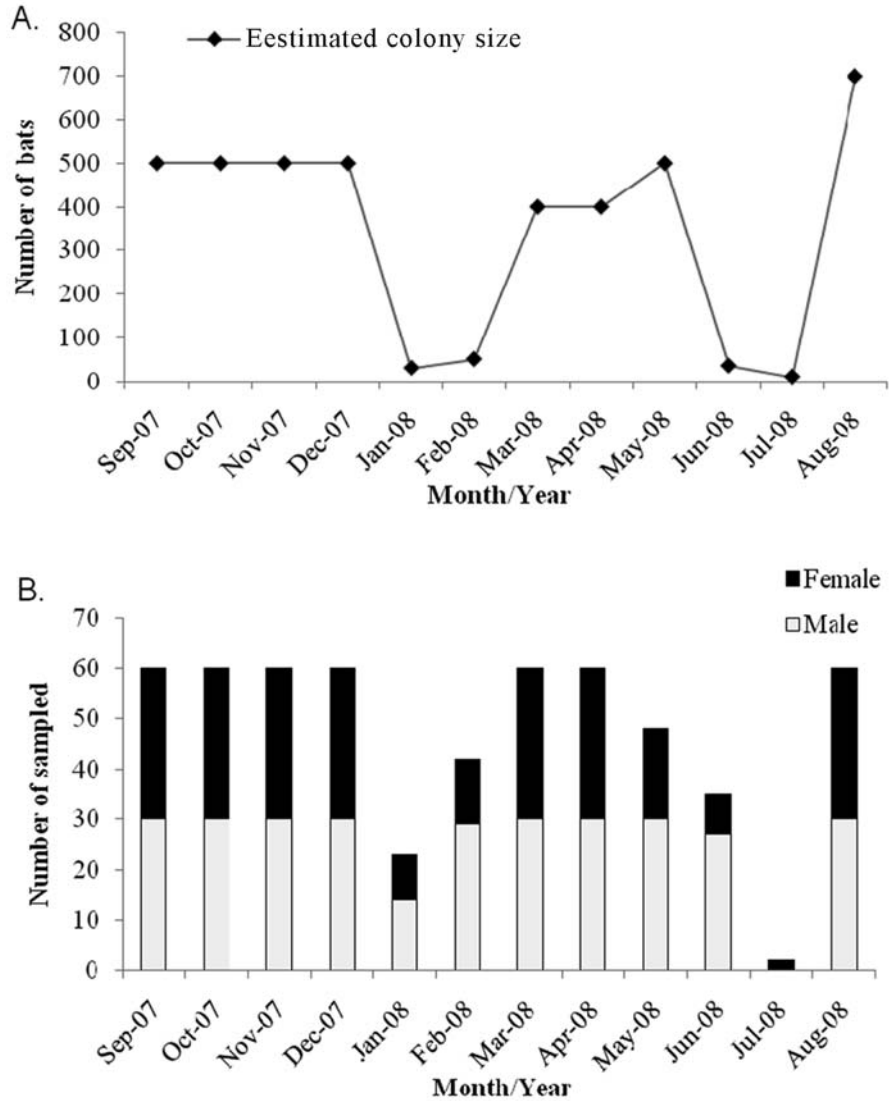


圖 2. A, 2007 年 9 月到 2008 年 8 月南投地利地區摺翅蝠群集估計總隻數；B, 每月採樣數以及雌雄蝠比例。

Fig. 2. Monthly estimated total colony size (A) and monthly sampled male and female numbers (B) of *Miniopterus schreibersii*, September 2007 to August 2008.

表 1. 2007 年 9 月至 2008 年 8 月南投地利摺翅蝠個體身上 3 種蝠蠅的平均豐度(*為蝙蝠採樣不及 15 隻)

Table 1. Monthly numbers of batflies (mean±SD) collected from *Miniopterus schreibersii* in the culvert of Di-Li, Nantou, September 2007 to August 2008 (*, n<15)

Month /Year	Number of bats sampled (♂:♀)	Total number of batflies	Number of <i>P. jenynsii</i>	Number of <i>N. parvula</i>	Number of <i>N. allotopa mikado</i>
Sep. 07	60 (30 : 30)	5.5 ± 4.5	0.9 ± 1.4	2.5 ± 2.7	2.1 ± 1.8
Oct. 07	60 (30 : 30)	4.4 ± 3.6	0.5 ± 0.8	2.2 ± 2.2	1.7 ± 1.5
Nov. 07	60 (30 : 30)	4.3 ± 3.8	0.4 ± 0.8	2.4 ± 2.5	1.5 ± 1.5
Dec. 07	60 (30 : 30)	3.8 ± 2.8	0.4 ± 1.4	2.2 ± 2.1	1.1 ± 0.9
Jan. 08	23 (14 : 9)	2.8 ± 2.4	0.1 ± 0.3	1.5 ± 1.9	1.1 ± 0.9
Feb. 08	42 (29 : 13)	4.6 ± 3.5	0.3 ± 0.5	2.4 ± 2.4	1.9 ± 1.6
Mar. 08	60 (30 : 30)	3.7 ± 3.2	0.4 ± 0.7	2.1 ± 2.0	1.2 ± 1.3
Apr. 08	60 (30 : 30)	4.6 ± 3.6	0.8 ± 1.2	2.3 ± 2.4	1.5 ± 1.4
May 08	48 (30 : 18)	5.1 ± 3.5	0.6 ± 0.7	2.8 ± 2.6	2.2 ± 1.3
Jun. 08	35 (27 : 8)	8.8 ± 4.7	0.8 ± 1.1	4.7 ± 3.5	3.4 ± 2.6
Jul. 08	2* (0 : 2)				
Aug. 08	60 (30 : 30)	5.1 ± 6.1	0.7 ± 1.2	2.8 ± 4.3	1.7 ± 1.8

三、不同宿主的蝠蠅寄生狀況

從 2007 年 9 月至 2008 年 8 月各月份不同性別摺翅蝠身上採獲各種類蝠蠅數量顯示(表 2)，除 2008 年 3 月雌蝠感染姜宜蛛蠅的數量顯著高於雄蝠($U=338.0, p<0.05$)，2008 年 5 月雄蝠感染姜宜蛛蠅的數量顯著高於未懷孕雌蝠($U=222.5, p<0.05$)；2007 年 10 月雄蝠感染短缺蛛蠅的數量顯著的高於雌蝠($U=268.5, p<0.01$)，而 2008 年 1 月則是雌蝠感染短缺蛛蠅數量高於雄蝠($U=27.5, p<0.05$)；2008 年 5 月雄蝠感染長缺蛛蠅的數量顯著的高於雌蝠($U=143.0, p<0.01$)之外，其餘各月份雌雄蝠身上之 3 種蝠蠅的數量均無顯著差異。

本研究使用 2008 年 5 月所採獲懷孕雌蝠與非懷孕雌蝠個體身上寄生蝠蠅的資料顯示，二者在感染短缺蛛蠅的豐度上有顯著性差異(表 3)，懷孕雌蝠感染短缺蛛蠅的豐度也顯著高於非懷孕雌蝠($U=6.5, p<0.05$)。

討 論

溫帶地區摺翅蝠棲所利用的年週期模式通常是：在冬眠甦醒後由冬眠棲所遷徙至春天棲所，直到生殖季節來臨前懷孕蝙蝠會再遷移至生殖育幼棲所，等到幼蝠學會飛翔後會再遷移至交配棲所(mating roost)，冬季則會再聚集於冬眠棲所(Rodrigues and Palmeirim 2008)，儘管大多數的摺翅蝠會進行上述的遷徙，但仍會有少數零星個體停留在原棲所，不進行遷徙的行為(Rodrigues and Palmeirim 2008)。本研究確認了南投地利一處引水涵洞是摺翅蝠的春天棲所，也可能做為交配季節棲所，但並非生殖育幼或主要度冬棲所。

此外，本研究發現 2008 年 5 月非生殖個體在 6-7 月幾乎全數離開，這可能與當時寄生蟲族群數量大增有關。因為蝠蠅的寄生會導致蝙蝠加強梳理(grooming)行為(ter Hofstede and

表 2. 2007 年 9 月至 2008 年 8 月雌、雄性摺翅蝠感染 3 種蝠蠅數量差異性的 Mann-Whitney U test 檢定結果(排除 2008 年 5 月懷孕個體資料, 且 2008 年 7 月資料因宿主樣本數不足, 也不列入分析)

Table 2. Monthly difference in number (mean±SD) of three species of batflies collected from male and female bats¹ in the culvert of Di-Li, Nantou County, September 2007 to August 2008 (Mann-Whitney U test)

Month -Year	Numbers of bats sampled		Batflies	Number of batflies collected		U	p
	♂ bat	♀ bat		♂ bat	♀ bat		
Set-07	30	30	<i>P. jenynsii</i>	1.2 ± 1.7	0.6 ± 1.0	369.0	0.185
			<i>N. parvula</i>	2.7 ± 2.8	2.2 ± 2.5	406.0	0.508
			<i>N. allotopa mikado</i>	2.1 ± 1.4	2.2 ± 2.2	407.0	0.510
Oct-07	30	30	<i>P. jenynsii</i>	0.7 ± 0.9	0.3 ± 0.6	357.0	0.107
			<i>N. parvula</i>	2.8 ± 2.2	1.6 ± 2.1	268.5	0.006**
			<i>N. allotopa mikado</i>	1.9 ± 1.6	1.5 ± 1.5	388.5	0.350
Nov-07	30	30	<i>P. jenynsii</i>	0.4 ± 0.6	0.3 ± 0.9	386.0	0.211
			<i>N. parvula</i>	2.4 ± 2.1	2.4 ± 2.8	427.5	0.735
			<i>N. allotopa mikado</i>	1.8 ± 1.7	1.3 ± 1.3	378.5	0.275
Dec-07	30	30	<i>P. jenynsii</i>	0.3 ± 0.5	0.5 ± 1.9	439.5	0.829
			<i>N. parvula</i>	2.0 ± 1.7	2.5 ± 2.4	407.5	0.522
			<i>N. allotopa mikado</i>	1.1 ± 1.0	1.1 ± 0.9	449.0	0.988
Jan-08	14	9	<i>P. jenynsii</i>	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.4	53.5	0.305
			<i>N. parvula</i>	0.8 ± 1.1	2.7 ± 2.4	27.5	0.023*
			<i>N. allotopa mikado</i>	0.9 ± 0.8	1.6 ± 0.9	35.5	0.067
Feb-08	29	13	<i>P. jenynsii</i>	0.3 ± 0.5	0.2 ± 0.4	164.5	0.378
			<i>N. parvula</i>	2.7 ± 2.4	1.8 ± 2.3	148.5	0.268
			<i>N. allotopa mikado</i>	2.0 ± 1.8	1.6 ± 1.1	177.0	0.747
Mar-08	30	30	<i>P. jenynsii</i>	0.2 ± 0.6	0.6 ± 0.8	338.0	0.033*
			<i>N. parvula</i>	1.7 ± 1.5	2.4 ± 2.4	386.0	0.333
			<i>N. allotopa mikado</i>	1.2 ± 1.4	1.2 ± 1.2	437.5	0.843
Apr-08	30	30	<i>P. jenynsii</i>	0.7 ± 0.9	0.9 ± 1.4	412.5	0.542
			<i>N. parvula</i>	2.3 ± 2.0	2.3 ± 2.8	417.5	0.625
			<i>N. allotopa mikado</i>	1.2 ± 1.3	1.7 ± 1.5	375.5	0.255
May-08	30	14	<i>P. jenynsii</i>	0.6 ± 0.7	0.4 ± 0.8	222.5	0.037*
			<i>N. parvula</i>	2.7 ± 2.7	2.8 ± 2.7	264.5	0.423
			<i>N. allotopa mikado</i>	2.8 ± 2.7	1.1 ± 1.4	143.0	0.002**
Jun-08	27	8	<i>P. jenynsii</i>	0.8 ± 1.2	0.8 ± 1.9	101.0	0.715
			<i>N. parvula</i>	4.2 ± 2.4	6.1 ± 5.7	96.5	0.648
			<i>N. allotopa mikado</i>	3.3 ± 2.1	3.8 ± 4.1	101.5	0.796
Jul-08	0	2					
Aug-08	30	30	<i>P. jenynsii</i>	0.7 ± 1.4	0.6 ± 1.1	439.5	0.855
			<i>N. parvula</i>	2.4 ± 3.8	3.4 ± 4.8	435.5	0.831
			<i>N. allotopa mikado</i>	1.3 ± 1.5	2.0 ± 2.0	339.5	0.094

¹ Exclusion of pregnant females and data of July, 2008.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

表 3. 2008 年 5 月懷孕雌蝠與非懷孕雌蝠之蝠蠅豐度以 Mann-Whitney U test 檢定結果，A 為懷孕個體，B 為非懷孕個體

Table 3. Difference in the numbers (mean±SD) of three species of batflies collected between pregnant female and non-pregnant female bats (A, number of pregnant bats; B, number of non-pregnant bats; Mann-Whitney U test)

Month -Year	Numbers of female bats sampled		Batflies	Number of batfly collected		U	p
	A	B		A	B		
	May-08	4		14	<i>P. jenynsii</i>		
			<i>N. parvula</i>	2.7 ± 2.7	2.8 ± 2.7	6.5	0.018*
			<i>N. allotopa mikado</i>	1.3 ± 1.5	2.0 ± 2.0	24.0	0.721

Fenton 2005)，而梳理行為對蝙蝠而言是高成本的行為(Kunz 1982)，可能會影響預定重要行動的時間，如覓食及休眠等，進而影響其生理狀況，例如 Linhares and Komeno (2000)的研究就指出 *Megistopoda proxima* (Streblidae)的寄生對雄性 *Sturnira lilium* (黃肩章蝠)的體重流失有顯著性影響。以本研究的蝠蠅數量而言，總蝠蠅平均豐度在 2008 年 3 月份後呈現正成長，至 6 月出現最高峰值。加上 2008 年 6 月入洞觀察時發現，在 5 月時有大量蝙蝠群集棲息的棲所基質(岩壁)上，有為數可觀的蝠蠅未羽化的蛹及剛羽化的蝠蠅成蟲，且此區域當時無任何蝙蝠棲息；2008 年 7 月入洞觀察亦發現此區域仍有部分未羽化的蛹及剛羽化的成蟲(陳 2009)。因此摺翅蝠的遷離及蝠蠅大量出現的關聯性，可能意味著摺翅蝠需藉由遷離來避開蝠蠅數量上的高峰。因為蝠蠅生活週期中的蛹期需在宿主棲息的基質上度過，所以當蝙蝠在蝠蠅成蟲破蛹而出之前移居到不同的棲息位置或棲所，將打斷了外寄生蟲的生活週期，或許有助於降低蝙蝠的寄生蟲感染率(Reckardt and Kerth 2006; Bartonička and Gaisler 2007)。Reckardt and Kerth (2007)的研究也指出長耳鼠耳蝠(*Myotis bechsteinii*)的雌蝠會避開利用先前有蝙蝠群集居住而留下大量寄生蟲蛹的棲

所。Patterson *et al.* (2007)也提及棲所的類型與其使用時間的長短都會影響寄生蟲的流行率、感染強度以及蝠蠅的專一性。另外 Rodrigues and Palmeirim (2008)對於地中海地區摺翅蝠環狀遷徙的研究也指出，大部分的雌蝠在離開冬眠洞穴後，並不會立即聚集在生殖育幼棲所，而是等到快生殖前才會遷徙至生殖育幼棲所，該研究認為這樣的現象可能是雌蝠減輕寄生蟲影響的策略，因為藉由縮短育幼群聚的時間，可降低後續寄生蟲大量繁衍的機會。因此外寄生蟲聚集的多寡，也是影響宿主對棲所的忠誠度(fidelity)因素之一(Lewis 1995, 1996)。至於本研究中摺翅蝠群集在此二者間的相關性，值得未來更進一步研究探討。

針對一整年所採集的 3 種蝠蠅數量月變化情形，皆可看出其蝠蠅平均豐度由 2 月份開始上昇，整年的高峯值出現在 4 至 9 月間。Funakoshi (1977)在日本地區曾對本研究發現的 3 種蝠蠅中的姜宜蛛蠅進行生態學研究，結果指出姜宜蛛蠅在蝙蝠冬眠時，除吸食宿主血液外，並不進行生殖行為，而該研究亦認為摺翅蝠的姜宜蛛蠅平均感染數目在 4 至 9 月出現高峯值，最大的因素是蝙蝠甦醒後即進入繁殖期，而蝠蠅也有同步化的現象。但陳(2009)的研究指出，南投地利地區摺翅蝠群集所寄生的

短缺蛛蠅、長缺蛛蠅及姜宜蛛蠅在摺翅蝠可能冬眠月份中，並無停止生殖行為現象(仍能採獲懷孕及新羽化蟲體)。對蝠蠅來說，較高的氣溫有助於縮短蛹期的時間(Marshall 1971; Funakoshi 1977)，而羽化時間的縮短有利於提升蝠蠅族群數量。因此，除了宿主、寄生蟲之間的生殖同步化因素之外，環境氣溫的上升(圖 1)可能也是促使本研究蝠蠅數量上升之因素。

本研究中的姜宜蛛蠅、短缺蛛蠅及長缺蛛蠅各在不同月份出現宿主性別間的感染差異，而兩性宿主顯露不一樣的寄生蟲感染程度，大致上可以使用不同性別生物學上的差異來解釋，這些差異包括不同性別間的行為差異(如單一性別的群聚、交配季節雄性減少修飾時間等)，以及荷爾蒙及免疫力之間的相關性，這些行為上或生理上的差異都在寄生蟲對於宿主的喜好上扮演了重要的角色(Christe *et al.* 2007)。以本研究 2007 年 10 月的雌、雄蝠感染短缺蛛蠅所出現差異為例，短缺蛛蠅的感染數有宿主性別上的差異，推論應該與宿主體內的賀爾蒙變化有關。依據 Folstad and Karter (1992) 的研究指出，雄性荷爾蒙的上升會導致免疫能力的下降，免疫力的下降與外寄生蟲數量則呈現負相關，當雄性荷爾蒙濃度上升時，寄生蟲的數量也會跟著上升。因此，睪固酮及免疫反應之間的關連在寄生蟲對於宿主的性別選擇上扮演了關鍵性的角色(Folstad and Karter 1992; Roberts *et al.* 2004)。陳與林(2008)對摺翅蝠生殖生理學的研究指出，摺翅蝠雄蝠血清中睪固酮的濃度在 3 至 6 月間變化不大，7 月以後持續上升，10、11 月達到全年最高值，12 月則降至最低值。因此，本研究中的短缺蛛蠅在 2007 年 10 月份出現偏好寄生雄蝠的現象，應該與此種蛛蠅此時偏好選擇免疫能力下降的雄蝠有關。但本研究缺乏不同性別之蝙蝠個體體溫及修飾行為差異等資料，因而無法對雌、雄蝠感染其他物種的在其他月份所出現的差異現象進行合理的解釋，僅確認蝠蠅在不同的季節(或月份)會

出現不同的宿主性別選擇策略。雖然摺翅蝠睪固酮上升與短缺蝠蠅數量增加的相符，但宿主荷爾蒙濃度與蝠蠅數量之間的相關性，則需要再進一步的研究分析才能確立。

懷孕與非懷孕雌蝠二者間的蝠蠅豐度差異分析結果顯示，短缺蛛蠅出現偏好懷孕雌蝠之現象，此現象或許與此類外寄生蟲偏好選擇有利於可直接進行垂直感染的懷孕宿主有關，因為大部分溫帶地區的蝙蝠物種，雌蝠會在生殖季節時形成大量聚集的育幼群集(Lewis 1995)，而這樣的特殊雌雄分群型式可能在演化上扮演了外寄生蟲對於宿主性別偏好的重要角色(Christe *et al.* 2007)。因為蝙蝠體型小能提供給外寄生蟲族群生長的空間有限，對於那些只能生存在蝙蝠體表的外寄生蟲而言(如：蟻或蝠蠅)，如何確保其族群數量足夠不至於滅絕，建立有效的傳染途徑對於外寄生蟲就顯得格外重要(Presley 2004)。除此之外，Christe *et al.* (2000) 的研究亦指出生殖母蝠的免疫能力比未生殖的母蝠低，而免疫力又與外寄生蟲數量呈現負相關，因此蝙蝠這種大量群聚的育幼行為顯然提供了外寄生蟲進行垂直感染的良機(Presley 2004; Christe *et al.* 2000, 2007)。此外，通常蝙蝠育幼棲所都會具有較高的溫度，對蝠蠅來說較高的氣溫有助於縮短蛹期(Marshall 1971; Funakoshi 1977)提升族群數量。因本研究所採集的棲所並非該群集之育幼棲所，僅能使用捕獲的 4 隻懷孕個體進行分析，實屬可惜。因此，未來之研究應需先於生殖季時分別採樣生殖育幼群集與非生殖群集之蝠蠅資料，以提供更顯著之蝠蠅對於宿主選擇的證據。

謝 誌

本系列研究得以完成，需感謝陳界良、黃翊翎、洪素年、柯佳雯、譚羽君、張乙棠、李欣穎、陳晴渝、楊雅鷹、柯繼茹、張瓊方、葉冠足、呂亞玟、蘇信維、杜昆盈、溫維佳、潘

國梁、陳宏昌、陳調仁、洪靜淑、潘雪芸、陳鴻智、陳熾婷等人對於蝙蝠捕捉及蝠蠅採樣的協助。

引用文獻

- 李玲玲。1998。瑞芳蝙蝠洞資源調查與保育規畫。台北縣政府農業局。
- 林良恭、李玲玲、鄭錫奇。2004。台灣的蝙蝠(再版)。國立自然科學博物館。台中。
- 黃雲清。2000。南投縣地利地區摺翅蝠體溫調節之研究。私立東海大學生物學系碩士論文。
- 陳宏彰。2009。南投地利地區摺翅蝠及蝠蠅之寄生關係初探。私立靜宜大學生態學系碩士論文。
- 陳宏彰、陳東瑤、鄭錫奇。2010。蝙蝠性別與體重對於外寄生蝠蠅豐度的相關性探討。台灣生物多樣性研究 12(4): 341-350。
- 陳家鴻、林良恭。2008。台灣葉鼻蝠與摺翅蝠生殖生理學研究。蝙蝠研究研討會論文集 57-74 頁。台灣蝙蝠學會。
- Archer, M. S. and B. R. Cardinal. 2001. Seasonal reproduction and host infestation rates for nycteribiids of the large bentwing bat. *Medical & Veterinary Entomology* 15: 452-454.
- Altringham, J. D. 1996. Reproduction and development. pp. 133-154. *In*: J. D. Altringham (ed.). *Bats biology and behavior*. Oxford University, New York.
- Bartonička, T. and J. Gaisler. 2007. Seasonal dynamics in the numbers of parasitic bugs (Heteroptera, Cimicidae): A possible cause of roost switching in bats (Chiroptera, Vespertilionidae). *Parasitology Research* 100: 1323-1330.
- Brown, C. R. and M. B. Brown. 2004. Group size and ectoparasitism affect daily survival probability in a colonial bird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 56: 498-511.
- Bush, A. O., K. D. Lafferty, J. M. Lotz and A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* Revisited. *The Journal of Parasitology* 83: 575-583.
- Christe, P., R. Arlettaz and P. Vogel. 2000. Variation in intensity of a parasitic mite (*Spinturnix myoti*) in relation to the reproductive cycle and immunocompetence of its bat host (*Myotis myotis*). *Ecology Letters* 3: 207-212.
- Christe, P., O. Glivier, G. Evanno, N. Bruyndonckx, G. Devevey, G. Yannic, P. Patthey, A. Maeder, P. Vogel and R. Arlettaz. 2007. Host sex and ectoparasites choice: Preference for, and higher survival on female hosts. *Journal of Animal Ecology* 76: 703-710.
- Côté, I. M. and R. Poulin. 1995. Parasitism and group size in social animals: A meta-analysis. *Behavioral Ecology* 6: 159-165.
- Dick, C. W. 2005. Summary protocol for sampling bat flies. *Field Museum of Natural History*.
- Dick, C. W. 2007. High host specificity of obligate ectoparasites. *Ecological Entomology* 32: 446-450.
- Dick, C. W. and B. D. Patterson. 2006. Bat flies: Obligate ectoparasites of bats. pp. 179-194. *In*: S. Morand, B. Krasnov and R. Poulin (eds.). *Micromammals and Macroparasites: From Evolutionary Ecology to Management*. Springer-Verlag, Tokyo.
- Dick, C. W. and B. D. Patterson. 2007. Against all odds: Explaining high host specificity in dispersal-prone parasites. *International Journal for Parasitology* 37: 871-876.
- Dick, C. W. and D. Gettinger. 2005. A faunal survey of streblid bat flies (Diptera: Streblidae) associated with bats in Paraguay. *Journal of*

- Parasitology 91: 1015-1024.
- Giorgi, M. S., R. Arlettaz, P. Christe and P. Vogel. 2001. The energetic grooming costs imposed by a parasitic mite (*Spinturnix myoti*) upon its bat host (*Myotis myotis*). *Proceedings: Biological Sciences* 268: 2071-2075.
- Folstad, I. and A. J. Karter. 1992. Parasutes, bright males, and the immunocompetence handicap. *The American Naturalist* 139: 603-622.
- Funakoshi, K. 1977. Ecology studies on the bat fly, *Penicillidia jenynsii* (Diptera: Nycteribiidae), infested on the Japanese long-fingered bat, with special reference to the adaptability to their host from the viewpoint of life history. *Japanese Journal of Ecology* 27: 125-140.
- Hagan, H. R. 1951. Embryology of the viviparous insects. Ronald, New York.
- Kunz, T. H. 1982. Roosting ecology of bats. pp. 1-55. *In*: T. H. Kunz (ed.). *Ecology of bats*. Plenum, New York.
- Lewis, S. E. 1995. Roost fidelity of bats: A review. *Journal of Mammalogy* 76: 481-496.
- Lewis, S. E. 1996. Low roost-site fidelity in pallid bats: Associated factors and effect on group stability. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 39: 335-344.
- Linhares, X. and C. A. Komeno. 2000. *Trichobius joblingi*, *Aspidoptera falcata*, and *Megistopoda proxima* (Diptera: Streblidae) parasitic on *Carollia perspicillata* and *Sturnira lillium* [sic] (Chiroptera: Phyllostomidae) in South-eastern Brazil: Sex ratios, seasonality, host site preference, and effect of parasitism on the host. *Journal of Parasitology* 86: 167-170.
- Lourenço, S. I. and J. M. Palmeirim. 2007. Can mite parasitism affect the condition of bat hosts? Implications for the social structure of colonial bats. *Journal of Zoology* 273: 161-168.
- Maa, T. C. 1967. A synopsis of Diptera Pupipara of Japan. *Pacific Insects* 9: 727-760.
- Marshall, A. G. 1971. The Ecology of *Basilisa hispida* (Diptera: Nycteribiidae) in Malaysia. *The Journal of Animal Ecology* 40: 141-154.
- Nowak, R. M. 1994. *Walk's Bats of the world*. The Johns Hopkins University, London.
- Palmeirim, J. M. and L. Rodrigues. 1995. Dispersal and philopatry in colonial animals: The case of *Miniopterus schreibersii*. *Symposia of the Zoological Society of London* 6: 219-231.
- Patterson, B. D., C. W. Dick and K. Dittmar. 2007. Roosting habits of bats affect their parasitism by bat flies (Diptera: Streblidae). *Journal of Tropical Ecology* 23: 177-189.
- Petersen, F. T., R. Meier, S. N. Kutty and B. M. Wiegmann. 2007. The phylogeny and evolution of host choice in the Hippoboscoidea (Diptera) as reconstructed using four molecular marks. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 45: 111-122.
- Presley, S. J. 2004. Ectoparasitic assemblages of Paraguayan bats: Ecological and evolutionary perspectives. Ph. D. Thesis, Texas Tech University.
- Presley, S. J. and M. R. Willig. 2008. Intraspecific patterns of ectoparasite abundances on Paraguayan bats: Effects of host sex and body size. *Journal of Tropical Ecology* 24: 75-83.
- Reckardt, K. and G. Kerth. 2006. The reproductive success of the parasitic bat fly *Basilisa nana* (Diptera: Nycteribiidae) is affected by the low roost fidelity of its host, the Bechstein's bat (*Myotis bechsteinii*). *Parasitology Research* 98: 237-243.
- Reckardt, K. and G. Kerth. 2007. Roost selection and roost switching of female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*) as a strategy of

parasite avoidance. *Oecologia* 154: 581-588.

Roberts, M. L., K. L. Buchanan and M. R. Evans. 2004. Testing the immunocompetence handicap hypothesis: A review of the evidence. *Animal Behaviour* 68: 227-239.

Rodrigues, L. and J. M. Palmeirim. 2008. Migratory behaviour of the Schreiber's bat: When, where and why do cave bats migrate in a Mediterranean region? *Journal of Zoology* 274: 116 - 125.

ter Hofstede, H. M., M. B. Fenton and J. O. Whitaker, Jr. 2004. Host and host-site specificity of bat flies (Diptera: Streblidae and Nycteribiidae) on Neotropical bats (Chiroptera). *Canada Journal of Zoology* 82: 616-626.

ter Hofstede, H. M. and M. B. Fenton. 2005. Relationships between roost preferences, ectoparasite density, and grooming behaviour of neotropical bats. *Journal of Zoology* 266: 333-340.

極端氣候對水雉(*Hydrophasianus chirurgus*)繁殖成功的影響

Impact of Extreme Weathers on Breeding Success of Pheasant-Tailed Jacana (*Hydrophasianus chirurgus*)

羅柳墀

Liu-Chih Lo

國立高雄師範大學地理學系 高雄市和平一路 116 號

Department of Geography, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan

* 通訊作者: robert@nknu.edu.tw

* Corresponding author: robert@nknu.edu.tw

摘 要

水雉是行政院農業委員會公告的保育類動物，在台灣本島一些濕地偶可發現，族群數量十分稀少，且僅局限於少數棲地繁殖。2006 至 2008 年間於高雄縣舊鐵橋人工濕地，每年都持續出現水雉的繁殖。自 2008 年 1 月起至 12 月止在此濕地進行繁殖調查，發現水雉活動大部分集中在浮葉植物生長茂密且人為干擾較少的區域，繁殖前濕地內最高族群量為 6 隻，進入繁殖季後僅剩 1 對在此繁殖。在 2008 年繁殖季中，共築巢 5 次，總計產下 18 顆蛋，平均產卵數為 3.6 個(n=5)，但都繁殖失敗未發現有雛鳥孵出，每個繁殖巢中蛋出現存活的時間平均為 6.4 天(n=5)，繁殖失敗後到再度築巢產下另一巢第一顆蛋的平均間隔時間為 11.5 天(n=4)。5 個巢均位於同一水池面積約為 25 x 30m 的印度荖菜植群中，新舊巢間距離平均為 4.5m (分別為 8、1、6 及 3m)。2008 年水雉在舊鐵橋人工濕地繁殖失敗的原因皆可歸因於氣候因素，每當颱風、颱風外圍環流或區域性的大風雨，常造成繁殖巢材流失或分離，以致巢內的蛋掉入水中，由找到殘留在水下植物基部的蛋可以得到證實。為考慮氣候因素對水雉繁殖的影響，未來繁殖棲地的營造應該增加浮葉植物的密度，植物種類也應以葉面積較小的浮葉植物較為適合。

Abstract

Pheasant-tailed jacana is catalogued as a rare and precious species of bird protected by law in Taiwan. It is found occasionally in wetlands and breeds only in a few habitats. At the Old Bridge Artificial Wetland in Kaohsiung County, jacanas bred yearly from 2006 to 2008. In January to December 2008, I made field observation and found that they were mostly in areas of the wetland with dense floating-leaf plants and less human interferences. There were 6 jacanas in the pre-breeding season but only a pair remained during the breeding season. The pair built five nests and laid a total of 18 eggs; average clutch size was 3.6 eggs. However, all of the eggs failed to hatch after an average incubation period of only 6.4 days. The time intervals of the nest buildings averaged 11.5 days. The five nests were built in an area of 25 x 30m covered with floating-leaf plants (*Nymphoides indica*). Distance between a newly built nest to the previous one for the 5 nests were 8, 1, 6 and 3m, respectively, at an average of 4.5m. Their breeding failures were attributable to extreme weathers due to typhoons, circumfluence of typhoons, or local storms that destroyed the nests, causing eggs to fall into water. They were proved by findings the eggs at the base of floating-leaf plants in water. With consideration of the impact of extreme weathers on jacana's breeding, it is recommended to improve its breeding habitat by enhancing the density of the floating plants with smaller leaf plant varieties.

關鍵詞：濕地、浮葉植物、產卵數、繁殖失敗、颱風

Key words: wetland, floating-leaf plant, clutch size, breeding failure, typhoon

收件日期：99年8月23日

接受日期：100年3月11日

Received: August 23, 2010

Accepted: March 11, 2011

緒 言

水雉(*Hydrophasianus chirurgus*)在台灣是屬於珍貴稀有保育類野生動物(行政院農業委員會林務局 2009)，在台灣一些濕地偶爾可見其蹤影，族群數量很稀少，以台灣唯一的水雉保護區(官田水雉復育區)所在的台南縣為主要分布區。在1997及1998年該保護區尚未成立前繁殖季的繁殖族群量曾降至50隻以下，面

臨瀕危的險境(翁 1999)。2008年全台南縣的水雉族群量估計低於250隻(Ueng and Yang 2008)，其數量甚至少於瀕臨絕種保育類野生動物—黑面琵鷺(*Platalea minor*)度冬的族群量(2009年全台普查1,104隻)(Yu 2009)。水雉除活動於濕地外，也在稻田中覓食，不幸的是台南縣當地農民常為了節省人工與防止水稻種子被覓食，而在稻種內加入氨基甲酸鹽的有毒農藥，使水雉常有被毒死的慘況(翁 2008)。如在

2009年12月至2010年1月間在台南縣計有71隻水雉屍體被發現(聯合報2010年1月20日報導),致使水雉存活的族群遭受更嚴重的威脅,因此水雉繁殖區域內無毒環境的提供及繁殖棲地的有效規劃就更爲重要了。

水雉是一妻多夫制(polyandry)繁殖的鳥類,雌鳥的個體較雄鳥大,並主動吸引雄鳥繁殖。有研究指出一妻多夫制繁殖的鳥類,在繁殖失敗率高的情況下,雄鳥負責擔負起大部分親鳥的撫育工作,可以減輕雌鳥生殖上的負擔,而產下較多的子代(Betts and Jenni 1991; Butchart 2000; Mace 2000)。雄鳥育幼的情形也較雌鳥更爲常見,而推測這情形是在環境多變影響繁殖成功的情況下,長期演化遺傳而產生(Osborne 1982; Andersson 2005)。在官田水雉復育區也發現在繁殖期間雌鳥花較多的時間在覓食,以補充多次生殖所需要的能量(Chen *et al.* 2008)。水雉科鳥類的蛋有很高的繁殖失敗率,有些可高達80%以上(Osborne 1982; Mace 2000),甚至最高可達94.4%(Butchart 2000)。台灣地區水雉的繁殖失敗率沒有上述那麼高的情形,但也曾高達49.0%(Chen *et al.* 2008)。所以在水雉繁殖失敗率高的情況下,如何營造較穩定且適合水雉繁殖的棲地,以提高水雉繁殖的成功率,是水雉保育工作的重要課題。

高屏溪舊鐵橋人工濕地是台灣第一座以淨化水質爲目標的人工濕地,提供了濕地淨水的功能,也營造出休閒遊憩的空間和生物多樣性保育的場域,並規劃未來能成爲水雉繁殖的重要棲息地(羅 2006)。它於2004年整地完成開始進水,2006年即有水雉出現並開始築巢繁殖,但可惜皆未繁殖成功。在歷經2006、2007年繁殖失敗後,有需要對濕地內水雉的繁殖狀況進行詳細的調查,以探討水雉繁殖失敗的原因,並提供未來水雉繁殖棲地規劃和經營管理上重要的參考。

台灣位於亞洲的季風區,氣候受到全球暖

化強烈的影響,近百年來所增加的溫度約爲全球平均增加溫度的2倍,颶風下雨的天數與強度將較以往更爲強烈(劉等2007;陳2008)。鳥類的生態行爲受到全球暖化的影響,在全球各地不同的地區、不同的鳥種所受的衝擊也不相同(Crick 2004)。針對台灣地區鳥類的繁殖狀況是否因全球氣候變遷導致極端天氣增加,而強烈的受到天氣的影響,其中尤其以濕地中繁殖的鳥類受到更直接的衝擊,而繁殖失敗率高的水雉更迫切的需要我們做深入的調查。

材料與方法

一、研究地點

高屏溪舊鐵橋人工濕地位於高雄縣大樹鄉高屏溪右岸,面積爲116.9ha,區域內有13個面積大小不等的水池(A1-A6池及B1-B7池)(圖1),分別由來自永豐餘造紙廠處理過的排放水(A系統,A1-A6池),與來自竹寮溝溪上游未經處理過的民生廢水(B系統,B1-B7池)。其中具有較多種類且生長茂密的浮葉性植物區域共有5處,水池中常見的浮葉植物有7種及其分布如表1所示。其中以A4、A5、A6和B7等4水池邊有較茂密的植被可供水雉覓食、活動與躲藏,且離遊憩區較遠較不易受到遊客的干擾。

由於濕地規劃後的景觀優美,成爲高雄縣境內重要的休閒地區。每天的晨昏時刻及假日時間,均吸引大量遊客到此活動(羅 2006),遊客活動區域大部分集中於舊鐵橋右側區域,但偶爾少數遊客也會進入左側核心區活動,由於核心區內面積遼闊,較少對區域內的野生動物造成嚴重的干擾。

2009年的八八水災,此人工濕地被大水淹沒並沉澱大量泥砂,高度可達1m,所有水池均被填滿,景觀已完全改變。目前地方政府計畫重新整理以恢復濕地舊有的景觀,對於濕地內野生動植物棲息環境的營造,希望能以



圖 1. 2008 年高屏溪舊鐵橋人工濕地水域分布圖，A 系統水域 A1-A6 及 B 系統水域 B1-B7 共 13 水域，綠色區域(●)為水雉繁殖區域(圖像取自 Google Earth)。

Fig. 1. Distribution of 13 ponds at the Kao-Ping River Old Bridge Artificial Wetland, 2008 (A system: A1-A6; B system: B1-B7; ● the breeding area of pheasant-tailed jacana, image from Google Earth).

表 1. 2008 年高屏溪舊鐵橋人工濕地 13 處水域中(A1-B7)水生植物優勢種類與其分布

Table 1. Distribution of dominant plants in 13 ponds (A1-B7) of the Kao-Ping River Old Bridge Artificial Wetland, 2008

Species	Chinese names	Ponds												
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
<i>Nymphaea tetragona</i>	睡蓮	-	-	-	◎	○	◎	-	-	-	-	-	-	○
<i>Nymphoides indica</i>	印度荇菜	-	-	-	○	○	◎	-	-	-	-	-	-	○
<i>Ipomoea aquatica</i>	空心菜	-	-	-	◎	◎	◎	-	-	-	-	-	-	◎
<i>Ludwigia peploides</i>	黃花水龍	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	○
<i>Pistia stratiotes</i>	水芙蓉	-	-	-	◎	◎	○	-	-	-	-	-	-	-
<i>Typha orientalis</i>	香蒲	-	-	-	◎	◎	-	-	-	-	-	-	-	◎
<i>Salvinia natans</i>	槐葉萍	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○

(- no growth ○ growth ◎ dense growth)

符合水雉生存繁殖上的生態需求來加以規劃。

結 果

二、研究方法

(一) 族群與分布

本研究自 2008 年 1 月至 12 月止進行全年的觀察，自 1 月冬季非繁殖期開始，每星期中以 3 天的時間調查水雉在濕地內族群數量、活動範圍與活動地點分布。在水雉繁殖期間，每天至濕地內進行觀察，並在每星期調查中選擇 1 天做白天全日的觀察共計 22 天，在濕地中 13 個水池區域內，對於水雉出現的地區進行觀察，記錄牠們在各水池出現的地點、活動範圍、在一定點中停留時間的長短，並注意牠們在浮葉植物上蹲伏的行為，以找出可能的築巢位置。

(二) 繁殖行為

在繁殖期間為了避免進一步干擾水雉，而迫使其離開濕地，所以未對繁殖的個體上標。一般來說鳥類在繁殖領域建立後，若無受到嚴重的威脅，是不輕易放棄其已建立的領域，水雉也不例外。且由於在繁殖期間人工濕地內沒有第 3 隻水雉出現，因此假定在研究期間在此濕地範圍內，僅有 1 對繁殖的水雉。以雙筒望遠鏡(Leica 10 x 50)和單筒望遠鏡(Leica 60 x 85)在水雉繁殖期每日觀察水雉繁殖的狀況，記錄公母鳥共同出現活動地點和範圍，以每 1 hr 內水雉所在的區域做紀錄，將主要活動的地點依 13 個水池區域和區域內植被種類位置為紀錄點。在發現水雉配對行為及孵蛋蹲伏行為後，記錄水雉產卵的地點、產卵的時間與日期、築巢的浮葉植物種類、產蛋數、巢與蛋消失的日期，並尋找出繁殖失敗後遺失的蛋。

(三) 氣候因素

以鄰近舊鐵橋人工濕地的中央氣象局屏東測候站(位於屏東市)資料，比較水雉繁殖期每日的降雨量與颱風發布的時間和襲台的日期，以和水雉繁殖情況做比對分析。

一、活動與棲地環境

繁殖期間的水雉對人類活動較為警覺，人為的干擾常會影響牠們的行為和活動的範圍及巢位的選擇。在濕地中水雉的活動多出現在遠離遊客、干擾較少的核心區，且池岸邊水草較茂密的地方，在 13 個水池中，水雉的活動大多集中於 A4、A5、A6 和 B7 這 4 個水池(表 1)。

二、族群數量與行為

2008 年水雉在研究範圍內的數量，在 3 月底前的非繁殖期間最高有 6 隻，4 月中旬以後水雉的羽色已逐漸替換為繁殖羽，在活動上仍可發現集體的活動如共同覓食、移動、警戒等。進入 5 月上旬繁殖期前發現個體間相互打鬥、驅趕，族群數量減為 4 隻。這時已出現明顯的領域行為，若有其他水雉個體出現，不僅發出警告的鳴叫聲，甚至進行驅趕的動作。到了 5 月中旬濕地內僅剩下雌雄各 1 隻，此後直到 8 月底水雉繁殖結束，濕地內一直只出現 2 隻繁殖的個體。9 月繁殖期後，逐漸有其他個體出現在濕地中，2008 年 12 月在濕地內最高共出現 8 隻個體，由於出現的個體身上並無被繫放的任何標幟，無法辨別這些個體的來源。

三、繁殖行為與氣候的關係

2008 年 6 月 10 日濕地內的水雉築第一巢後產下第一個蛋，至 8 月 22 日最後一個巢繁殖失敗為止，前後共築了 5 個巢位，總計產下 18 顆蛋，平均產卵數為 3.6 個(分別為 3、4、4、4 和 3 顆)，5 個巢均位於同一水池(A6 池)內的東北角落面積約為 25 x 30m 的印度荇菜(*Nymphoides indica*)植群中，新舊巢間距離平均為 4.5m (分別為 8、1、6 及 3m) (圖 3)。但未發現有雛鳥孵出，每個繁殖巢中蛋出現存活的時間平均為 6.4 天(n=5)，繁殖失敗後到再度築巢產下另一巢第一顆蛋的間隔時間最短為 5

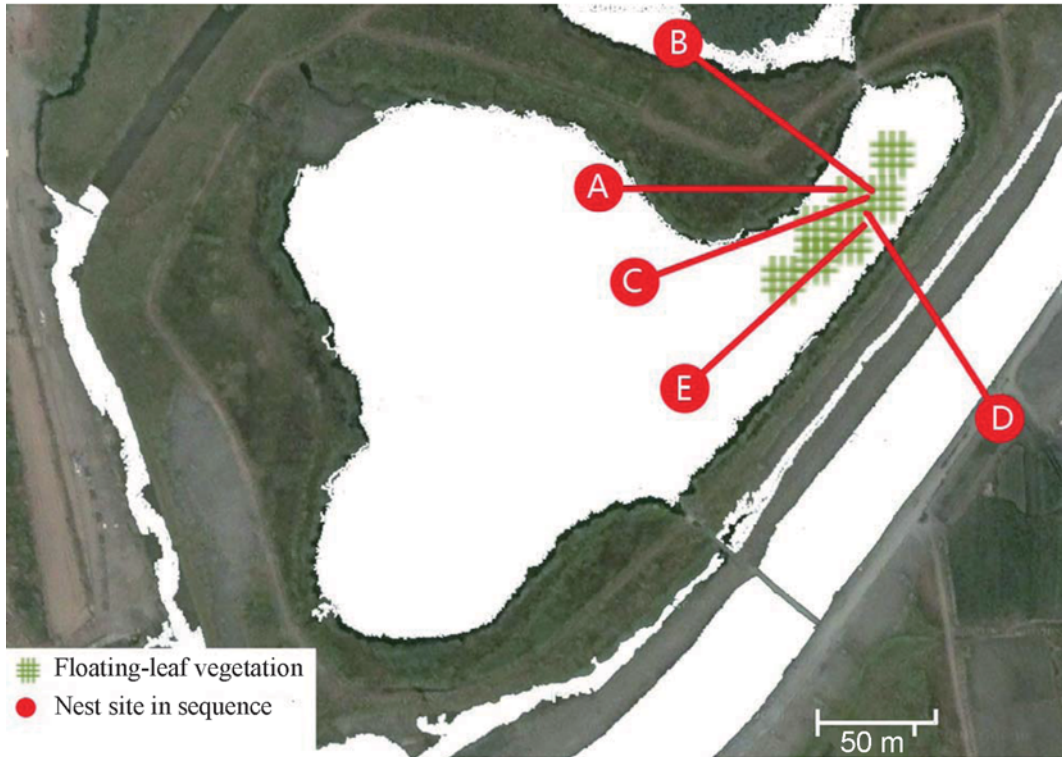


圖 2. 2008 年水雉在人工濕地 A6 池繁殖巢位分布，5 個巢位順序 A, B, C, D, E 間的巢間距離分別為 8、1、6 和 3m。繁殖區域中印度苔菜面積約為 25 x 30m，呈形狀不規則的區域。

Fig. 2. Distribution of pheasant-tailed jacana breeding nests (A, B, C, D and E) in the Kao-Ping River Old Bridge Artificial Wetland, 2008 (Image from Google earth).

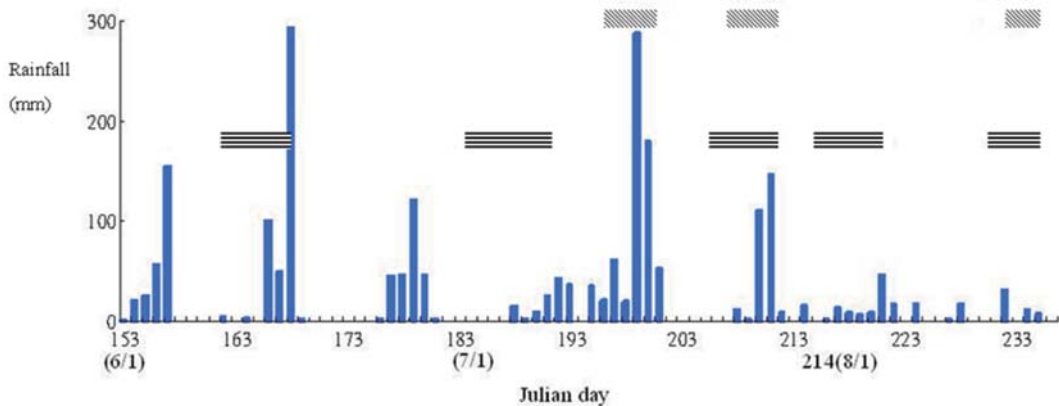


圖 3. 2008 年高屏溪舊鐵橋人工濕地內水雉繁殖期間(≡≡≡)，每日降雨量(■)與颱風警報發布時間(▨)關係圖。

Fig. 3. The relationships of breeding periods of jacana (≡≡≡) with rain falls (■) and alarm periods of typhoon (▨) at the Kao-Ping River Old Bridge Artificial Wetland, 2008.

天，平均間隔時間為 11.5 天(n=4)。母鳥產完最後一個蛋至下一巢第一個蛋間的時間間隔最短為 7 天，平均為 14.5 天(n=4)。

2008 年水雉在舊鐵橋人工濕地繁殖失敗的原因皆可歸因於氣候因素，比對水雉繁殖失敗的日期與當日氣候，降雨量分別為 293.5 mm (6月16日)、24.5 mm (7月9日)、109.5 mm (7月28日)、45.0 mm (8月8日)和 6.0 mm (8月22日)。8 月份水雉繁殖失敗當日降雨量雖僅為 45.0 mm 與 6.0 mm，但均為颱風來襲的時間。在水雉最後一巢繁殖失敗後，經過水底摸索搜尋，終於在印度荖菜的基部找到水雉的蛋，也證實了水雉繁殖巢中蛋的消失，是強風或大雨所造成蛋翻落水中。

討 論

水雉的繁殖棲地常選擇在人類干擾少，且浮葉植物生長茂密的地方。棲地中除了提供繁殖所需要的食物外，對於築巢位置的條件常是影響其在棲地中繁殖成功與否的重要環境條件。不同於台南縣官田水雉復育區與台南縣菱角田水雉的繁殖，在舊鐵橋人工濕地中僅種植印度荖菜而無菱角，因此無法探討水雉對這兩種植物繁殖利用上的比較。但是不論在印度荖菜或菱角田繁殖的巢位，在豪大雨或颱風天時，均有遭受植株流失、巢位散落，以致繁殖失敗的威脅。2009 年莫拉克颱風，更導致台南縣菱角田中繁殖的巢位有 57.4% (n=108)因植栽流失而繁殖失敗(翁 2009)。在水雉棲地營造上為避免植栽流失，應在植物基部強化植物固著，並加強保護避免大水的沖擊，繁殖棲地的營造也應該增加浮葉植物的密度。水雉巢位建築於浮葉上，較大的葉面較葉面小的植物易被強風吹起，以致巢材分離。為了避免強風吹襲巢位導致蛋的翻落，植物種類也應以葉面積較小的浮葉植物較為適合。

在高屏溪舊鐵橋人工濕地中，水雉的繁殖

期自 6 月 10 日起至 8 月 22 日最後一個巢繁殖失敗止，僅有 74 天，遠較台南地區菱角田中繁殖的水雉，自 4 月下旬至 10 月中旬為短(翁及王 2000)。但水雉在這短短的 74 天繁殖期間，平均連續在失敗後第 11.5 天再築巢下蛋繁殖，期間最短間隔僅為 5 天，較台南地區繁殖的水雉繁殖間隔最短為 7 天更為緊迫(翁及王 2000)。2008 年繁殖季中水雉在人工濕地共築巢繁殖 5 次，而在台南縣內雌水雉在繁殖季中可產下 1-6 窩蛋(翁及王 2000)。在泰國當食物供應充足時，水雉最高可以產下 4 窩蛋(Thongaree *et al.* 1995)，可見水雉在人工濕地繁殖期間食物的供應是充足的。

水雉蛋的平均重量為 11.7g，在繁殖季期間持續不斷共產下 18 個蛋，總重量約為 210.6g。水雉母鳥體重介於 190-250g 間(翁及王 2000)，所以在繁殖期間母鳥產下約相當於自己本身體重的蛋，其能量與養分的付出是相當可觀的。而且為了在繁殖期間內生產較多的子代，以彌補繁殖成功率低的困境，母鳥產卵的時間非常緊迫，由繁殖失敗後到再度築巢產下另一巢第一顆蛋的間隔時間最短為 5 天，而由上一巢產下最後一顆蛋到下一巢第一顆蛋的最短間隔時間僅為 7 天。因此在繁殖期間母鳥不僅在產卵上的負擔很重，而且還必需在較短的時間內快速補充能量，所以在繁殖期間母鳥在每日行為時間分布上，以覓食行為所占的時間最多，而非將時間花在孵蛋或育雛的繁殖工作上，這些撫育的工作皆由雄鳥負擔(Chen *et al.* 2008)。在繁殖失敗率高的情況下，對於母鳥能築較多的巢產下更多的蛋數，對雌雄親鳥的繁殖上皆有益(Jenni 1974; Emlen and Oring 1977)。

水雉繁殖的 5 個巢位均築於 A6 池面積約 25 x 30m 的印度荖菜植群中，且新舊巢間平均距離僅為 4.5m。這情形與一般鳥類繁殖失敗，即更換築巢地點到較遠處築巢的習性不同。推測原因可能為：濕地中以這區域的繁殖環境最好，無法找出更佳的繁殖地點；或是影響繁殖

成功的環境條件不是地點上的因素，而是不同繁殖時間上的天候因素，造成對繁殖中的巢位全面性的影響。依據人工濕地內水雉繁殖的現況推論，應是後者的天候因素影響較有可能。

水雉的繁殖生態受到氣候條件強烈的影響，在大雨與強風的侵襲下，常導致繁殖的失敗。由研究結果顯示，在繁殖期間當日降雨強度達 24.5 mm 以上，即可能造成水雉繁殖的失敗。若遇到颱風環流的侵襲，雖然當日降雨量只達到 6.0 mm，但在強風的吹襲下即已造成水雉繁殖的失敗。在台南縣官田水雉復育區的觀察發現，颱風造成 66.0% 的巢中鳥蛋的流失，和 85.8% 幼雛的死亡(翁 2009)。比較台南縣官田水雉復育區 2008 年的水雉繁殖狀況，發現自 2000 年至 2007 年水雉的年平均繁殖成功率為 32.6% (max=44%, min=15%, n=8)，水雉在 2008 年的繁殖成功率為 5%，顯著的低於其他年份(鍾 2009)，可見在 2008 年的惡劣氣候，同樣影響到人工濕地和官田水雉復育區內水雉的繁殖。比較這兩區域的環境條件，發現同樣有較開闊的水域空間和相互流通的水域，在強風豪雨下較容易受到風雨的侵襲。

國內有氣象學者分別整理台灣近 45 年 (1961-2005) (Shiu *et al.* 2009) 和近 28 年 (1979-2007) (Liu *et al.* 2009) 的氣象資料，發現環境中的相對濕度有下降的趨勢，且有每小時小於 4 mm 的輕微降雨次數減少，而每小時大於 10 mm 的降雨次數有增加的趨勢；而且這種趨向極端的氣象現象，在亞洲其他地方也有相似的情況。對水雉繁殖而言，極端的氣候是造成牠們繁殖失敗的重要原因之一，且水雉族群的分布又局限於亞洲南部地區，對於未來極端氣候事件增加趨勢的現象，將對水雉繁殖造成嚴格的考驗。

自 1998 至 2008 年在台南縣政府獎勵農民保育水雉的政策下，台南縣菱角田中的水雉有較高的孵化率與幼鳥離巢率(分別為 50.2% 與 64.0%) (翁 2008)，平均繁殖成功率為 33.2% (max=42%, min=24%, n=9) (吳 2009)。比較

2008 年水雉在台南縣菱角田中的繁殖成功率 (35%)，較官田水雉復育區與舊鐵橋人工濕地的繁殖狀況好，最可能的原因為台南縣菱角田常是較小面積種植，且四周均有田埂或土堤保護，不易受到強風的吹襲；且菱角田在水門的阻擋下，水位常保持穩定，縱使下雨也無強烈的水流沖散植株或巢材；菱角種植的密度較高，菱葉也較密集，水雉的蛋較不易滾落水中；另外菱葉的葉面積較印度芥菜小，也較不易受到強風的吹起，而將蛋翻落水中。目前在本地的植栽中，在還沒有找到其他對水雉繁殖更適合的植物之前，菱角仍是很好的選擇。

為因應未來極端氣候增加的趨勢，建議未來水雉保護區內的經營規劃，應考慮到強風吹襲和水流沖擊的威脅，並且需要穩固植栽和種植葉片受風面較小的植物為宜。

謝 誌

本文得以完成，感謝高雄縣政府農業處生態保育科提供經費，蘇建銘先生協助野外觀察，謹致謝忱。

引用文獻

- 行政院農業委員會林務局。2009。野生動物保育工作手冊。115 頁。台北市。
- 吳仁邦。2009。水雉棲地之經營管理。2009 年台灣鳥類論壇論文全集。259-269 頁。
- 翁榮炫。1999。水雉的天空。帝雉 4(8): 6-27。
- 翁榮炫。2009。莫拉克颱風對水雉繁殖的影響。2009 年台灣鳥類論壇論文全集。110-116 頁。
- 翁榮炫、王建平。2000。水雉的生殖生物學研究。台灣濕地雜誌(17): 18-26。
- 翁義聰。2008。台南縣歷年水雉保育計畫成果分析。行政院農業委員會林務局。
- 陳雲蘭。2008。百年來台灣氣候的變化。科學

- 發展 424: 6-11。
- 劉紹臣、許乾忠、陳正平。2007。台灣地區之氣候變遷：區域及全球效應。中央研究院學術諮詢總會通訊 15: 72-75。
- 鍾孟瑾。2009。台灣官田復育區水雉的繁殖動態與生殖行為之野外調查。2009年台灣鳥類論壇論文全集。119-121頁。
- 羅柳擘。2006。高屏溪右岸舊鐵橋河川生態復育工程後續監測。高雄縣政府。
- Andersson, M. 2005. Evolution of classical polyandry: Three steps to female emancipation. *Ethology* 111: 1-23.
- Betts, B. J. and D. A. Jenni. 1991. Time budgets and adaptiveness polyandry in Northern Jacanas. *Wilson Bulletin* 103: 578-597.
- Butchart, S. H. M. 2000. Population structure and breeding system of the sex-role reversed, polyandrous Bronze-winged Jacana *Metopidius indicus*. *Ibis* 142: 93-102.
- Chen T. C., Y. S. Lin and T. S. Ding. 2008. Time budget of polyandrous pheasant-tail Jacana (*Hydrophasianus chirurgus*) during breeding season in Taiwan. *Taiwania* 53(2): 107-115.
- Crick, H. Q. P. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis* 146 (Supplement 1): 48-56.
- Emlen, S. T. and L. W. Oring. 1977. Ecology, sexual selection and evolution of mating system. *Science* 197: 215-223.
- Jenni, D. A. 1974. Evolution of polyandry in birds. *American Zoologist* 14: 129-144.
- Liu, S. C., C. Fu, C. J. Shiu, J. P. Chen and F. Wu. 2009. Temperature dependence of global precipitation extremes, *Geophysical Research Letters* 36 (L17702): 1- 4.
- Mace, T. R. 2000. Time budget and pair-bond dynamics in the comb-crested Jacana *Irediparra gallinacean*: A test of hypothesis. *Emu* 100: 31-41.
- Osborne, D. R. 1982. Replacement nesting and polyandry in the Wattled Jacana. *Wilson Bulletin* 94: 206-208.
- Shiu, C. J., S. C. Liu and J. P. Chen. 2009. Diurnally asymmetric trends of temperature, humidity and precipitation in Taiwan. *Journal of Climate* 22: 5635-5649.
- Thong-aree, S., O. Khobkhet, V. Lauhachinda and S. Pong-Umpai. 1995. Breeding biology of pheasant-tailed Jacana *Hydrophasianus chirurgus* in central Thailand. *Natural History Bulletin Siam Society* 43: 289-302.
- Ueng, Y. T. and Y. C. Yang. 2008. The strength of non-governmental organizations for protection of the pheasant-tail jacana in Taiwan. In "Asian Wetland Global Position" 2008 Asian Wetland Convention and Workshop (2008/10/23-24). Society of Wetland Scientists (SWS) Asia Chapter.
- Yu, Y. T. 2009. International Black-faced Spoonbill Census 2008 & 2009. Black-faced Spoonbill Research Group, Hong Kong Bird Watching Society, Hong Kong.

First Documented Nesting of the Red-Whiskered Bulbul *Pycnonotus jocosus* in Taiwan

紅耳鶇(*Pycnonotus jocosus*)在臺灣的首次繁殖報告

Bruno A. Walther^{1, 2, *}

布魯諾·華爾特^{1, 2, *}

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² College of Public Health and Nutrition, Taipei Medical University, Taipei, Taiwan

¹ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

² 台北醫學大學公共衛生暨營養學院 台北市吳興街250號

* Corresponding author: bawalther2009@gmail.com

* 通訊作者: bawalther2009@gmail.com

Abstract

The red-whiskered bulbul *Pycnonotus jocosus* is widely distributed across south-east Asia but does not occur naturally in Taiwan. Recent evidence suggests that it may be in the process of establishing itself in Taiwan with breeding evidence reported from two localities in Taipei City. This paper reviews the observational records of the red-whiskered bulbul sightings in Taiwan since 1985, and then reports its first documented nesting attempt in May 2010. Furthermore, the incubation period, nestling period, breeding dates and predation of red-whiskered bulbul nestlings in the literature were briefly reviewed. The likelihood and possible consequences of a successful establishment of the red-whiskered bulbul in Taiwan were discussed, ending with a short summary of the number of exotic bird species that have been recorded and bred in the wild in Taiwan.

摘要

紅耳鶇(*Pycnonotus jocosus*)廣泛分布於東南亞，但並不自然分布於台灣。然而，由近年於台北市 2 個不同地點的野外繁殖紀錄，顯示其於台灣可能正處於建立族群的過程中。本文審視 1985 年後紅耳鶇於台灣的觀察紀錄，及首次詳細報導 2010 年 5 月紅耳鶇於野外的 1 次繁殖嘗試。本文亦回顧紅耳鶇的孵蛋期、育雛期、繁殖日期及可能的鳥巢天敵，並討論紅耳鶇於台灣建立族群的可能性，以及其後續可能衍生的影響。

Key words: invasive species, nesting, red-whiskered bulbul *Pycnonotus jocosus*, Taiwan

關鍵詞：入侵種、外來種、築巢、紅耳鶇、台灣

Received: October 13, 2010

Accepted: March 21, 2011

收件日期：99 年 10 月 13 日

接受日期：100 年 3 月 21 日

Introduction

The red-whiskered bulbul *Pycnonotus jocosus* is widespread throughout the central and eastern parts of the sub-Indian continent and south-east Asia, but does not naturally occur in Taiwan. Within its distributional range, it is relatively common in areas at elevations below 2,000m, which are nowadays mostly anthropogenic landscapes, such as secondary scrub, roadsides, parklands, orchards, urban and suburban gardens and parks, but also more open natural habitats, such as dense hilly woodlands, reed beds, and edges of forests and mangroves, where the red-whiskered bulbul opportunistically feeds mostly on fruits but also on flower buds, nectar, invertebrates and even kitchen waste. Because of its wide distributional range and consequently large global abundance, it is not globally threatened, though it has been almost or entirely extirpated over

substantial parts of its range due to hunting and trapping (Fishpool and Tobias 2005).

Methods and Results

Field work was carried out with the help of Leica 7 x 42 BA binoculars, a stopwatch, and a Canon EOS camera. A literature search was conducted through the internet, especially the Web of Science, but also Google.

Previous observations

In Taiwan the red-whiskered bulbul is sold in pet stores because it is a popular cage bird and may also be released during religious ceremonies, the so-called 'prayer animal release' (Severinghaus and Chi 1999; Shieh *et al.* 2006; Agoramoorthy and Hsu 2007; Shiu and Stokes 2008). In the wild the first individual was recorded on 2 June 1985 in Feicuigu, Shiding Township, Taipei County.

Since then, the number of observations increased until 1999 and then decreased again, either because reporting decreased or because red-whiskered bulbuls actually decreased, as ascertained by I. Y. Chen (see below). Observations were made during all months of the year, mostly in Taipei City and Taipei County (169 observations (90%) out of a total of 188 observations). The remaining observations were made at 10 locations in Kaohsiung City, and Nantou, Taichung, Tainan and Taoyuan Counties (Table 1).

The highest number of observations at one location was 59 made along Zhuhai Road, Beitou District, Taipei, from 1999 to 2004. This district was also the only district in Taiwan of having more than five individuals observed at a single occasion; the highest was 20 individuals on 19 November 1999. According to B. S. Shieh (personal communication 2010), young birds were observed during this period in Quanyuan Park which runs along Zhuhai Road. As a result, Shieh *et al.* (2006) listed the red-whiskered bulbul as breeding in the wild in Taiwan.

However, I was able to contact the original observer of the above records, I. Y. Chen (personal communication 2011), who provided me with the following details: In 1999, there were up to 20 individuals moving in one to three groups in an area of several hectares of gardens and scrubs covering a mountainside north of the local river and around Cihui Temple at the upper end of Zhuhai Road. Very rarely (<10% of observations) were individuals observed away from this core area. They were regularly found and often roosted overnight in large trees along the river, and fed from the following plant species: *Acacia confusa*, *Bischofia javanica*, *Broussonetia papyrifera*, *Cerbera manghas*, *Cinnamomum camphora*, *Cyclo-*

balanopsis glauca, *Ficus microcarpa*, *Ficus superba*, *Hibiscus taiwanensis*, *Hibiscus tiliaceus*, *Koelreuteria henryi*, *Liquidambar formosana*, *Macaranga tanarius*, *Machilus thunbergii*, *Mallotus paniculatus*, *Miscanthus floridulus*, *Morus australis*, *Prunus campanulata*, *Sapindus mukorossii*, *Sapium sebiferum*, *Schefflera octophylla*, *Terminalia catappa*, *Trema orientalis* and *Ulmus parvifolia*. Contrary to Shieh *et al.* (2006), I. Y. Chen did not observe any breeding attempts or young birds.

When coming into contact with black drongos *Dicrurus macrocercus*, black bulbuls *Hypsipetes leucocephalus* or Chinese bulbuls *Pycnonotus sinensis*, the red-whiskered bulbuls called and puffed out their feathers, but invariably retreated to avoid physical attack. Over several years, the number of individuals gradually decreased until all individuals disappeared from the area, despite repeated searches being made in the wider surroundings of Quanyuan Park. I also did not observe any red-whiskered bulbuls in and around Quanyuan Park on 25 October 2010 and 22 January 2011.

First breeding record

On 5 November 2009, I first encountered two adult red-whiskered bulbuls sitting side by side on a telephone wire (25°01'04.1"N, 121°33'47.9"E ± 8m, measured with *GARMIN GPSmap 60CSx*) going across the cemetery just below the Ling-an Tower of the Congde Temple, Taipei (Fig. 1). All subsequent observations were made at this location, whereby the two adults were never spotted farther than 100m from and usually within a 50m radius of their favourite outlook perch on the wire (distances determined using GPS coordinates and www.gpsvisualizer.com/calculators).

Table 1. Summary of 188 observations of red-whiskered bulbuls from the wild in Taiwan and registered in the database of the Chinese Wild Bird Federation up to 1 October 2010 and from this study

Year	Months	Number of observations	Range of observed individuals	Locations
1985	6	1	1	Feicuigu, New Taipei City (新北市翡翠谷)
1987	2, 3, 11	4	1-2	Botanical Garden, Taipei City (台北市植物園)
1988	2	1	1	Botanical Garden, Taipei City (台北市植物園)
1992	1	1	1	Botanical Garden, Taipei City (台北市植物園)
1993	6	1	2	Botanical Garden, Taipei City (台北市植物園)
1995	1, 2	2	2	Botanical Garden, Taipei City (台北市植物園)
1996	1-5, 7	11	1-5	Botanical Garden, Taipei City (台北市植物園)
1997	2, 4-6, 8, 10, 12	17	1-4	Botanical Garden, Taipei City (台北市植物園); Luliao, Tainan City (台南市白河鹿寮); Yeliu, New Taipei City (新北市野柳)
1998	2-3, 9, 11, 12	7	1-4	Botanical Garden and Huajiang Bridge, Taipei City (台北市植物園及華江橋); Luliao, Tainan City (台南市白河鹿寮)
1999	1, 2, 4, 5, 7-12	44	1-4, 6-10, 12-13, 15, 20	Botanical Garden, Guangzhou Street, Huajiang Bridge, Zhuhai Road, all in Taipei City (台北市植物園、廣州街、華江橋、珠海路); Yeliu, New Taipei City (新北市野柳)
2000	1-12	35	1-4, 6	Botanical Garden, Huajiang Bridge, National Taiwan University, Yangmingshan, Zhongzhengshan, Zhuhai Road, all in Taipei City (台北市植物園、華江橋、台灣大學、陽明山、中正山、珠海路); Liyutan, Nantou County (南投縣埔里鯉魚潭); Luliao, Tainan City (台南市白河鹿寮)
2001	1-5, 7-10, 12	20	1-3	Huajiang Bridge and Zhuhai Road, Taipei City (台北市華江橋及珠海路); Zhitan, New Taipei City (新北市直潭); Chaishan, Kaohsiung City (高雄市柴山); Shimen Reservoir, Taoyuan County (桃園縣石門水庫); Sicao, Tainan City (台南市四草)
2002	1, 3, 6, 10, 11	9	1-2, 7	Guandu, Huajiang Bridge, Zhuhai Road, all in Taipei City (台北市關渡、華江橋、珠海路); Sun Moon Lake, Nantou County (南投縣日月潭)
2003	2, 5, 9	5	1-2	Guandu and Zhuhai Road, Taipei City (台北市關渡、珠海路)
2004	3, 4, 6, 7	7	1-2	Guandu and Zhuhai Road, Taipei City (台北市關渡、珠海路); Nihu, Nantou County (南投縣竹山牛湖)
2005	3, 4, 6, 10	6	1-2	National Taiwan University, Taipei City (台北市台灣大學); Jinmin, New Taipei City (新北市三峽金敏); Chaishan, Kaohsiung City (高雄市柴山); Shitoupu, Nantou County (南投縣埔里石頭埔); Toubiankeng, Taichung City (台中市太平頭汴坑)
2006	2, 5, 8	3	1-2	Kuei-Tzu-Keng, Pei-Tou and National Taiwan University, Taipei City (台北市貴子坑、北投、台灣大學); Wazaiwei, New Taipei City (新北市挖仔尾)
2007	3-5	3	1, 3	Sikanshui and Qingshui, New Taipei City (新北市新店四崁水、土城清水); Chaishan, Kaohsiung City (高雄柴山)
2008	8	1	1	Bitang, New Taipei City (新北市碧潭)
2009	1, 3, 11	3	1-2	Sun Moon Lake and Yanshan, Nantou County (南投日月潭、竹山延山); Congde Temple, Taipei City (台北市崇德寺)
2010	3, 5	7	2, 4*	Congde Temple, Taipei City (台北市崇德寺)

* This number refers to the two adults and two nestlings described in this study.



Fig. 1. The cemetery photographed on 13 May 2010 (the white Ling-an Tower (崇德寺, 靈安塔) at $25^{\circ}01'02.3''\text{N}$, $121^{\circ}33'49.0''\text{E}$ belongs to the Congde Temple, opposite off 297 Congde Street (崇德街 297 號對面), Taipei City). The right tree in the middle of the inlet photo whose location is indicated by the arrow contained the nest of the red-whiskered bulbul at $25^{\circ}01'04.1''\text{N}$, $121^{\circ}33'49.0''\text{E}$.

The presumably same two adults were again observed on 6 and 28 March 2010 (all dates from hereon refer to 2010). On the latter occasion, both adults groomed for about 2 min while perched on the wire before one adult approached two Chinese bulbuls sitting on the same wire by hopping closer and closer, several times changing directions, when alighting onto the wire. This behaviour, perhaps to impress the partner, was also observed by Carleton and Owre (1975) during breeding times of the red-whiskered bulbul.

On 9 May at 17:39 hours, one of the adults began grooming for about 10 min on the wire. It mostly looked out from the wire during the next 10 min. During the next four min, it moved from the top of a bush to a cemetery wall to a small statue before swiftly disappearing into a two-metre high tree at 18:03 hours (Fig. 1). I then scared the adult off its nest which was at about 1.9m height within the dense crown of the tree, attached to small branches and only partly hidden by vegetation (Fig. 2). The nest contained three



Fig. 2. Two-metre tall tree which contained the nest of the red-whiskered bulbul (top inlet photo showing a close-up of the abandoned nest; bottom inlet photo showing a close-up of the breeding adult whose top of the head is visible in the middle of the photo, with the beak pointing left; all photos taken on 13 May 2010).

eggs, white in colour with a purplish hue and medium to dark purple and bluish blotches concentrated on the obtuse end (Fig. 3). During this and subsequent visits, one or both adults invariably moved to a nearby spot, usually the wire, and repeatedly called, e.g., a repeated *chir-drrr*, with the second syllable being lower.

I revisited the nest on 13, 15 and 19 May,

always late in the afternoon, to photograph the nestlings and egg (Figs. 4-7). On 13 May the nestlings were still naked with closed eyes (Fig. 4), a condition which Carleton and Owre (1975) refer to as *psilopaedic*. Van Riper *et al.* (1979) observed that the nestlings were naked at hatching, had pin feathers and closed eyes at 3 days old, were fully feathered at 10 days old and fledged

after 12 days. Therefore, these nestlings were probably about 1-2 days old because they did not even have pin feathers (Fig. 4). On 15 May the nestlings' eyes were still closed, and they were mostly naked with emerging feather quills only showing on the wings and down the spine (Fig. 5). On 19 May I collected the egg (Fig. 3) as it was apparently infertile. The nestlings had opened their eyes, and they had feather quills covering most of their bodies (Figs. 6 and 7). On 21 May at 17:40 hours, the two adults sat on a nearby bush, but the absence of any alarmed scolding

despite my approach was confirmed when the nest was found empty. Many small down feathers and a few contour feathers in the nest and the surrounding vegetation pointed towards a previous struggle. On 1 June with no adults around anymore, I also collected the nest which was a small open cup made of grasses, herbs, a few green leaves, and few pieces of paper weighing about 5 grams after extensive drying. Its external dimensions were 130 x 110 mm horizontally and 60 mm vertically, and its internal dimensions were 70 x 50 mm horizontally and 30 mm vertically (Fig. 8).



Fig. 3. The egg (length 19 mm, width 15 mm) collected from the red-whiskered bulbul nest on 19 May 2010.



Fig. 4. An egg and two nestlings (about 32 mm long measured from bodily bottom to point between beak and skull) of red-whiskered bulbul photographed on 13 May 2010.



Fig. 5. An egg and two nestlings (about 45 mm long measured from bodily bottom to point between beak and skull) of red-whiskered bulbul photographed on 15 May 2010.



Fig. 6. Nestlings (about 65 mm long measured from bodily bottom to point between beak and skull) of red-whiskered bulbul photographed on 19 May 2010.



Fig. 7. The larger nestling of red-whiskered bulbul and a close-up of its face photographed on 19 May 2010.



Fig. 8. The nest collected on 1 June 2010 (black bar, 20 mm).

Discussion

Comparison with previous published literature

The placement, materials, dimensions and clutch size of the nest observed in this study accorded very much with those of wild populations reported by Fishpool and Tobias (2005), and adult behaviours around the nest were similar to those reported by Carleton and Owre (1975).

The previously reported incubation and nestling periods are 11-14 and 12-14 days, respectively (Van Riper *et al.* 1979; Fishpool and Tobias 2005). Given their size and appearance, the nestlings of this study fledged between 9 and 13 May and most likely on 11-12 May, and were presumably predated between 19-21 May. Therefore, this breeding date fits perfectly well with those of wild populations that were reported as April-May in the Andamans and northern Thailand, February-July in Peninsular Malaysia, and March-October in northern India and December-May in southern India (Fishpool and Tobias 2005).

Fishpool and Tobias (2005) reported that “because bulbul nests are large and poorly concealed, and partly because adult birds are not particularly circumspect in their vicinity, they seem to suffer inordinately high predation rates.” In most studies of pycnonotids, only 10% of eggs produce fledglings, with typical predators being corvids, lizards, snakes and monkeys. Accordingly, heavy predation was reported for the red-whiskered bulbul (Fishpool and Tobias 2005). Almost certainly, the nest observed in this study was also predated, as the large number of downy feathers found around the nest point towards a struggle of the adults with a predator. The Taiwan Macaque *Macaca cyclopis* is an important nest predator in Taiwan, but it was not present at this site, while Taiwanese lizards

are not nest predators due to their small size. Possible predators present at the site were the grey treepie *Dendrocitta formosae* and the black-billed magpie *Pica Pica*. The crested goshawk *Accipiter trivirgatus* and snakes were also possible nest predators, as were feral cats which were very abundant in Taipei due to some people regularly feeding them, sometimes on a daily basis, and which were regularly seen in the vicinity of the nest.

Likelihood of successful establishment

Blackburn *et al.* (2009) pointed out that, for a successful invasion to happen, a species must pass several invasive stages: transport, release, and establishment. Red-whiskered bulbuls are sold in Taiwan as cage birds, and individuals must escape or be released as the observations in the wild demonstrate (Table 1). This documented nesting attempt indicates that the red-whiskered bulbul may now be in the process of establishing itself in Taiwan. However, several studies (cited in Blackburn *et al.* 2009) showed that propagate pressure (which combines the number of introduction events and the number of individuals per introduction) is positively related to establishment success. These studies also indicated that introductions of fewer than 20 individuals will very likely be unsuccessful. In the case of the red-whiskered bulbul, it may be safely assumed that both introduction events and the number of individuals per introduction are most likely to be very low in Taiwan, with just one or a few individuals escaping or being released during each event. Given the consistently high predation rate on bulbul nests, as confirmed in this study, the likelihood of establishment seems rather low, though Clergeau and Mandon-Dalger (2001) reported that only 2-6 pairs were needed for successful establishment in several locations.

This observation and the availability of large and suitable anthropogenic landscapes which could be invaded by the red-whiskered bulbul count in its favour. Once established it can colonize an entire island, such as the 2,515 km² island of Réunion, within a few decades (Clergeau and Mandon-Dalger 2001). Therefore, the red-whiskered bulbul should be included in monitoring programs, observers should watch out for signs of breeding, and individuals should be destroyed if the species is deemed a potential menace for the native biota.

Possible impacts of establishment

The red-whiskered bulbul has managed to establish itself in several other locations, for example, in the Arabian peninsula, Mauritius, Réunion, Comoros, Nicobars, Seychelles, Malaysia, Singapore, Borneo, Java, Sumatra, Hong Kong, Japan, eastern Australia, Hawaii, California and Florida (Barré *et al.* 1996; Mandon-Dalger *et al.* 1999; Clergeau and Mandon-Dalger 2001; Chan 2004; Eguchi and Amamo 2004; Leven and Corlett 2004; Yap and Sodhi 2004; Lever 2005; Fishpool and Tobias 2005). In some regions, it is considered a pest species mostly of fruits and vegetables, but it has both beneficial and harmful impacts on agriculture (Long 1981; Clergeau and Mandon-Dalger 2001; Yap and Sodhi 2004; Lever 2005). Because of its mostly frugivorous habit, the red-whiskered bulbul is also an important seed disperser of native and exotic plant species (Carleton and Owre 1975; Clergeau and Mandon-Dalger 2001; Leven and Corlett 2004). It sometimes predated native eggs, nestlings and arthropods (Barré *et al.* 1996; Clergeau and Mandon-Dalger 2001; Lever 2005) and may act as a reservoir of avian malaria in Hawaii (Lever 2005).

The red-whiskered bulbul can also be aggressive

towards native bird species (Eguchi and Amano 2004). Upon its establishment in the Nicobars, it has become so abundant that it may be replacing sparrows and the formerly common endemic Nicobar bulbul *Ixos nicobariensis* which is now threatened (Fishpool and Tobias 2005). In the Mascarenes Islands, the red-whiskered bulbul may be negatively affecting several endemic and endangered species, such as the Mauritius bulbul *Hypsipetes olivaceus*, the Mauritius cuckoo-shrike *Coracina typica*, the Mauritius kestrel *Falco punctatus* and the pink pigeon *Nesoenas mayeri* (Jones 1996; Lever 2005). On Mauritius, the red-whiskered bulbul competes for food with two endangered endemic species (Lever 2005). Moreover, methods used by farmers to limit red-whiskered bulbuls, e.g., bird lime and pesticides, may also impact endemic birds (Clergeau and Mandon-Dalger 2001).

Despite being rather similar in behaviours, Chan (2004) found that the red-whiskered bulbul has largely displaced the Chinese bulbul in Hong Kong's suburban areas but not in more rural, semi-natural and natural habitats since the red-whiskered bulbul's introduction many decades ago, before which the Chinese bulbul was abundant everywhere. Given Chan's (2004) study and the seemingly aggressive behaviour of the red-whiskered bulbul towards the Chinese bulbul observed in Taipei (see above), the red-whiskered bulbul could potentially displace the abundant Chinese bulbul as well as the much less abundant and endemic Taiwan bulbul *Pycnonotus taivanus*, at least in the anthropogenic landscapes of Taiwan.

Because of its demonstrated potential to displace native birds and disperse non-native plants, the red-whiskered bulbul may not be imported into Tasmania (Anonymous 2010). While

an import stop of the red-whiskered bulbul as well as for many other exotic bird species is unlikely to be implemented any time soon in Taiwan, because of their widespread popularity as cagebirds, all the aforementioned examples reinforce the potential threat of the red-whiskered bulbul's establishment into a novel environment, such as Taiwan. Clergeau and Mandon-Dalger (2001) estimated that the successful eradication of this species is only possible within the first 3-5 years after establishment, a date which may already have passed for Taiwan (Table 1).

Increase of exotic birds in Taiwan

Because of the large numbers of exotic birds entering Taiwan through the bird trade, many of which escape or are being released, Taiwan has seen a steady increase in both the number of exotic bird species that have been observed and that have established themselves in the wild. Severinghaus and Chi (1999) reported that 68 species of exotic bird species were recorded and 16 species had bred in the wild in Taiwan since 1995. Only a few years later, this number had increased to 75 species having been recorded and 18 species having been established (Agoramoorthy and Hsu 2007), while another study reported 28 established species (Shieh *et al.* 2006). The most recent enumerations listed 32 (Brazil 2009) and 39 established species (M. W. Fan, In prep.). This rather rapid increase in exotic bird species should be of concern to Taiwanese conservationists and policy-makers. With increased educational efforts and publicity, perhaps national sentiments towards importing exotic birds can be reversed.

Acknowledgements

I thank Linda Arrigo for introducing me to the site and providing the local names in English and Chinese, Emily Dai for translations and logistical support, Meng-Wen Fan for providing the most recent list of exotic bird species breeding in the wild in Taiwan, the Chinese Wild Bird Federation for access to their database, Ruey-Shing Lin for compiling the data of the occurrence of the red-whiskered bulbul in the wild from the Chinese Wild Bird Federation database and for other helpful comments on the subject, and Yin-Yen Chen and Bao-Sen Shieh for providing information about breeding red-whiskered bulbuls. This study was supported in part by the grants NSC 99-2811-B-329-001 and NSC 99-2321-B-329-001 from the National Science Council of Taiwan.

Literature Cited

- Agoramoorthy, G. and M. J. Hsu. 2007. Ritual releasing of wild animals threatens island ecology. *Human Ecology* 35: 251-254.
- Anonymous. 2010. Importing and keeping birds in Tasmania. List of available species and import guide. Department of Primary Industries, Parks, Water and Environment. Resource Management and Conservation. Hobart, Tasmania, Australia.
- Barré, N., A. Barau and C. Jouanin. 1996. Oiseaux de la Réunion. Les Editions du Pacifique, Paris, France.
- Blackburn, T. M., J. L. Lockwood and P. Cassey. 2009. Avian invasions: The ecology and evolution of exotic birds. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Brazil, M. 2009. Birds of East Asia. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

- Carleton, A. R. and O. T. Owre. 1975. The red-whiskered bulbul in Florida: 1960-71. *Auk* 92: 40-57.
- Chan, E. 2004. Space partitioning by two common bulbuls in Hong Kong. *Porcupine!* 31: 8-9. www.hku.hk/ecology/porcupine/por31/31-vert-4-bulbul.htm#index4
- Clergeau, P. and I. Mandon-Dalger. 2001. Fast colonization of an introduced bird: The case of *Pycnonotus jocosus* on the Mascarene Islands. *Biotropica* 33: 542-546.
- Eguchi, K. and H. E. Amano. 2004. Spread of exotic birds in Japan. *Ornithological Science* 3: 3-11.
- Fan, M. W. A photographic guide to the alien invasive birds of Taiwan. In preparation.
- Fishpool, L. D. C. and J. A. Tobias. 2005. Family Pycnonotidae (Bulbuls). pp. 124-250 *In*: Hoyo, J., A. Elliott and D. A. Christie (eds.). *Handbook of the birds of the world. Vol. 10. Cuckoo-shrikes to thrushes.* Lynx Edicions, Barcelona, Spain.
- Jones, C. G. 1996. Bird introductions to Mauritius: Status and relationship with native birds. pp. 113-123. *In*: J. S. Holmes and J. R. Simons (eds.). *The introduction & naturalisation of birds.* Stationery Office Publ. Centre, London.
- Leven, M. R. and R. T. Corlett. 2004. Invasive birds in Hong Kong, China. *Ornithological Science* 3: 43-55.
- Lever, C. 2005. *Naturalized birds of the world.* T & A D Poyser, London.
- Long, J. L. 1981. *Introduced birds of the world.* Reed, Sydney.
- Mandon-Dalger, I., M. Le Corre, P. Clergeau, J. M. Probst and N. Besnard. 1999. Modalités de la colonisation de l'île de la Réunion par le Bulbul orphée (*Pycnonotus jocosus*). *Revue Ecologie (Terre Vie)* 54: 283-295.
- Severinghaus, L. L. and L. Chi. 1999. Prayer animal release in Taiwan. *Biological Conservation* 89: 301-304.
- Shieh, B. S., Y. H. Lin, T. W. Lee, C. C. Chang and K. T. Cheng. 2006. Pet trade as sources of introduced bird species in Taiwan. *Taiwania* 51: 81-86.
- Shiu, H. and L. Stokes. 2008. Buddhist animal release practices: Historic, environmental, public health and economic concerns. *Contemporary Buddhism* 9: 181-196.
- Van Riper, C., S. G. Van Riper and A. J. Berger. 1979. The red-whiskered bulbul in Hawaii. *Wilson Bulletin* 91: 323-328.
- Yap, C. A. M. and N. S. Sodhi. 2004. Southeast Asian invasive birds: Ecology, impact and management. *Ornithological Science* 3: 57-67.

七股瀉湖潮間帶底棲多毛類群聚及其與環境因子之關係
Abundance and Species Diversity of Benthic Polychaetes in
Relation to Sediment Environmental Variables in the Intertidal
Zone of Cigu Lagoon, Taiwan

邱英哲¹ 沈子耘¹ 黃家勤^{2,*} 王一匡² 許晉榮¹ 葉信利¹

Ying-Jer Chiu¹, Tzu-Yun Shen¹, Chi-Chin Hwang^{2,*}, Yi-Kuang Wang²,
Jinn-Rong Hseu¹ and Shinn-Lin Yeh¹

¹ 行政院農業委員會水產試驗所海水繁養殖研究中心 台南縣七股鄉三股村海埔 4 號

² 國立台南大學生態科學與技術學系 台南市樹林街二段 33 號

¹ Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute, Cigu, Tainan, Taiwan

² Department of Ecoscience and Ecotechnology, National University of Tainan, Tainan, Taiwan

* 通訊作者: nutn200@gmail.com

* Corresponding author: nutn200@gmail.com

摘 要

本研究於 2009 年 1 月至 10 月，在台南七股瀉湖地區 5 個不相連潮間帶，分別設置 5 個樣區共 25 樣點，對底棲多毛類的種類組成、群聚結構與棲地環境進行 4 次採樣研究。調查期間採得的多毛類共 748 隻，分 19 科 25 種，其中以沙蠶科(Nereidae)的腺帶刺沙蠶(*Neanthes glandicincta*)、錐頭蟲科(Orbiniidae)的尖錐蟲(*Scoloplos* sp.)、海稚蟲科(Spionidae)的印度海稚蟲(*Malacoceros indicus*)、小頭蟲科(Capitellidae)的小頭蟲(*Capitella* sp.)為主要優勢種，合占總數 72.2%。底質環境調查結果顯示，此一區域潮間帶底質特性受到海源與陸源作用交互影響，其中粒徑分布主要受到潮流影響，由南北兩個潮口往瀉湖中央區粒徑逐漸變小，各樣區間粒徑分布有顯著差異。與粒徑相關之因子如有機碳、有機氮與含水率等，在各樣區之間也有顯著差異。在空間分布上，位於河流端之樣區受到河川有機質輸入影響，其底棲多毛類之數量與多樣性都最高。在時間分布上，底棲多毛類數量也有顯著的季節性差異，族群總數量在 1 月處於高峰，往後月份逐漸下降，但小

頭蟲數量則有逐季上升的情況。位於七股溪口的七股溪樣站，受到河川陸源因子之顯著影響，其多毛類種類與數量之季節性變動尤為顯著。根據樣區環境因子相關數據，使用非度量多維尺度 (NMDS) 及典型相關分析 (CCA)，可將七股潮間帶區分為 4 個類群。結果顯示類群組成與環境因子具有相關性，如大寮外排潮間帶之類群組成主要受鹽度及底質有機質含量影響，七股溪潮間帶類群組成與有機質含量具有關聯性，低豐度、低物種數及低多樣性之龍山潮間帶類群組成則受底質顆粒粒徑影響較大。

Abstract

Benthic polychaetes and sediment data (temperature, conductivity, particle size, and contents of organic matters, total nitrogen, and total organic carbon) were collected seasonally at five stations in the intertidal zone of Cigu Lagoon in Tainan, Taiwan, from January to October 2009. A total of 748 individuals of polychaetes belonging to 25 species and 19 families were collected. *Neanthes glandicincta* (Nereidae), *Scoloplos* sp. (Orbiniidae), *Malacoceros indicus* (Spionidae), and *Capitella* sp. (Capitellidae) were dominant, occupying 72.2% of the total number of polychaetes collected. Sediment particle sizes and nutrient contents were apparently influenced by tidal actions and inputs from freshwater runoffs from Cigu River and Dalien Creek. Sediment particles were finest at the stations near convergent center of the lagoon and increased in size with distance toward each of the mouths of the drainages. Total organic carbon, total organic nitrogen and water contents were negatively correlated with particle sizes. Abundance and species diversity of polychaetes were highest at the stations situated at the mouths of the drainages. Also, there was an obvious seasonal cycle in polychaetes abundance with a peak density in January. An exception was Capitellidae that showed an opposite trend in the cycle, particularly at the stations near the mouth of Cigu River. Based on the analysis of dissimilarity in species composition and environmental variables using NMDS and CCA techniques, four groups (clusters) of polychaetes communities were identified. The results indicated that abundance and species diversity of the polychaete community in the area near Daliao Creek were influenced by sediment salinity and organic contents, while those in the area near Cigu River were affected only by organic contents. Also, small grain sizes of sediments caused lower the abundance and species diversity in the Longshan intertidal zone.

關鍵詞：多毛類、群聚結構、物種多樣性、七股瀉湖，潮間帶

Key words: polychaetes, community composition, species diversity, Cigu Lagoon, intertidal zone

收件日期：99年8月9日

接受日期：100年3月21日

Received: August 9, 2010

Accepted: March 21, 2011

緒 言

多毛類為環節動物門(Annelida)的一綱，一般棲息在 5-10 cm 深的沉積物中，在大多數海岸及河口底棲環境中皆可發現(Fauchald and Rouse 1997)，其數量可以占底棲無脊椎動物的 40-80% (Ruppert *et al.* 2004)。目前被發現與記錄之多毛類已超過 10,000 種(Minelli 1993)，是海洋環境中非常值得研究、開發利用及保育的生物資源。

多毛類分布範圍極廣，為移動性低或不移動之生物，其數量及組成與底質粒徑(Gambi and Giangrande 1986)及其他環境因子有高度相關性(Hutchings 1998)。多毛類對於環境之耐受度隨種類而異，因此其數量與組成可以反映海洋環境品質狀況。又由於多毛類為海岸底棲無脊椎動物之優勢物種，因此其種類與數量對於底棲動物豐度與群聚型態具有指標性意義(Hutchings 1998; Van Hoey *et al.* 2004)。

七股瀉湖面積約 1,600 ha，為台灣現存的最大瀉湖(許 2001)，其外側有沙洲圍繞，屬半封閉的沙洲型瀉湖。由於沙洲阻絕波浪，本瀉湖之水流循環以及物質交換主要受到潮汐影響。七股沿海近年來受沙源不足、海岸開發，以及海象變化等因素影響，羅列於瀉湖外側之沙洲以每年平均 11m 的速度內移，由水利署第六河川局整理製作之七股瀉湖沙洲百年變遷圖明確顯示此一趨勢(簡 2005)。若瀉湖外側沙洲流失，則波浪將直抵海岸，瀉湖底質將處於不穩定狀態，由於沉積物底質為底棲生物的食物來源與棲息環境，因此地形變動將改變底棲生物與環境的依存關係。

潮間帶受漲退潮影響，其環境條件變動激烈，屬於高度動態的生態系統。潮間帶沉積物提供生物餌料與棲息環境，其間底棲生物的種類與數量是生態健康的重要指標(Gray 2000)。多毛類為潮間帶之主要底棲生物，其種類分布與底質特性具有高度相關性(王等 2006)，可以

顯示地理學上之不同棲息地類型(Olsgard *et al.* 2003)。多毛類對於不良環境的耐受度亦因種類而異，因此其種類與數量分布亦顯示底棲環境品質的空間差異(Pocklington and Wells 1992)。運用此等特性，多毛類可以做為環境品質變遷之生物指標。

本研究以七股瀉湖潮間帶底棲多毛類為對象，調查牠們的數量與群聚結構，以及其與沉積物特性，如顆粒大小、有機質與營養鹽含量等之關係。本研究將對七股瀉湖多毛類群聚分布與環境因子間之關係有進一步了解，同時也有助於瀉湖現階段環境基本資料之建立，做為往後相關研究之基礎。

材料與方法

一、樣區劃定

本研究以七股瀉湖不相連的 5 個潮間帶，分別為大寮外排(A)、台區(B)、龍山(C)、七股溪(D)、水試所(E)等樣區為調查對象，其中大寮外排樣區鄰近七股瀉湖北潮口，台區樣區位於七股瀉湖南、北潮口之間，而龍山(C)、七股溪(D)、水試所(E)等樣區則靠近南潮口，樣區分布如圖 1 所示，代號與經緯度列於表 1。為求樣品代表性，每樣區各採 5 個樣品，採樣位置包括位於潮間帶高程-0.6m 處之中心點，以及中心點左右兩側各兩點。各採樣點間距都為 1m，5 個樣區每次採樣共採集 25 個樣品。

二、採樣時間與方法

採樣於 2009 年 1、4、7、10 等月份之大潮時進行，底質樣品使用內徑 1.65 cm 的 PVC 採樣管，垂直採取表層 15 cm 的基質 2 管，裝入 PVC 材質封口袋封存，攜回實驗室分析。底質特性分析項目包括粒度(particle size)、底土鹽度(soil salinity)、含水率(water content)、全碳量(total carbon, TC)及有機氮(total nitrogen, TN)與有機碳(total organic carbon, TOC)含量



圖 1. 七股瀉湖潮間帶樣區分布(A,大寮外排; B,台區; C,龍山; D,七股溪; E,水試所)。

Fig. 1. Sampling stations in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan (A, Daliao Creek; B, Taiqu; C, Longshan; D, Cigu River; E, FRI).

表 1. 七股瀉湖潮間帶樣區位置與經緯度

Table 1. Sampling stations in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan

Sampling station	Longitude	Latitude
A. Daliao Creek	120°04'28.4"	23°10'21.0"
B. Taiqu	120°04'49.8"	23°08'39.8"
C. Longshan	120°05'08.5"	23°07'50.5"
D. Cigu River	120°05'13.7"	23°07'17.3"
E. Fisheries Research Institute (FRI)	120°05'50.6"	23°07'25.6"

A: 大寮外排樣區; B: 台區樣區; C: 龍山樣區; D: 七股溪樣區; E: 水試所樣區。

(謝 1995)。底棲多毛類使用內徑 9.4 cm 的採樣管採集，於每一樣點抽取表層 30 cm 的底土 5 管，總體積為 10.41L。樣品放置於 0.5 mm 網

目之篩網上以海水篩洗，檢出篩網上殘留的蟲體置於樣品瓶，加入麻醉劑 2-phenoxyethanol，再加入 95% 酒精保存，並於 2 天內進行鑑定、

分類與計數(謝 1995)，不完整之蟲體以頭部數量為計數依據。

三、底質分析

底質溫度使用 0-50°C 之水銀溫度計於現場測定。電導度使用 40g 之風乾土樣與二次蒸餾去離子水 40 ml，以 1:1 比例混合後，置於攪拌器連續攪拌 5 min，靜置 60 min 後，以濾紙過濾，取濾液使用 OAKTON PCD650 電導度計進行電導度測定(葉 2005)。粒度分析於實驗室使用雷射粒徑分析儀進行(Baxter International Inc., BY-9300H)，其結果使用沙—粉沙—黏土三角圖(Folk 1980; 蘇 2003)加以分類。

四、統計分析

物種豐度以 Margalef (1951) 指數表示，物種多樣性以香農—威納多樣性指數(Shannon-Weaver diversity index) (Shannon and Weaver 1963) 表示，並計算其均勻度指數(evenness index) (Pielou 1966)。優勢度等級依 Engelman (1978) 定義區分為高優勢種(eudominant)：個體數量占整個群聚之 100-32.0%、優勢種(dominant)：個體數量占整個群聚之 31.9-10.0%、亞優勢種(subdominant)：個體數量占整個群聚之 9.9-3.2%、劣勢種(recedent)：個體數量占整個群聚之 3.1-1.0%、亞劣勢種(subrecedent)：個體數量占整個群聚之 0.99-0.32%、偶見種(sporadic)：個體數量占整個群聚之 < 0.32%。環境因子時空差異之探討內容包括電導度、全碳、有機氮、有機碳、底質顆粒粒度等。調查數據先以單因子變異數分析(one-way analysis of variance, ANOVA) 檢驗，當差異之顯著性達 95% 以上信心水準時再以最小顯著差異法(least significant difference, LSD) 加以檢定。環境因子與多毛類生物特性間之相關性採用皮爾森相關分析(Pearson correlation analysis) 進行檢驗(Zar 1999)。

本研究並以典型對應分析(Canonical Cor-

respondence Analysis, CCA) (Oksanen *et al.* 2009) 探討多毛類群聚組成與環境因子間之關係，使用的統計軟體為 R (2006)，以 Vegan 程式分析群聚受環境因子變動之影響。為了解多毛類群聚的分群，本研究也進行非度量多維尺度分析(non-metric multidimensional scaling, NMDS) (McCune and Grace 2002)，同樣使用 R 軟體及 Vegan 程式。樣站之間的距離以 Bray-Curtis 群集不相似係數計算。

結 果

本研究各樣區底質性質列於表 2，各項調查結果說明如下：

一、底質環境因子

(一) 底質溫度與導電度

底質溫度介於 13.2-30.5°C 之間，其中以 7 月最高，1 月最低。各樣區底質之導電度因潮口水或溪河淡水影響的顯著性而有所差異，其值介於 15.53-30.45 ms/cm 之間(表 2)。大寮外排樣區鄰近北潮口，雖有淡水注入但很快與海水混合，導電度僅次於台區樣區；台區樣區遠離七股溪與大寮外排兩溪流，其導電度最高；七股溪樣區位於溪河注入口，導電度最低。

(二) 底質粒徑分布

樣區間底質粒徑有顯著差異($p < 0.01$)，粒徑結構可以由樣區與潮口距離加以區分，離南、北潮口較近的大寮外排樣區及水試所樣區底質粒徑明顯大於離潮口較遠的台區樣區與龍山樣區。

(三) 底質顆粒組成特性

以沙—粉沙—黏土三角圖(圖 2) 進行底質組成分類，調查區域底質可大致分為兩種不同類型，大寮外排、龍山、七股溪、水試所等樣區之底質屬粉沙質沙(silty sand)，台區樣區則為沙質粉沙(sandy silt)，如表 2 所示。樣區間

表 2. 七股瀉湖潮間帶樣區底質特性

Table 2. Sediment characteristics at 5 sampling stations (A-E) in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009

Parameters	A	B	C	D	E
Conductivity (ms/cm)	25.11 ^a ±1.66	26.47 ^a ±3.15	22.46 ^a ±3.68	17.22 ^b ±3.11	24.46 ^a ±3.80
Particle size (μm)	27.62 ^a ±6.30	12.44 ^b ±1.30	30.11 ^a ±3.71	49.56 ^c ±6.32	74.29 ^d ±15.60
Silt-clay ratios	6.71 ^a ±0.56	4.82 ^a ±2.14	6.25 ^a ±0.84	5.94 ^b ±4.93	2.43 ^b ±1.76
Organic content (%)	2.93±1.01	5.53±6.26	3.75±1.43	4.05±3.86	2.80±3.07
Total organic carbon (TOC) (%)	0.26 ^a ±0.06	0.37 ^b ±0.04	0.23 ^c ±0.04	0.24 ^a ±0.08	0.15 ^c ±0.04
Total nitrogen (TN) (%)	0.035±0.01	0.04±0.02	0.03±0.02	0.02±0.01	0.02±0.02
TOC/TN (C/N)	8.06±2.98	9.91±4.46	9.85±8.10	14.38±6.80	8.17±5.34
Textural classification	silty sand	sandy silt	silty sand	silty sand	silty sand

a, b, c: Values with same superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

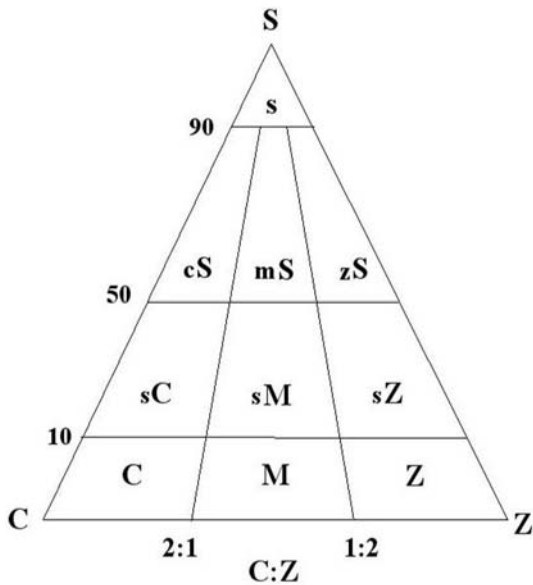


圖 2. 沙—粉沙—黏土之三角相關圖。(參考Folk 1980; 蘇 2003)

Fig. 2. A triangular diagram of interrelation among sand, silt and clay (Folk 1980; 蘇 2003) (S, sand; Z, silt; C, clay; M, mud; ZS, silt and sand; SZ, sand and silt; SM, sand and mud; mS, muddy sand; cS, clayish sand; sC: sandy clay).

的黏土/粉泥比例有顯著差異($p < 0.01$), 並與底質粒徑呈負相關(相關係數 $R = -0.784$)。

(四) 有機碳、有機氮及全碳量

各樣區底質有機碳、有機氮及全碳含量如表 2 所示。有機碳在樣區間有顯著差異($p < 0.01$), 最高值出現在台區樣區(0.37%), 其次依序為大寮外排樣區(0.26%)、七股溪樣區(0.24%)、龍山樣區(0.23%)、水試所樣區(0.15%)。有機氮含量最高值出現在台區樣區(0.04%), 其次依序為大寮外排樣區(0.035%)、龍山樣區(0.03%)、七股溪樣區(0.02%)、水試所樣區(0.02%), 惟其差異未達顯著水準($p = 0.190$)。全碳量最高值亦出現在台區樣區(5.53%), 其次依序為七股溪樣區(4.05%)、龍山樣區(3.75%)、大寮外排樣區(2.93%)、水試所樣區(2.80%), 但其差異亦未達顯著水準($p = 0.833$)。有機碳及有機氮與底質粒徑均呈顯著負相關, 全碳量與底質粒徑之相關性則未達顯著水準($p = -0.104$)。

(五) 有機碳與有機氮含量比值

各樣區有機碳與有機氮比值(C/N)以水試所樣區最低, 最高值出現在七股溪樣區, 惟各樣區間之差異未達統計之顯著性。C/N比呈現季節性差異, 其中以洪氾過後之變化最為顯

著，如 2009 年 8 月莫拉克颱風洪水過後，10 月份調查之有機碳與有機氮比值遽升，為 1、4、7 月平均值的 2.45 倍，且各樣區有機碳與有機氮比值皆超過 8，分別為 12.0、16.5、22.0、24.0、16.0，顯示陸源因子的顯著影響。

二、底棲多毛類群聚

(一) 多毛類物種組成

本研究調查共發現多毛類 25 種，分屬 19 科如表 3 所列。各樣區物種數為：大寮外排樣區 15 科 20 種、台區樣區 9 科 12 種、龍山樣區 6 科 6 種、七股溪樣區 11 科 16 種、水試所樣區 10 科 13 種。各物種數量以沙蠶科(Nereididae)之腺帶刺沙蠶(*Neanthes glandicincta*) 37.8%、錐頭蟲科(Orbiniidae)之尖錐蟲(*Scoloplos* sp.) 13.2%、海稚蟲科(Spionidae)之印度海稚蟲(*Malacoceros indicus*) 11.1%及小頭蟲科(Capitellidae)之小頭蟲(*Capitella* sp.) 10.1%，所占比例最高，4 種合占總數之 72.2%。各樣區優勢種互異，大寮外排樣區以印度海稚蟲、染毛蟲科(Poecilochaetidae)之染毛蟲(*Poecilochaetus* sp.)、尖錐蟲 3 種為優勢種，合占總數 65.3%，其中染毛蟲只在此區域形成優勢種。台區樣區以尖錐蟲、印度海稚蟲及腺帶刺沙蠶 3 種為優勢種，樣品數占總數 61.1%。龍山樣區只有腺帶刺沙蠶 1 種為主要優勢種，占總數 79.9%。七股溪樣區以腺帶刺沙蠶及小頭蟲兩種為優勢種，合占總數 71.4%，其中小頭蟲只在此樣區形成優勢種。小頭蟲被視為投機物種，其出現為此一區域環境受到污染之一項指標。水試所樣區以腺帶刺沙蠶及尖錐蟲兩種為優勢種，數量合占總數 62.7%。

圖 3 顯示主要群聚(數量占總數大於 1%之物種)之季節性消長。1 月優勢種為腺帶刺沙蠶、印度海稚蟲，4 月優勢種為腺帶刺沙蠶、尖錐蟲、印度海稚蟲，7 月優勢種為腺帶刺沙蠶、尖錐蟲，10 月優勢種為腺帶刺沙蠶、小頭蟲、印度海稚蟲。各季皆以腺帶刺沙蠶為主

要優勢種，其優勢度由 1 月至 10 月有隨季節逐漸下降之趨勢。尖錐蟲 4 月優勢度上升，7 月維持在高峰期，10 月下降。印度海稚蟲 7 月優勢度最低，10 月最高。小頭蟲僅於 10 月在七股溪樣區形成主要優勢種，且其在各樣區總數量占所有樣區總數之 19.8%。

(二) 多毛類群聚結構

表 4 顯示七股瀉湖潮間帶多毛類物種數與豐度以大寮外排樣區最高，再依序為七股溪、水試所、台區，龍山樣區最低。個體密度以七股溪樣區最高，大寮外排、水試所、台區次之，龍山樣區最低，其中七股溪樣區密度為龍山樣區的 2.93 倍。各樣區密度呈現季節性變化，七股溪樣區與大寮外排樣區由 1 月開始逐季下降，台區樣區與龍山樣區 1 月至 4 月上升，4 月至 10 月下降，水試所樣區 1 月至 4 月下降，7 月之後回升。全區多毛類密度由 1 月開始，往後各次調查有逐次降低之趨勢。1 月平均為 1,074 個體/m²，10 月下降至 784 個體/m²，減幅 27%。

多毛類多樣性高低與樣區離潮口之距離有一致之趨勢(表 4)，大寮外排樣區與潮口距離最近，其多樣性最高；龍山樣區與潮口距離最遠，其多樣性最低。季節性變化方面如圖 4 所示，大寮外排樣區多樣性之季節變化不大；台區樣區 7 月之多樣性最高，4 月最低。龍山與水試所樣區多樣性呈逐月上升趨勢，10 月達到最高；七股溪樣區在 10 月多樣性最高，7 月最低。

樣區物種之豐度與多樣性呈正相關(相關係數 $R = 0.935$, $p < 0.01$)，物種豐度與均勻度亦呈正相關(相關係數 $R = 0.464$, $p < 0.05$)。各樣區間多毛類之種數、數量、多樣性、豐度皆具顯著差異($p < 0.01$)，但均勻度之差異則未達顯著水準($p = 0.16$)。

(三) 多毛類群落分布與環境因子之關係

1. 潮間帶樣區相似性分析

此項分析以樣區季節群組進行分群分類，使用有機碳、有機氮、全碳含量、顆粒粒徑、

表 3. 七股瀉湖潮間帶樣區多毛類種類數量、優勢和優勢分類

Table 3. Number of individuals, dominance, and dominance classification of polychaetes taxa collected at five sampling stations (A-E) in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009

Species / Location	Dominance (%)	Classification ^{1/}	A	B	C	D	E
Nereididae							
<i>Neanthes glandicincta</i>	37.8	ED	8	9	54	144	72
<i>Dendronereis</i> sp.	0.2	SP	1			1	
Hesionidae							
<i>Hesionid</i> sp.	0.1	SP			1		
Glyceridae							
<i>Glycera</i> sp.	0.4	SR	3				
Goniadidae							
<i>Goniadid</i> sp.	1.1	RE	6	1		1	
Eunicidae							
<i>Marphysa</i> sp.	1.7	RE	2	4		2	4
Lumbrineridae							
<i>Lumbrinerid</i> sp.	3.0	RE	2	7		10	4
Orbiniidae							
<i>Scoloplos</i> sp.	13.2	DM	31	24	6	4	32
Spionidae							
<i>Prionospio</i> sp.	1.8	RE	1			7	5
<i>Malacoceros indicus</i>	11.1	DM	56	9		2	15
<i>Scolelepis</i> sp.	0.3	SP		3			
<i>Spio</i> sp.	2.5	RE	12	2		1	3
Poecilochaetidae							
<i>Poecilochaetus</i> sp.	5.7	SD	45				
Cirratulidae							
<i>Cirratulus cirratus</i>	0.9	SR	8				
Cossuridae							
<i>Cossurid</i> sp.	0.1	SP				1	
Capitellidae							
<i>Capitella</i> sp.	10.1	DM	4	4	4	50	9
<i>Mediomastus</i> sp.	1.9	RE	2	2		11	
Maldanidae							
<i>Maldane</i> sp.	0.5	SR	1	1		2	1
Arenicolidae							
<i>Arenicolid</i> sp.	0.5	SR	1	2			
Oweniidae							
<i>Owenia</i> sp.	0.6	SR	2	1	1	2	
Terebellidae							
<i>Terebellid</i> sp.	1.4	RE	7	3			1
Sabellidae							
<i>Sabella</i> sp.	0.3	SP				13	2
<i>Amphiglena</i> sp.	2.0	RE		1			1
Syllidae							
<i>Syllid</i> sp.	0.4	SR	3				
Nephtyidae							
<i>Nephtys</i> sp.	2.4	RE	7	1	2	1	4
Occurrence			202	72	68	252	154

^{1/} ED (eudominant), 100-32.0%; DM (dominant), 31.9-10.0%; SD (subdominant), 9.9-3.2%;

RE (recedent), 3.1-1.0%; SR (subrecedent), 0.99-0.32%; SP (sporadic), <0.32%.

表 4. 七股瀉湖潮間帶樣區多毛類群聚特性

Table 4. Community characteristics of polychaetes in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009

Component/Station	A	B	C	D	E
Number of species	10.75 ^a ±0.96	6.00 ^b ±1.41	2.75 ^c ±0.5	8.25 ^{ab} ±2.75	7.75 ^b ±2.06
Number of Ind./m ²	1222 ^a ±218	436 ^b ±236	417 ^b ±212	1524 ^a ±422	932 ^a ±218
Richness (<i>R</i>)	2.50 ^a ±0.26	1.79 ^b ±0.44	0.60 ^c ±0.32	0.63 ^b ±0.10	0.76 ^{ab} ±0.11
Shannon-Weiner index (<i>H</i>)	1.84 ^a ±0.10	1.55 ^{ab} ±0.28	0.64 ^b ±0.39	1.28 ^b ±0.33	1.53 ^c ±0.34
Evenness (<i>E</i>)	0.78±0.02	0.88±0.11	0.60±0.32	0.63±0.10	0.76±0.11

a, b, c: Values with same superscripts differ significantly ($p < 0.05$); Richness $R = \frac{(S-1)}{\ln N}$

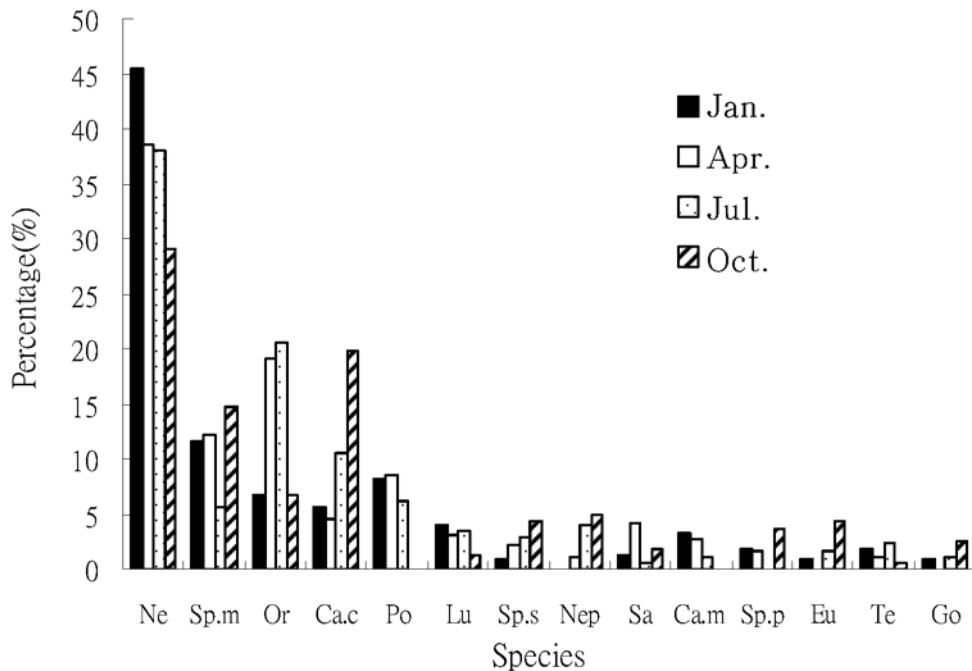


圖 3. 七股瀉湖潮間帶多毛類物種群聚組成之季節變化(部分顯示占總數 1% 以上之物種)。

Fig. 3. Seasonal variation in the species composition of polychaetes communities (species > 1% of the total number collected) in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009. (Taxa abbreviations: (abbreviation of Family). (abbreviation of Genus). Ca.c, *Capitella* sp.; Or, *Scolopios* sp.; Ca.m, *Mediomastus* sp.; Po, *Poecilochaetus* sp.; Eu, *Marphysa* sp.; Sa, *Amphiglena* sp.; Go, *Goniadid* sp.; Sp.m, *Malacoceros indicus*; Lu, *Lumbrinerid* sp.; Sp.p, *Prionospio* sp.; Ne, *Neanthes glandicincta*; Sp.s, *Spio* sp.; Nep, *Nephtys* sp.; Te, *Terebellid* sp.)

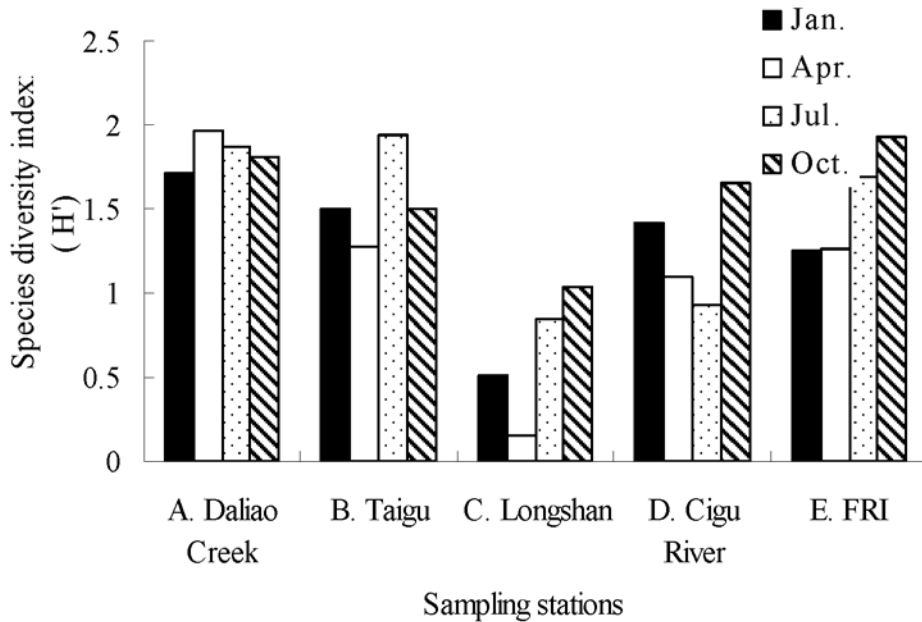


圖 4. 七股瀉湖潮間帶多毛類多樣性之季節變化。

Fig. 4. Seasonal variation in species diversity indices (H' -values) of polychaetes at five sampling stations (A-E) in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009.

含水率及導電度作為關係檢驗因子，採用群集分析如圖 5 及非度量多維尺度(NMDS)分析如圖 6，以顯示各樣站之間的二維構面構形的距離關係($k=6$)。七股瀉湖潮間帶樣區可分成 4 類群組，第 1 類：A1、A4、A7、A10、B4、B7 等樣區；第 2 類：B1、C7、E1、E4、E7、E10 等樣區；第 3 類：B10、C10、D10、D7 等樣區；第 4 類：C1、C4、D1、D4 等樣區。

2. 多毛類群聚與環境變數之相關性分析

選擇數量占總數 1% 以上之多毛類 14 種，與潮間帶樣區季節群組進行環境變數典型相關分析(CCA)。圖 7 顯示多毛類時空分布與有機質含量、電導度、粉泥/黏土含量、粒徑、溫度及季節等因子之關係(累積 eigenvalue=0.730, $F=2.01$, $p<0.01$)。三個環境梯度軸特徵值(eigenvalues)依次遞減，第一軸為 0.416，第二軸為 0.188，第三軸為 0.126。由 CCA 顯示有

機質含量與小頭蟲 *Capitella* sp. (Capitellidae) 正相關，顆粒粒徑與腺帶刺沙蠶、中引蟲 *Mediomastus* sp. (Capitellidae)、纓鰓蟲 *Sabella* sp. (Sabellidae)、稚齒蟲 *Prionospio* sp. (Spionidae) 呈正相關，電導度與印度海稚齒、尖錐蟲呈負相關，角吻沙蠶(Goniadidae)、齒吻沙蠶 *Nephtys* sp. (Nephtyidae)、索沙蠶(Lumbrineridae)等與季節、溫度等具有相關性。

討 論

一、七股瀉湖潮間帶底質環境

七股瀉湖潮間帶底質顆粒粒徑由潮流會合的區域往南、北潮口增大，即台區樣區及龍山樣區粒徑最小，往南之七股溪樣區與水試所樣區，以及往北之大寮外排樣區其底質粒徑較大，與謝(1997)及 Jan *et al.* (2001)所做的觀察

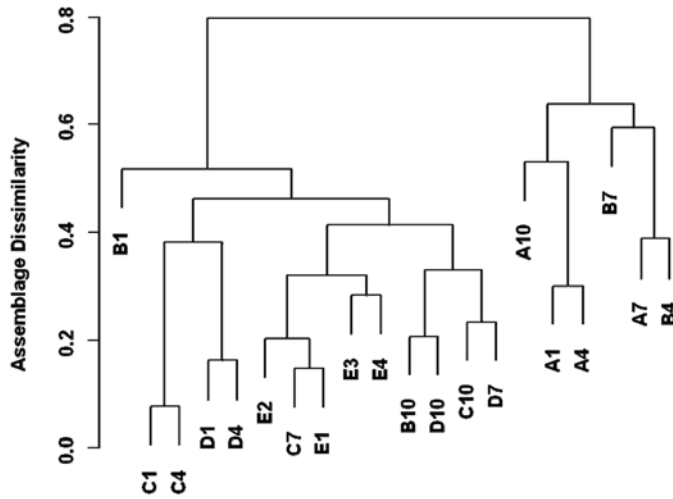


圖 5. 七股瀉湖潮間帶樣區多毛類群聚分析的結果 (樣品代號: Ai = i 月於圖 1 所示之 A 測站所採之樣品)。

Fig. 5. The results of cluster analysis of polychaete communities in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009 (sample codes: Ai = sample taken at A stations as denoted by Fig. 1 on i-th month of the year).

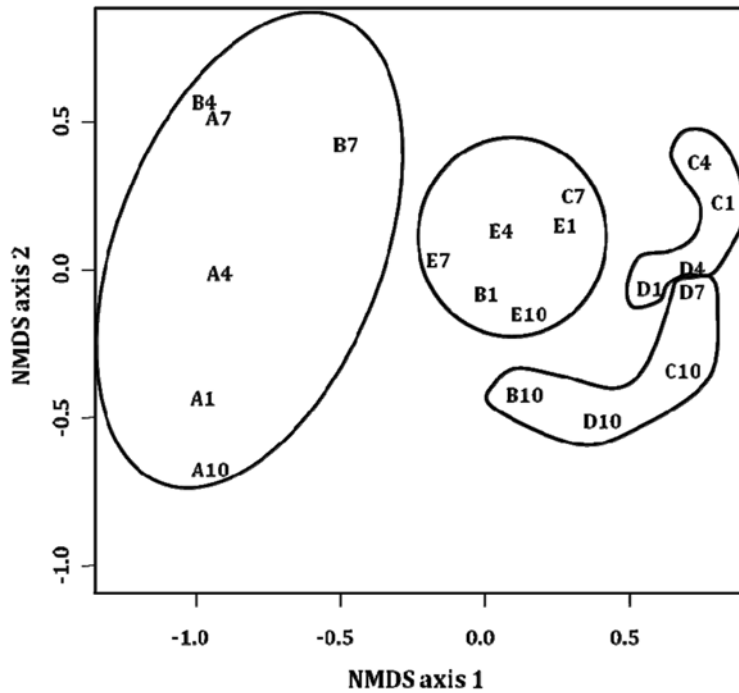


圖 6. 七股瀉湖潮間帶樣區 NMDS 二向度排序分布圖 (樣品代號如同圖 5)。

Fig. 6. The NMDS biplot of polychaetes communities in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan (Sample codes denoted as those in Fig. 5).

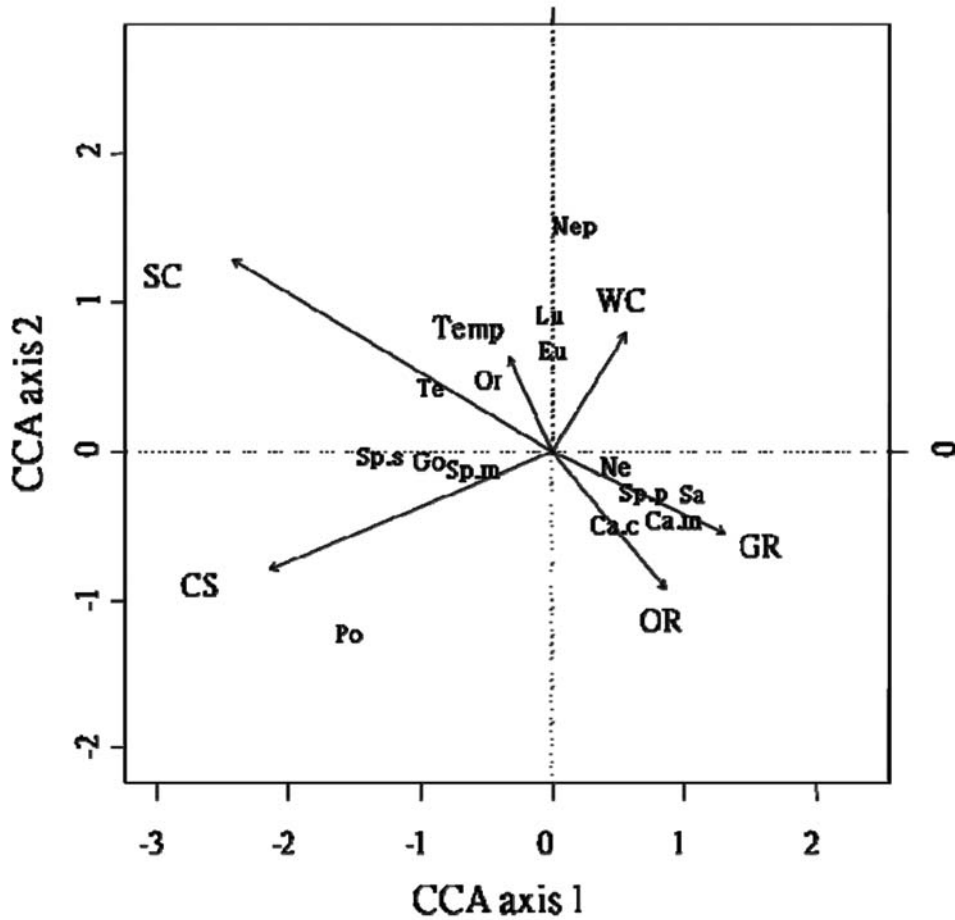


圖 7. 七股瀉湖潮間帶多毛類群集與環境因子之正典相關分析之二向度排序圖(物種代碼如圖 3)。

Fig. 7. The ordination biplot of CCA of polychaetes communities and environmental variables in the intertidal zone of Cigu Lagoon, Taiwan, 2009 (WC, water content; Temp, temperature; CO, conductivity; SC, silt-clay ratio; OR, organic content; GR, grain size; species denoted by those in Fig. 3).

結論一致。林(2007)針對七股瀉湖地形與沉積物相關性所做的分析亦顯示，主要潮口周邊沈積物顆粒大小呈扇狀分布，潮流中央流速較強，沈積物顆粒粗，並往兩側變細，本研究調查結果，底質顆粒粒徑大小與距離潮口之遠近亦顯示這樣的相關性。

底質顆粒粒徑組成對於多毛類群落的密度、豐度與多樣性等具有決定性的影響(Hutchings 1998)。粒徑大小決定顆粒間隙，並影響

底質保水性、物質流通速率與含氧量。粒徑小則底質間隙小，有較佳的保水性，但間隙流通率低，易形成缺氧現象，影響生物的生存條件。本研究之台區樣區與龍山樣區屬於小顆粒底質，其環境特性造成較低之生物多樣性。反之，大顆粒底質保水性不佳，物質積存率低，易造成生物間對食物的競爭，會產生低生物量與低物種數的現象，如本研究之水試所樣區。大寮外排潮間帶雖與台區、龍山潮間帶底質同

屬粉沙質沙，但因其接近北潮口，受到潮汐漲落影響，底質流通性佳，加上大寮外排輸入適量的有機物，形成此一區域較高密度的生物群落。

二、海陸源物質輸入對潮間帶底質之影響

七股瀉湖海源物質透過潮汐及海流經由沙洲間潮口與外海進行交換，陸源物質則主要由瀉湖東側北邊的大寮外排與南邊的七股溪注入。Bordovsky (1965)及謝(1997)認為，當底質C/N值大於8時，該區域受陸源物質之影響顯著。七股瀉湖潮間帶底質C/N值因區位而有差異，位於河流出口之潮間帶，例如七股溪樣區以及台區與龍山樣區，因溪道所攜帶之陸源物質的滯留與沉積，其C/N值大於其他樣區。在時間變動上，2009年1、4、7月3次調查，河川低流量期間C/N值偏低，10月河川豐水期各樣區底質C/N值皆大於8，顯示各潮間帶皆受到陸源物質的較大影響。

三、潮間帶多毛類群聚分布

腺帶刺沙蠶為七股瀉湖潮間帶多毛類唯一之全年優勢物種，數量占區域多毛類總數之45%，其數量多寡明顯影響各樣區的多樣性指數。腺帶刺沙蠶具有多年生之生物特性(曾等1995)，並且對環境變化有較高的容忍度，得以維持全年的優勢度，不似一年生多毛類，在繁殖期變體為異沙蠶型，受精排卵後即死亡，其子代必須經過數月的成長期才發展成為成蟲。腺帶刺沙蠶在本研究調查之各樣區都有出現，屬於廣布種，在底質顆粒粒徑較小之台區、龍山樣區或粒徑較大的水試所樣區，皆形成優勢狀態。但腺帶刺沙蠶優勢度也會因環境改變受到抑制，例如七股溪樣區豐水期受溪流輸入之大量陸源物質影響，呈現有機質累積的污染狀態，此一環境適合小頭蟲發展並形成優勢，腺帶刺沙蠶優勢度因此受到抑制。隨著旱季的來臨，陸源物質減少，底質環境改善，腺

帶刺沙蠶恢復成為此樣區之優勢種，其趨勢與先前研究結果一致(徐及盧2006)。

本研究之調查結果顯示，除腺帶刺沙蠶呈相對穩定之優勢外，其他種類之優勢度有空間與時間上之變化。印度海稚蟲只在大寮外排潮間帶形成優勢種，七股溪樣區少發現，龍山樣區則從未出現；尖錐蟲只在大寮外排及水試所潮間帶形成優勢種；小頭蟲只在七股溪樣區形成優勢種。印度海稚蟲、尖錐蟲兩者優勢度由瀉湖南北兩端往中央區遞減，其趨勢與導電度梯度相似。多毛類優勢種的消長受到其生活史及對於污染的耐受性影響，如何運用多毛類此一特性做為養殖漁業及海域環境監控之生物指標，為未來值得探討的主題。

物種多樣性為群聚結構的重要指標，此一生物參數可顯示群聚對於環境變遷之適應程度與穩定性，多樣性高之生物群聚因物種互補性，對於環境改變之適應能力佳，有較大的穩定性。七股瀉湖潮間帶多毛類群聚之多樣性由南北兩端之溪道潮間帶往中央區遞減，大寮外排樣區有較高的物種豐富度、均勻度及多樣性，生物群聚穩定。而龍山樣區豐富度、均勻度及多樣性等3項指數均較低，主要受到樣區單一優勢種腺帶刺沙蠶消長的影響，因此樣區生物群聚結構穩定性低。

四、多毛類群聚分布與環境因子之關係

特殊環境條件對生物造成單向壓力，由於不同物種對環境適應能力上的差異，物種出現與否反應群聚對此壓力的適應結果(Pearson and Rosenberg 1978)。七股瀉湖為半封閉水域，兩條溪流注入其間，屬於淡水與海水匯合之感潮區，環境因子變動劇烈，生存其間之多毛類對棲息環境之適應能力更顯重要。Michael *et al.* (2001)的研究指出，鹽度對於物種數量和多樣性具顯著影響，其原因在於不同物種對於鹽度有適應上的差異。大寮外排樣區一邊為溪流出口，另一邊為瀉湖之北潮口，由於陸源與海源

因子的交互作用，其多毛類之物種數、豐度及多樣性高於其他樣區，物種的出現頻率與其他樣區也有不同。染毛蟲、絲鰓蟲、裂蟲、吻沙蠶等僅在此樣區出現，其中染毛蟲更爲此區之優勢種，此一現象與謝(1997)在曾文溪口南北兩側潮間帶所做的多毛類調查結果類似。曾文溪口南北兩側潮間帶，屬於無沙洲屏障之開闊型潮間帶，雖然有曾文溪之淡水注入，但海水更換快速，該水域鹽度範圍接近海水。大寮外排樣區受鄰近北潮口潮流海水快速更換的影響，水域得以保持近似海水的鹽度範圍，多毛類生物群聚囊括淡、海水物種，爲樣區多毛類群聚多樣性高的原因之一。

Wieking and Kroncke (2005)的研究顯示，底棲生物功能群結構可反映不同質量的食物供給情況。水試所樣區爲砂質底質，顆粒粒徑較大，物質留存量少，造成物種間對食物的競爭，導致多毛類物種數量有隨底質顆粒粒徑增大而減少的現象。

潮間帶底質有機質含量有明顯的季節性變化，位於河口之樣區受溪流輸入的影響，雨季之後底質有機質含量顯著增加。七股溪樣區受到莫拉克颱風洪水輸入影響，10月份調查發現底質有大量有機物沉積，形成另一類型群聚的生存空隙，迎合投機物種的棲息環境，小頭蟲得以發展成爲優勢種，此期間樣區生物密度與豐度提高，但物種多樣性降低。此一物種群聚結構變化，反映七股溪樣區有機質含量之季節性變動結果。Beukema (1991)的觀察發現，優養化造成底棲群落的生物量提升與群聚結構變化，小型碎屑物種數量的增加顯示群聚對於棲地高有機質、高食物供應量的適應結果。其他研究報告亦指出，在高有機質含量沉積底質中最常發現小型屑食物種，如小頭蟲科(Fauchald and Jumars 1979; Zajac and Whitlatch 1982)，本研究發現七股溪樣區也顯示相同的關聯性。

低豐度、低物種數及低多樣性之群聚特徵

出現於顆粒細緻的底質環境。細顆粒底泥表面積大，得以吸附大量有機質，加上通透性不佳，容易形成缺氧狀態，在此環境生存之物種須對溶氧的變動有高容忍度，尤其是對於低溶氧的耐受性(Rhoads 1970)。龍山樣區底質以細密粉泥爲主，其C1及C4的豐度、多樣性、物種數都爲七股潟湖潮間帶中最低，顯示細密底質低溶氧環境對於群聚結構造成的影響。

Samuelson (2001)依據環境特性與多毛類群聚種類之關係，將環境干擾程度畫分爲4種屬性：1.受嚴重干擾區：幾乎沒有多毛類出現；2.受干擾區：投機物種密度增加；3.略受干擾區：物種多樣性增加。4.無干擾區：物種多樣性中等。本研究區域屬半封閉性潟湖潮間帶，其底質有機物之積存大於開放型潮間帶，提供多毛類豐富的食物來源，其多毛類密度(906.2個體/m²)爲曾文溪口北岸潮間帶(16.7個體/m²)的54.3倍，以及南岸潮間帶(193.0個體/m²)的4.7倍(謝1996)。七股潟湖潮間帶雖然降雨期間因溪流輸入大量陸源物質而有短暫之局部有機質污染，但環境條件隨著豐水期結束迅速恢復，屬於略受有機質干擾的區域，其多毛類群落多樣性及豐度高。

底棲多毛類與環境條件之關聯性在時間與空間上是穩定和可預測的(趙等2009)，因此其群聚特性可提供海岸環境保護及永續經營策略擬定之參考。本研究結果顯示，七股潟湖潮間帶之底質特性、鹽度以及污染程度差異，造成多毛類群聚結構的時空變化。透過這一帶多毛類物種分布與群聚結構之持續探討，可了解七股潟湖的環境變遷，作爲潟湖生物資源保護、利用與管理策略擬定之參考。

謝 誌

本文感謝前行政院農業委員會水產試驗所秘書徐崇仁博士在多毛類鑑種上的指導與建議，以及3位審查委員對於文章內容提供寶貴

的意見。

引用文獻

- 王金寶、李新正、王洪法、于海燕、李寶泉。2006。膠州灣多毛類環節動物數量分布與環境因子的關係。應用與環境生物學報 12 (6): 798-803。
- 林宗儀。2007。台南七股潟湖之地形與沈積物特性研究。國立台灣師範大學新任教師專題研究計畫成果報告 95091007。國立台灣師範大學。
- 徐崇仁、盧民益。2006。不同環境與底棲生物相間相互關係之探討。水產試驗所 94 年度年報。
- 許榮中。2001。台南縣的海岸沙洲及潟湖。台南縣政府。
- 曾忠漢、楊森林、王子賢。1995。腺帶刺沙蠶的早期發育。熱帶海洋 14(2): 83-89。
- 葉秋好。2005。台灣沿海溼地草澤之植群生態研究。國立中山大學生物科學系碩士論文。
- 趙永強、陳全震、曾江寧、高愛根、黃逸君、壽鹿、廖一波。2009。椒江口潮間帶多毛類動物時空分布與環境因子的關係。中國水產科學 16(4): 580-586。
- 謝蕙蓮。1995。台灣多毛類研究回顧及其在環保應用之展望。生命科學 33: 19-33。
- 謝蕙蓮。1996。曾文溪口海岸地區陸海交互作用之研究—曾文溪沿岸漂散系統中干擾對無脊椎動物群聚之效應。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 NSC85-2621-P001-002。
- 謝蕙蓮。1997。七股潟湖及潟湖外海海域生態調查。國立海洋生物博物館籌備處期末報告。237-255 頁。
- 蘇曉音。2003。大肚溪口南岸半封閉圍堤灘地內外底質組成與螃蟹及多毛類群聚差異之研究。私立東海大學環境科學研究所碩士論文。
- 簡仲和。2005。七股潟湖保護對策研究。經濟部水利署第六河川局。高雄縣。
- Beukema, J. J. 1991. Changes in composition of bottom fauna of a tidal-flat area during a period of eutrophication. *Marine Biology* 111: 293-301.
- Bordovsky, O. K. 1965. Accumulation and transformation of organic substances in marine sediments. *Marine Geology* 3: 3-114.
- Engelmann, H. D. 1978. Zur dominanten Klassifizierung von bodenarthropoden. *Pedobiologia* 18: 378-380.
- Fauchald, K. and G. W. Rouse. 1997. Polychaete systematics: Past and present. *Zoologica Scripta* 26: 71-138.
- Fauchald, K. and P. A. Jumars. 1979. The diet of worms: A study of polychaete feeding guides. *Oceanography and Marine Biology: Annual Review* 17: 193-284.
- Folk, R. L. 1980. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Co., Austin, Texas. 182 pp.
- Gambi, M. C. and A. Giangrande. 1986. Distribution of soft-bottom polychaetes in two coastal areas of the Tyrrhenian Sea (Italy): Structural analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 23: 847-862.
- Gray, J. S. 2000. The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *Marine Biology and Ecology* 250: 23-49.
- Houwing, E. J. 1999. Determination of the critical erosion threshold of cohesive sediments on intertidal mudflats along the Dutch Wadden Sea Coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 49: 38-55.

- Hutchings, P. A. 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity and Conservation* 7: 1133-1145.
- Jan, S., S.Y. Chao and J. J. Hung. 2001. Circulation and brackish water dispersal in a coastal lagoon of southwest Taiwan. *Journal of Oceanography* 57: 647-661.
- Margalef, R. 1951. Diversidad de especies en las comunidades. *Publnes. Inst. de Biologia Aplicada* 9: 5-27.
- McCune, B. and J. B. Grace. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR, USA.
- Michael, J. A., H. Jonathan, M. L. Elizabeth, R. L. Glenn, E. M. Anne and J. B. Bruce. 2001. The effect of body size on digestive chemistry and absorption efficiencies of food and sediment-bound organic contaminants in *Nereis succinea* (Polychaeta). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 263 (2): 185-209.
- Minelli, A. 1993. *Biological Systematics: The state of the art*. Chapman & Hall, London.
- Oksanen, J. R., K. P. Legendre, B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens and H. Wagner. 2009. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 1.15-4. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Olsgard, F., T. Brattegard and T. Holthe. 2003. Polychaetes as surrogates for marine biodiversity: Lower taxonomic resolution and indicator groups. *Biodiversity and Conservation* 12: 1033-1049.
- Pearson, T. H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: Annual Review* 6: 229-311.
- Pocklington, P. and P. G. Wells. 1992. Polychaetes: Key taxa for marine environmental quality monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 24: 593-598.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131-144.
- Rhoads, D. C. 1970. Mass Properties, stability, and ecology of marine muds related to burrowing activity. *Journal of the Geological Society, Special Issue* 3: 391-406.
- R Development Core Team. 2006. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, ISBN3-900051-07-0, <http://www.R-project.org>
- Ruppert, E. E., R. S. Fox and R. D. Barnes. 2004. *Invertebrate zoology: A functional evolutionary approach*. 7th ed. Australia, Thomson-Brooks/Cole. pp. 440.
- Samuelson, G. M. 2001. Polychaetes as indicators of environmental disturbance on subarctic tidal flats, Iqaluit, Baffin Island, Nunavut Territory. *Marine Pollution Bulletin* 42: 733-741.
- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, IL.
- van Hoey, G., S. Degraer and M. Vincx. 2004. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59: 599-613.
- Wiekling, C. and I. Kroncke. 2005. Is benthic trophic structure affected by food quality? Refuges disturbance and community structure: A marine soft-bottom example. *Ecology* 59 (2): 274-284.
- Zajac, R. N. and R. B. Whitlatch. 1982. Response

of estuarine infauna to disturbance. Spatial and temporal variation of succession. *Marine Ecology Progress Series* 10: 15-27.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Prentice Hall International, Inc., Upper Saddle River, NJ.

寄生性橈足類 *Caligus macarovi* 感染西北太平洋
秋刀魚之研究

Parasitic Copepod *Caligus macarovi* Infection on Pacific
Saury in the Northwestern Pacific Ocean

黃文彬* 黃郁淳

Wen-Bin Huang* and Yu-Chun Huang

國立東華大學自然資源與環境學系 花蓮縣壽豐鄉志學村大學路二段 1 號

Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University, Hualien, Taiwan

* 通訊作者：bruce@mail.ndhu.edu.tw

* Corresponding author: bruce@mail.ndhu.edu.tw

摘 要

秋刀魚(*Cololabis saira*)是一種在北太平洋表層洄游之重要經濟性魚類。本研究分析在 2009 年台灣秋刀魚漁業漁季中 5 月(漁季先期)、6-7 月(漁季初期)及 8-11 月(漁季主期)等三時期漁獲物秋刀魚遭寄生性橈足類 *Caligus macarovi* 感染之盛行率、平均感染強度及豐富度，及其與魚體肉體長、體重及肥滿度間關係。研究結果顯示，秋刀魚遭 *C. macarovi* 感染之盛行率，由 5 月開始之 81.6%，至 6-7 月下降為 68.3%，再下降至 8-11 月的 51.1%。平均感染強度及豐富度之變動趨勢與盛行率相同，分別由 5 月開始之 3.38 及 2.76，至 6-7 月下降為 2.66 及 1.81，再下降至 8-11 月的 2.40 及 1.23。在肉體長與體重上，在 8-11 月中遭寄生者顯著小於未遭寄生者，且此時期之寄生蟲數量頻度分布在肉體長與體重上均呈現雙峰分布，其分界處分別約在 29-30 cm 與 130-140g。同時，秋刀魚肉體長與體重僅在 8-11 月時會與 *C. macarovi* 寄生蟲數間呈現顯著負相關性，但在 5 月與 6-7 月時之相關性不顯著。肥滿度對寄生蟲之盛行率、平均感染強度及蟲數間之相關均不顯著。綜言之，在 2009 年漁季主期之 8-11 月中 *C. macarovi* 感染西北太平洋秋刀魚之盛行率可能約在 50% 左右，並且該盛行率會受到秋刀魚季節性洄游之漁獲月份與漁場位置(經緯度)所影響。

Abstract

Pacific saury (*Cololabis saira*) is a migratory pelagic fish, one of the important target species in the North Pacific fisheries. During three saury fishing periods of May (pre-fishing period), June-July (initial fishing period), and August-November (main fishing period), 2009, we investigated prevalence, mean intensity, and abundance of the parasitic copepod *Caligus macarovi* infected on the fish in catches of the Taiwanese saury fishery, and examined their relationships with fish's knob length, body weight, and condition factor. The prevalence was 81.6% in May, decreased to 68.3% in June-July, and decreased further to 51.1% in August-November. The mean intensity and the abundance had the trends similar to that of the prevalence. They were, respectively, 3.38 and 2.76 in May, decreased to 2.66 and 1.81 in June-July, and further decreased to 2.40 and 1.23 in August-November. The knob length and body weight of the infected fish were significantly smaller than those of the un-infected in August-November, expressed by the frequency distribution curves, each with two peaks separated at the boundaries of 29-30 cm and 130-140g, respectively. Also, the numbers of the parasites infected were significantly, negatively correlated with the length and the weight in August-November but not in May and June-July. The condition factor was not significantly correlated with the prevalence and mean intensity of the infection, and the number of the parasites infected. It was concluded that in the 2009 fishing season, the prevalence of the *C. macarovi* infected fish might be around 50% during the main fishing period of August-November. The prevalence changed with month of the fishing and location (latitude-longitude) of the fishing ground due to the fish migration.

關鍵詞：秋刀魚 *Cololabis saira*、寄生性橈足類 *Caligus macarovi*、西北太平洋

Key words: Pacific saury *Cololabis saira*, parasitic copepod *Caligus macarovi*, Northwest Pacific

收件日期：2010年11月9日

接受日期：2011年1月24日

Received: November 9, 2010

Accepted: January 24, 2011

緒 言

秋刀魚(*Cololabis saira*)是一種大洋表層洄游性魚種，分布範圍極廣，常見於北太平洋亞熱帶到亞寒帶間海域，在分類地位上隸屬鶴鱚目(Beloniformes)竹刀魚科(Scomberesocidae)

(Hubbs and Wisner 1980)。秋刀魚之生命期(life span)平均約為2歲(Suyama *et al.* 2006)，最大年齡可達4歲(Hatanaka 1955)，最大體長可達350-400 mm (Collette *et al.* 1984)，體長成長至約270 mm左右即為成熟個體(Suyama *et al.* 1996)，此時之年齡約11個月(Nakaya *et al.*

2010)。仔稚魚階段以橈足類之無節幼蟲(nauplius)等小型浮游生物為主食，而成魚階段以哲水蚤 *Calanus plumchrus* 等大型橈足類和太平洋磷蝦為主食(Odate 1977; Taka *et al.* 1980; Taka *et al.* 1982)。除了身居掠食者角色之外，秋刀魚也是海鳥、海洋哺乳動物及食魚性魚類等動物之獵物，因此族群量極為豐富的秋刀魚在西北太平洋生態食物網中，占有非常重要的影響地位(Tamura *et al.* 1998; Springer *et al.* 1999)。

在秋刀魚生活史中，為尋求其在不同發育階段之合適水溫，以大範圍之逆時針方向在西北太平洋內反覆南、北洄游，進行索餌、成長、成熟及產卵等行為(Odate 1977; Kosaka 2000)。在春季時，秋刀魚會隨著海洋表面水溫的上升，自黑潮水域(Kuroshio waters)開始向北移動，並且在夏季時洄游至浮游動物密度較高的主要攝食場—親潮水域(Oyashio waters)(Fukushima *et al.* 1976)。在夏季，這些剛發育至成魚之秋刀魚，多數滯留於親潮水域中攝食並逐漸成熟，為南下洄游產卵作準備(Saitoh *et al.* 1986)。秋季來臨時，在親潮水域中成熟的秋刀魚，會隨著海洋表面水溫的下降而開始向南移動，最後在冬季時到達其主要產卵場—黑潮水域，進行產卵(Kosaka 2000)。秋刀魚的產卵季節，通常開始於9月，並且可持續至隔年6月(Watanabe and Lo 1989)。

秋刀魚為食用性魚類，在西北太平洋海域中之產量極為豐富，近年來全球秋刀魚總漁獲量約有40-60萬公噸，主要漁業國依產量次序為日本、台灣、蘇俄及南韓等4國(薛及黃 2009)。台灣秋刀魚產量，自1999年的1.3萬公噸增加至2008年的13.9萬公噸，在短短9年間迅速成長達約10倍之多(漁業署 2010)。在2003-2008年，台灣之秋刀魚平均年產量為9.2萬公噸，約為日本年產量的1/3(薛及黃 2009)。日本之秋刀魚產量全球第一，其秋刀魚漁業為沿海型漁業(costal fishery)，漁期為8-12月；相對地，產量居次位的台灣秋刀魚漁業為大洋型漁業

(oceanic fishery)，漁期為6-11月(薛及黃 2009)。此外，棒受網(stick-held dip net)為台灣秋刀魚漁船唯一的作業方式，除了6-11月之外，台灣秋刀魚漁船自2007年起已經提早自5月份起即在漁場開始作業(丘等 2008)。

野生的魚類族群經常遭受橈足類寄生蟲之感染，相關的研究焦點大部分集中在物種分類的研究。相較之下，有關魚類橈足類寄生蟲之生態學研究，鮮少有科學性論文發表。特別是有關大洋性魚類之寄生性橈足類，由於不易獲得大量樣本，因而與其族群變化相關之資訊很少(Nagasawa *et al.* 1988)。*Caligus macarovi* Gussev (Copepoda: Caligidae)是一種寄生在秋刀魚魚體上最常見且最常被描述與研究的甲殼類動物(Nagasawa 1984a)。當被*C. macarovi*寄生時，秋刀魚的魚體表皮會形成直徑約4-5 mm的圓形或橢圓形洞痕，而使皮下肌肉露出，每尾有10個以上的傷痕並不少見。Hotta (1962)首次報導與分析在1961年漁季內發現*C. macarovi*大量寄生在秋刀魚魚體表面之案例。不同月份與漁法所捕之秋刀魚，遭*C. macarovi*感染的盛行率不盡相同。日本棒受網漁業所捕之秋刀魚遭*C. macarovi*感染的盛行率，在2005年和2006年8月下旬時均高達約60%，至10月下旬時則分別下降至約39%和12%；在同年期內，秋刀魚魚體平均寄生蟲數由2005年和2006年8月下旬之2.5和1.3，分別下降至1.4和1.0(Natsume *et al.* 2009)。日本流刺網漁業在2005年和2006年7月下旬所捕之秋刀魚遭*C. macarovi*感染的盛行率，分別為90.0%和95.0%，而平均寄生蟲數分別為3.0和4.7，均遠高於棒受網漁業所捕之秋刀魚(Natsume *et al.* 2009)。此外，遭*C. macarovi*寄生的秋刀魚可能會發生肥滿度下降的現象(Hotta 1962)。西北太平洋秋刀魚之體表寄生蟲，除了*C. macarovi*之外，羽肢魚蟲*Pennella* sp. (Copepoda: Pennellidae)曾在1981-1983年盛行一時，其盛行率在1983年達到33.7%之最高點(Nagasawa 1984b; Nagasawa

et al. 1985), 之後, 在 1986 年時幾乎消失(Nagasawa et al. 1988)。當 *Pennella* sp. 寄生蟲體脫落時, 可能會在秋刀魚的體表留下極小的丸狀傷痕, 且其寄生不會造成秋刀魚肥滿度之下降(Nagasawa 1984a)。

在 2006 年, 台灣首度有秋刀魚漁業業者向漁政管理單位反應在 6 月初所捕之漁獲物中, 秋刀魚魚體表有為數不少之圓形洞痕, 恐不利於銷售。為此, 作者當時曾受託而向日本專門從事秋刀魚資源研究機構—東北區水產研究所八戶支所詢問, 得知該魚體表圓形洞痕為 *C. macarovi* 寄生所留下的痕跡, 並且由於被捕獲時秋刀魚在漁網中掙扎與魚體間互相磨擦等原因, 導致在魚體表皮寄生的 *C. macarovi* 會與鱗片幾乎全數脫落, 所以秋刀魚體表只會見到殘留的洞痕而不會見到寄生的 *C. macarovi* 蟲體(S. Suyama, pers. comm.)。然而, 該寄生現象在 8 月後所捕之漁獲物中漸趨稀少, 致使此寄生情事在尚未研究分析前就結束了。但是, 在台灣 2009 年之漁獲物中, 秋刀魚體表之圓形洞痕數又有明顯變多的情形發生(魷魚公會, 私人通訊), 再經由比對 Nagasawa (1984a) 對秋刀魚體表寄生蟲種類與咬痕之描述, 可以確認會在秋刀魚體表造成直徑約 4-5 mm 圓形洞痕的寄生蟲只有 *C. macarovi*。秋刀魚在遠東地區及台灣均為重要之經濟魚種, 在全球海洋漁業資源逐漸枯竭的今日, 對秋刀魚的保育與生態調查是一件刻不容緩之事。因此, 本研究之目的, 在於以台灣漁船捕獲之 2009 年秋刀魚為樣本, 分析在漁季內 5 月(漁季先期)、6-7 月(漁季初期)及 8-11 月(漁季主期)等三期的秋刀魚遭 *C. macarovi* 寄生之程度與變化情形, 用以了解秋刀魚在此大洋洄游期時遭 *C. macarovi* 感染之消長及其影響。此研究為首次針對台灣秋刀魚漁業漁獲物的寄生蟲生態所進行之探討, 期望未來能作為太平洋秋刀魚資源保育與永續利用之管理參考。

材料與方法

一、魚體樣本來源與測量

本研究所使用之秋刀魚魚體樣本, 係於 2009 年委託一艘台灣區魷魚公會之秋刀魚漁船, 提供 5 月、6-7 月及 8-11 月間所捕獲的秋刀魚, 分別作為本研究之先漁期(pre-fishing period)、初漁期(initial-fishing period)及主漁期(main-fishing period)等三漁季子期的魚體樣本。該樣本魚體捕獲的地理位置, 於先漁期約在 156-159°E、39-40°N, 初漁期約在 156-159°E、40-46°N, 以及主漁期約在 152-160°E、39-48°N 等海域(圖 1)。

漁獲物秋刀魚於漁港卸魚後, 以冷凍方式送達實驗室冰存。在實驗室中, 待魚體退冰後, 即隨機選取樣本進行肉體長(knob length)與體重(body weight)之測量。秋刀魚樣本之肉體長係依據 Kimura (1956)之定義:「下顎前端至尾鰭銀白色肉質部末端」, 來進行測量。肉體長精準至 0.1 cm, 體重精準至 0.01g。在研究中所使用之秋刀魚魚體樣本數, 在先漁期、初漁期及主漁期分別為 343 尾、334 尾及 329 尾, 總合計樣本數為 1,006 尾。

二、寄生指數與資料分析

在本研究中選擇盛行率(prevalence)、平均感染強度(mean intensity)及豐富度(abundance)等 3 種寄生指數, 作為 *C. macarovi* 感染秋刀魚程度及其時間變化分析之參數。依 Bush et al. (1997)之計算公式:

$$\text{盛行率(\%)} = \frac{\text{被寄生魚體尾數}}{\text{總檢查魚體尾數}} \times 10^2$$

$$\text{平均感染強度(個/尾)} = \frac{\text{總寄生蟲個數}}{\text{被寄生魚體尾數}}$$

$$\text{豐富度(個/尾)} = \frac{\text{總寄生蟲個數}}{\text{總檢查魚體尾數}}$$

由於本研究中所使用之秋刀魚為在漁船上經沖洗與冰凍處理之漁獲樣本, 沒有見到寄生

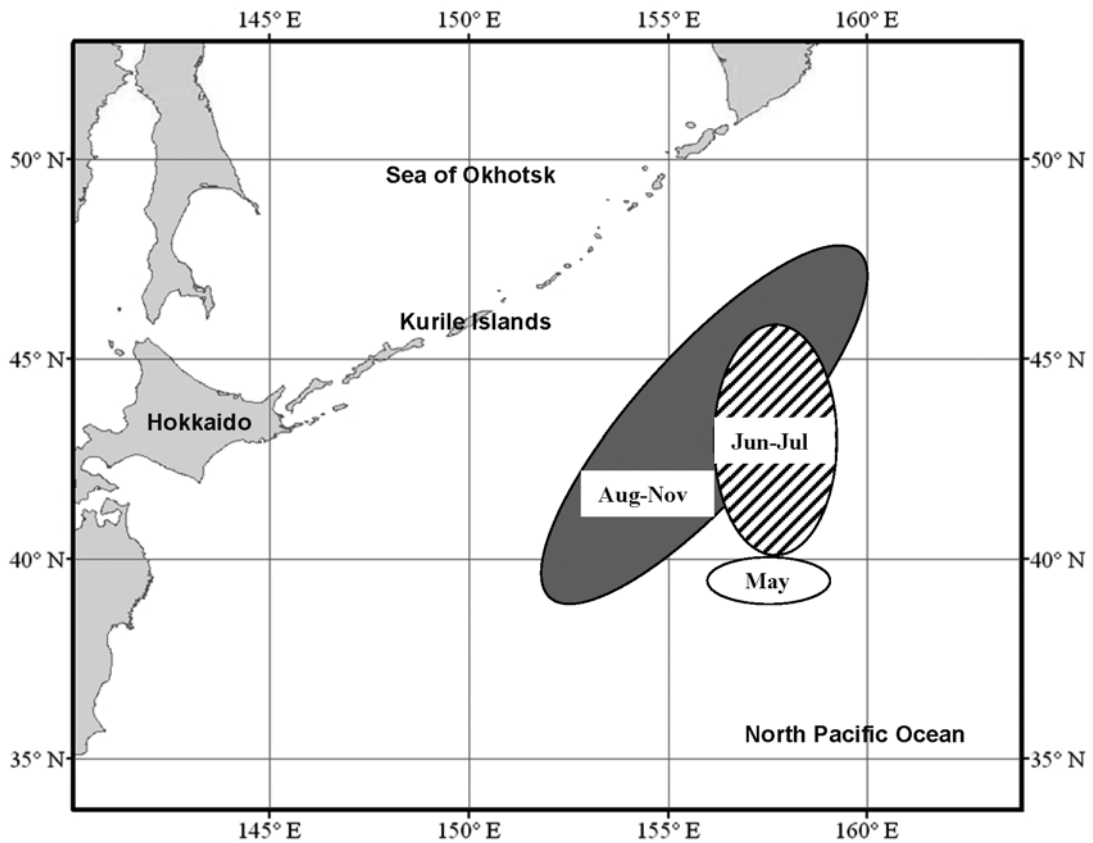


圖 1. 秋刀魚漁獲樣本在 2009 年漁季三子漁期(5、6-7 及 8-11 月)之捕獲位置。

Fig. 1. Fishing grounds of the Pacific saury during three fishing periods of May, June-July, and August-November, 2009.

在魚體表面之寄生蟲實體，因此本研究依據 Nagasawa (1984a)對秋刀魚體表寄生蟲種類之寄生行為與咬痕描述，以及在 2006 年向日本東北水產研究所詢問之結果(S. Suyama, pers. comm.)，判定在本研究樣本秋刀魚體表造成直徑約 4-5 mm 圓形洞痕的寄生蟲種類為 *C. macarovi*，並且再參照 Nakagami and Suyama (2006)之研究方法，以秋刀魚魚體表面 4-5 mm 的圓形洞痕數，作為本研究 *C. macarovi* 寄生在秋刀魚魚體上之寄生蟲數(圖 2)。此外，本研究選擇秋刀魚之肉體長、體重及肥滿度(condition factor, CF)等作為配合 *C. macarovi* 感染分析之體型狀態參數。肥滿度之計算式為：

$$CF = \frac{\text{體重}}{\text{肉體長}^3} \times 10^3$$

在本研究中，以折線圖(run chart)分析盛行率、平均感染強度及豐富度等 3 種寄生指數在三子漁期間之變化情形。並且，以變異數分析(analysis of variance, ANOVA)與事後比較之 LSD (least significant difference)同質性檢定，來檢測秋刀魚體表之平均被寄生蟲數在三子漁期間之差異性。若未排除無寄生秋刀魚個體進行計算，前述之平均被寄生蟲數=豐富度；若排除無寄生秋刀魚個體進行計算，前述之平均被寄生蟲數=平均感染強度。在各子漁期中以 Student's *t* 檢定分析有、無寄生 *C. macarovi*

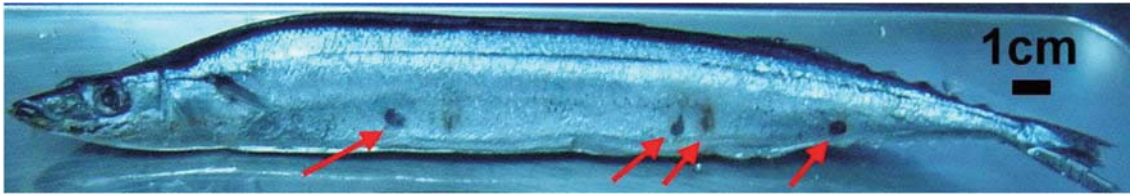


圖 2. 秋刀魚魚體表面遭 *Caligus macarovi* 寄生後形成直徑約 4-5 mm 的圓形暗色洞痕(紅色箭頭指示處)。

Fig. 2. Infection sites (deep blue spots with 4-5 mm in diameter pointed by red arrows) of *Caligus macarovi* on the body surface of a Pacific saury.

之秋刀魚在體型狀態參數上之差異。最後，分別在各子漁期中以 Spearman 等級相關係數 (Spearman's rank correlation coefficient) 與散布圖 (scatter plot) 檢視該寄生蟲數與秋刀魚各體型狀態參數間之關係。上述之統計分析，皆使用 SPSS (ver. 12.0) 套裝軟體來進行。

結 果

一、*Caligus macarovi* 之寄生在三子漁期間之變化

研究結果顯示，秋刀魚遭 *C. macarovi* 感染之盛行率，由 5 月開始之 81.6%，至 6-7 月下降為 68.3%，至 8-11 月再下降為 51.1% (圖 3)。平均感染強度及豐富度之變動趨勢，與上述盛行率相同，分別由 5 月開始之 3.38 及 2.76，至 6-7 月下降為 2.66 及 1.81，至 8-11 月再下降為 2.40 及 1.23 (圖 3)。經由 ANOVA 分析顯示，如果排除沒有遭 *C. macarovi* 感染之秋刀魚個體，秋刀魚遭 *C. macarovi* 感染之平均被寄生蟲數 (= 平均感染強度) 在三子漁期間有顯著差異 ($F_{2,673}=15.13, p<0.001$)；由 LSD 分析顯示，平均被寄生蟲數 (\pm 標準誤) 在 5 月 (3.38 ± 0.14 個/尾) 顯著大於 6-7 月 (2.66 ± 0.11 個/尾) 及 8-11 月 (2.40 ± 0.12 個/尾)，而後兩者間無顯著差異。如果沒有排除遭 *C. macarovi* 感染之秋刀魚個體，秋刀魚體表之平均被寄生蟲數 (= 豐富度)

在三子漁期間有顯著差異 ($F_{2,1003}=47.87, p<0.001$)；平均被寄生蟲數 (\pm 標準誤) 在 5 月 (2.76 ± 0.14 個/尾) 顯著大於 6-7 月 (1.81 ± 0.10 個/尾)，而後者顯著大於 8-11 月 (1.23 ± 0.09 個/尾)。

二、在三子漁期內 *Caligus macarovi* 寄生對秋刀魚體型之偏好與關係

以 Student's *t* 檢定在各子漁期內遭 *C. macarovi* 寄生 (蟲數 > 0) 與未遭寄生 (蟲數 = 0) 秋刀魚之體型差異結果顯示，在 8-11 月樣本中遭寄生秋刀魚在肉體長與體重上，顯著小於未遭寄生者 ($p_{\text{肉體長}} < 0.001, p_{\text{體重}} < 0.001$)，然而在 5 月與 6-7 月之樣本中遭寄生者與未遭寄生者間之肉體長與體重差異未達顯著水準 ($p > 0.05$) (表 1)。在秋刀魚肥滿度上，在 5 月、6-7 月及 8-11 月中之樣本遭寄生者與未遭寄生者間無顯著差異 (表 1)。

在各子漁期中以 Spearman 等級相關分析結果顯示，僅有在 8-11 月時之秋刀魚肉體長 ($r_s = -0.456, p < 0.001$) 與體重 ($r_s = -0.421, p < 0.001$) 等兩者，會與 *C. macarovi* 寄生蟲數間呈現顯著負相關關係，然而肥滿度與寄生蟲數間之相關係數 (r_s) 在三子漁期內均不顯著 (表 2)。進一步由散布圖分析之結果顯示，在 8-11 月時 *C. macarovi* 寄生蟲數在秋刀魚肉體長與體重上之關係呈現雙峰分布，其分界處分別約在 29-30 cm 與 130-140g (圖 4)。

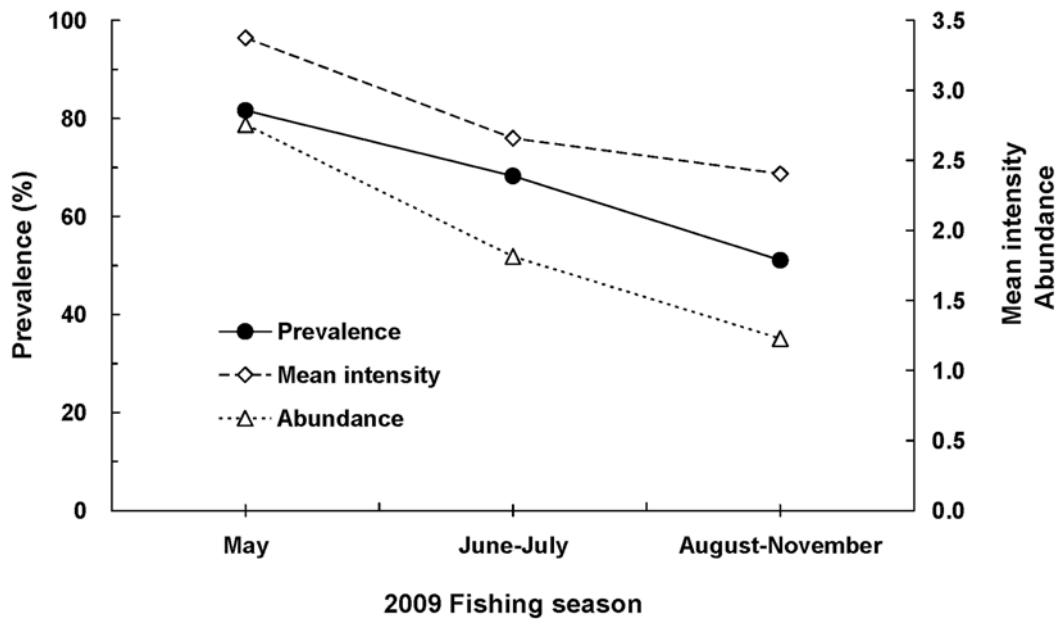


圖 3. 秋刀魚在 2009 年漁季三子漁期(5、6-7 及 8-11 月)中遭 *Caligus macarovi* 寄生之盛行率(●)、平均感染強度(◇)及豐富度(△)之變化。

Fig. 3. Variation in prevalence, mean intensity and abundance of the *Caligus macarovi* infected on the Pacific saury during the three fishing periods, May, June-July, and August-November, 2009.

表 1. 在 2009 年漁季三子漁期(5、6-7 及 8-11 月)中遭 *Caligus macarovi* 寄生與未遭寄生秋刀魚肉體長、體重及肥滿度間之平均值 ± 2 標準誤

Table 1. Knob lengths, body weights, and condition factors (means ± 2 standard errors) of the Pacific saury between *Caligus macarovi* infected individuals and non-infected individuals during the three fishing periods, May, June-July, and August-November, 2009

Fishing period	Non-infected fish (sample size)	Infected fish (sample size)	Difference
Knob length (cm)			
May	27.95±0.66 (68)	27.26±0.30 (280)	0.70 ^{ns}
June-July	29.08±0.49 (106)	28.58±0.37 (228)	0.50 ^{ns}
August-November	29.58±0.33 (161)	26.94±0.44 (168)	2.63 ^{***}
Body weight (g)			
May	118.74±8.31 (68)	110.37±3.74 (280)	8.37 ^{ns}
June-July	131.98±6.71 (106)	126.71±5.24 (228)	5.27 ^{ns}
August-November	131.73±4.51 (161)	104.00±6.09 (168)	27.73 ^{***}
Condition factor			
May	5.29±0.11 (68)	5.30±0.05 (280)	-0.01 ^{ns}
June-July	5.22±0.08 (106)	5.22±0.06 (228)	0.00 ^{ns}
August-November	5.00±0.06 (161)	5.09±0.07 (168)	-0.08 ^{ns}

^{ns}, not significant at 5% level ($p > 0.05$); ^{***}, significant at 1% level ($p < 0.001$).

表 2. 秋刀魚在 2009 年漁季三子漁期(5、6-7 及 8-11 月)中魚體上之 *Caligus macarovi* 寄生蟲數與肉體長、體重及肥滿度間之 Spearman 等級相關係數(r_s)

Table 2. Spearman's rank correlation coefficients (r_s) for the numbers of *Caligus macarovi* infected in relation to the knob lengths, body weights and condition factors of the Pacific saury during the three fishing periods, May, June-July, and August-November, 2009

	May (n=343)		June-July (n=334)		August-November (n=329)	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Knob length	0.099	0.067	-0.085	0.120	-0.456	<0.001
Body weight	0.090	0.098	-0.049	0.369	-0.421	<0.001
Condition factor	0.008	0.887	-0.028	0.608	0.069	0.210

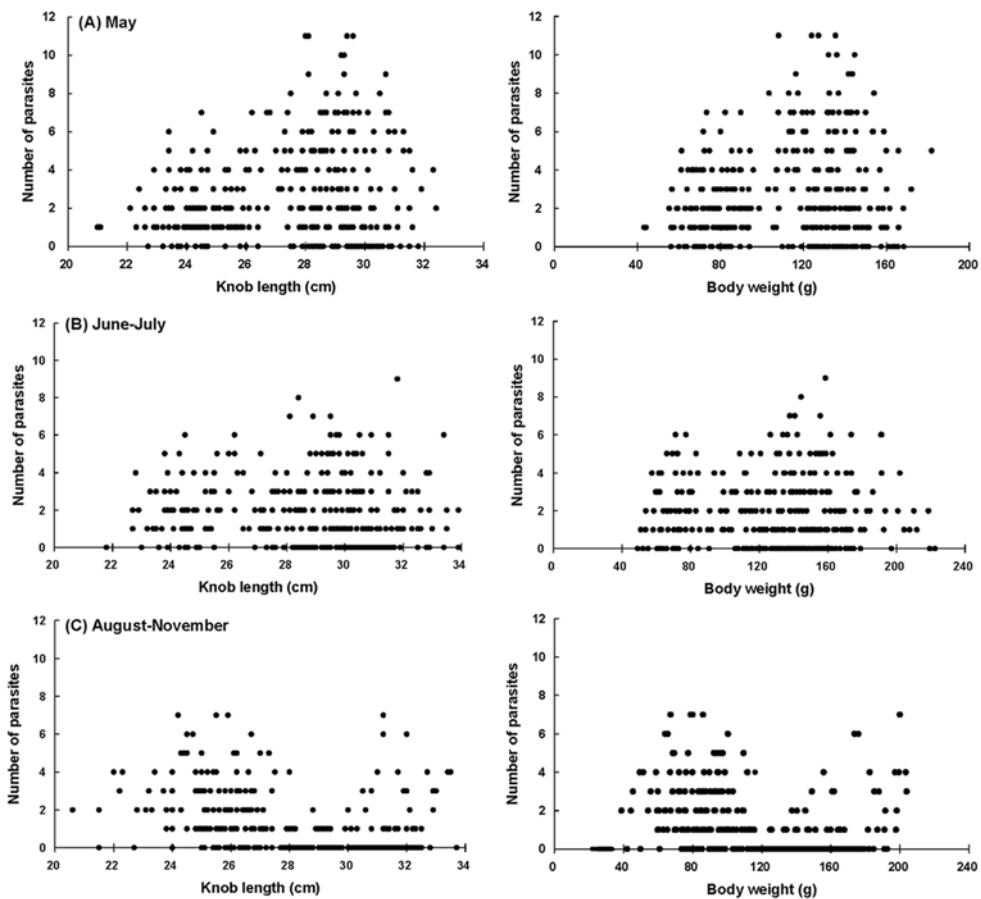


圖 4. 在 2009 年 5 月(A)、6-7 月(B)及 8-11 月(C)等漁季三子漁期中秋刀魚肉體長與體重對 *Caligus macarovi* 寄生蟲數之散布圖。

Fig. 4. Scatter plots of the numbers of *Caligus macarovi* infected in relation to knob lengths, body weights and condition factors of the Pacific saury during the three fishing periods, May (A), June-July (B), and August-November (C), 2009.

討 論

一、*Caligus macarovi* 之寄生在時空上之變化

本文為首次針對台灣西北太平洋秋刀魚棒受網漁業漁獲物的寄生蟲生態所進行之研究，結果顯示秋刀魚在 2009 年漁季內(5-11 月)遭 *C. macarovi* 感染之盛行率、平均感染強度及豐富度，分別由 5 月開始之 81.6%、3.4 及 2.8，隨著漁季的推移而下降至 8-11 月之 51.1%、2.4 及 1.2 (圖 3)。此結果與 Natsume *et al.* (2009) 於 2005 年與 2006 年在日本沿海同樣使用秋刀魚棒受網漁業漁獲物為樣本之調查結果相似。在 2005 年與 2006 年日本漁期自 8 月至 12 月漁獲物秋刀魚的 *C. macarovi* 盛行率範圍，分別為自 71.2% 至 24.2% 與自 60.0% 至 7.0%、平均寄生蟲數分別為自 2.5 至 1.4 與自 1.3 至 1.0；此兩種寄生指數在這兩年中均可見在漁期後半期有逐漸變低的傾向。相似的結果也在 Nakagami and Suyama (2006) 2005 年之調查中發現，在漁期前之 6-7 月、8 月及 9-10 月沿近海水域秋刀魚的 *C. macarovi* 盛行率分別為 95% 以上、64.4% 及 44.9-36.2%。綜合上述研究結果可知，不論是在日本東側沿海或大洋(公海)水域所捕秋刀魚之 *C. macarovi* 寄生，提前至 5-7 月作業之漁獲物感染率均會高於 8-11 月主漁季漁獲物。漁獲水溫與 *C. macarovi* 感染率有正相關之現象(Hotta 1962)。在 8 月以前為秋刀魚北上洄游期，因此由在 5-7 月自南向北洄游之秋刀魚具較高 *C. macarovi* 寄生之結果顯示，在漁場南方之高溫黑潮水域環境可能有利於 *C. macarovi* 在秋刀魚魚體上之寄生。

除了季節性洄游緯度變動會影響盛行率外，*C. macarovi* 的寄生在年間的變動情形，也是一個非常值得注目的研究焦點。在北海道東鄰沿近海域，日本秋刀魚棒受網漁業漁獲物遭 *C. macarovi* 感染之盛行率，在 1991 年和 1992 年分別為 5.6% 和 3.5%，1993-2003 年間漁期內的盛行率約在 20% 以下，然而 2005-2006

年的平均盛行率上升為 53.2% (Natsume *et al.* 2009)。Natsume *et al.* 因而認為 *C. macarovi* 盛行率之陡升點應該在 2004 年。本研究之結果顯示，2009 年台灣漁船在主漁期(8-11 月)中所捕秋刀魚遭 *C. macarovi* 感染之盛行率為 51.1%，與 Natsume *et al.* (2009) 計算 2005-2006 年的平均盛行率 53.2% 相近，顯示西北太平洋秋刀魚遭 *C. macarovi* 之盛行率由 2005 年至 2009 年應該無進一步升高的現象。

此外，Nakagami and Suyama (2006) 為了解在日本作業漁期(8-12 月)前之時期，秋刀魚遭 *C. macarovi* 感染的狀態，特別將在 2005 年秋刀魚漁期前的例行調查水域範圍，自西北太平洋擴大至東北太平洋，其研究結果指出，在漁期前(6-7 月)的盛行率在 145-155°E、159-163°E 及 167°E 以東分別約為 95% 以上、50% 左右及 30% 以下。在本研究中，初漁期(6-7 月)之採集位置約在 156-159°E，盛行率為 68.3% (圖 1)，符合上述 Nakagami and Suyama (2006) 調查 *C. macarovi* 盛行率之數值內插範圍。由此可見，*C. macarovi* 的寄生除了與洄游季節緯度、年度有關之外，區域性東西向之經度差異也是研究上必須考量之重要因素之一，並且 *C. macarovi* 的寄生似乎是由西北太平洋向東北太平洋擴散的。相似的秋刀魚寄生蟲 *Pennella* sp. 在區域上的差異性與向東擴散之現象亦已被證實；在春天，秋刀魚在西北太平洋區水域遭 *Pennella* sp. 感染之後，會向東北洄游至中北太平洋(Nagasawa *et al.* 1985)。

二、*Caligus macarovi* 寄生與秋刀魚體型之關係

Hotta (1962) 認為 *C. macarovi* 之盛行率在秋刀魚魚體體型大小上，是沒有顯著差異的。相似地，*Pennella* sp. 之盛行率與宿主秋刀魚體長間沒有相關性(Watanabe *et al.* 1985)。在本研究結果中，雖然在 *C. macarovi* 盛行率較低之 8-11 月中，發現遭寄生之秋刀魚平均體型(肉體長與體重)顯著小於未遭寄生者，而在盛

行率較高的 5 月與 6-7 月中遭寄生者與未遭寄生者在體型間沒有顯著差異(表 1); 同時, 在相關分析結果中亦指出僅有在 8-11 月時 *C. macarovi* 寄生蟲數會與肉體長與體重呈現顯著負相關關係(表 2)。但是, 由寄生蟲數分布的雙峰狀態顯示, 8-11 月秋刀魚漁獲物中至少可能包括 2 個子群存在, 其體長分界位置約在 29-30 cm (圖 4C)。體長在 28 cm 之秋刀魚年齡大約在 1 齡左右(Suyama *et al.* 1992; Nakaya *et al.* 2010)。這顯示在本研究中漁獲物樣本年齡之結構, 主要是由 1 齡左右及 1 齡以上(體長 ≥ 28 cm) 之大型魚與未足 1 齡(0 齡魚, 體長 < 28 cm) 之中小型魚等兩個年齡群所組成。秋刀魚的產卵季有兩個時期, 一為 10 月至翌年 2 月(秋冬季), 另一為 3 月至 5 月(春季)(Hotta 1960), 而前者為主要產卵季(Watanabe and Lo 1989)。在秋冬季出生的多數秋刀魚會在春季自黑潮開始向北洄游, 至夏季停留在親潮水域攝食, 之後在秋季南下而為漁獲的對象(Tian *et al.* 2003)。換算此時在主漁期(8-11 月)被捕的秋刀魚年齡約近 1 齡左右。相對地, 在春季出生的秋刀魚向北洄游的出發時期, 會較秋冬季出生者晚, 並且在主漁期被捕的年齡約 6-8 個月(0 齡魚)。因此, 在前一年秋冬季出生與更早期出生者所組成之 1 齡左右及 1 齡以上秋刀魚魚群, 在 8-11 月期間由中北太平洋向西南洄游時, 可能會遇上在當年春季出生、正北上洄游而添加(recruitment)之 0 齡魚魚群。在本研究中 8-11 月之寄生蟲數在體長與體重上之雙峰分布情形(圖 4C), 間接證實了上述的推測。再則, 高水溫水域比低水溫水域有較高 *C. macarovi* 之盛行率(Nagasawa 1984a)。在本研究 8-11 月份中, 體長小於 28 cm、年齡未足 1 齡且具高盛行率的添加秋刀魚群是來自低緯度、溫暖之黑潮水域, 因此在此子漁季(8-11 月份)分析結果中才會出現 *C. macarovi* 寄生在秋刀魚魚體上有較小體型偏好性之假象。相對地, 在北向游洄期之 5-7 月時, 不論是大型魚

或是中小型魚均來自低緯度、溫暖之黑潮水域, 因此此子漁季的盛行率會較高但沒有體型大小上之顯著偏好。簡言之, 本研究之結果仍是支持 Hotta (1962) 之研究結果。

關於魚類之肥滿度是否會因寄生蟲之感染而發生顯著變化, 可能會因寄生蟲種類與宿主種類兩者間之不同而有所差異。在 *Pennella sp.* 之秋刀魚寄生研究上發現, 即使是在感染率上升的情況下, 秋刀魚之肥滿度也不會受 *Pennella sp.* 感染所影響(Nagasawa 1984a; Nagasawa *et al.* 1985; Watanabe *et al.* 1985)。雖然如此, 由於 *Pennella sp.* 在感染秋刀魚時會將其蟲體前部深深穿入魚體內, 故 Nagasawa (1984b) 與 Nagasawa *et al.* (1985) 均認為 *Pennella sp.* 之感染仍會對宿主造成很大影響, 例如引起魚體之虛弱與傷害。*C. macarovi* 是寄生在秋刀魚之魚體表皮上, 不會進入宿主肌肉組織內(Hotta 1962)。在本研究中, 秋刀魚之肥滿度與 *C. macarovi* 寄生間之相關不顯著($p=0.210$, 表 2), 同時發現有遭 *C. macarovi* 寄生者與未遭寄生者之肥滿度間無顯著差異($p=0.081$, 圖 4C)。相反地, Hotta (1962) 卻認為秋刀魚會因 *C. macarovi* 的寄生而使其肥滿度降低, 但是在其研究中該負向關係僅是由平均值之走向趨勢來判定的, 而未有實質的統計檢定值提出。因此, 對於這種 *C. macarovi* 僅在體表寄生而不侵入宿主肌肉層或體內的寄生行為, 是否會顯著影響秋刀魚肥滿度變化的差異, 可能需要更多的資訊與進一步之分析來證實。

結 論

在 1980 年代中期, 日本學者 Nagasawa *et al.* (1985) 曾經指出, 一種在西北太平洋海區常見、但未曾在中北太平洋海區發現的秋刀魚寄生性橈足類—秋刀魚魚蝨 *Caligus macarovi*, 已經在中北太平洋秋刀魚魚體上發現, 顯見該 *C. macarovi* 之寄生範圍在當時已經逐漸蔓延

開來。本研究之結果顯示，西北太平洋秋刀魚在 2009 年主漁期(8-11 月)遭 *C. macarovi* 感染之盛行率約為 51%，比對 Natsume *et al.* (2009) 在 2005-2006 年之盛行率約為 53.2% 之結果，可見由 2005 年至 2009 年間 *C. macarovi* 在西北太平洋海域對秋刀魚之盛行率可能均維持在 50% 左右，並無再進一步升高的現象。並且，*C. macarovi* 之盛行率會受到季節性洄游緯度與經度變化所影響。盛行率自 5 月在漁場西南方黑潮水域之高點，隨漁季的推移而下降至主漁期後期在漁場東北方親潮水域的低點。此外，雖然在主漁期時肉體長與體重較小秋刀魚之盛行率有較高之現象發生，但是該體型偏好差異現象可能主要來自於南方溫暖水域添加群之高感染率所致，而與秋刀魚體型無直接相關。

謝 誌

本研究承蒙行政院農業委員會漁業署(98 農科-10.1.1-漁-F5(3))與國家科學委員會(NSC 98-2313-B-259-003-MY3)提供部分經費補助及台灣區遠洋魷魚船魚類輸出業同業公會之樣本採集協助始能完成，作者在此深表感激。

引用文獻

- 丘臺生、陳志忻、黃文彬。2008。魷魚及秋刀魚的資源動態研究。行政院農業委員會漁業署九十七年度科技計畫研究報告。
- 漁業署。2010。民國 88-98 年(1999-2009)漁業統計年報。行政院農業委員會漁業署。(available at <http://www.fa.gov.tw/pages/detail.aspx? Node=242&Page=14765& Index=17>)
- 薛惠文、黃文彬。2009。西北太平洋秋刀魚漁業概況與國際管理趨勢。國際漁業資訊 194: 45-51。
- Bush, A. O., K. D. Lafferty, J. M. Lotz and A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *Journal of Parasitology* 83: 575-583.
- Collette, B. B., T. Potthoff, W. J. Richards, S. Ueyanagi, J. L. Russo and Y. Nishikawa. 1984. Scombroidei: Development and relationship. pp. 591-620. *In*: H. G. Moser and W. J. Richards (eds.). *Ontogeny and Systematics of Fishes*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication Number 1. Lawrence, Kansas, U.S.A.
- Fukushima, S., K. Odate and S. Takahashi. 1976. Relationship in the distribution between zooplankton as prey organisms and Pacific saury in the feeding area of the northwestern north Pacific. *Bulletin of the Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory* 36: 1-8. (In Japanese with English abstract)
- Hatanaka, M. 1955. Biological studies on the population of the saury, *Cololabis saira* (Brevoort) part 1 reproduction and growth. *Tohoku Journal of Agricultural Research* 6: 227-269.
- Hotta, H. 1960. On the analysis of the population of the saury (*Cololabis saira*) based on the scale and the otolith characters, and their growth. *Bulletin of the Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory* 16: 41-64. (In Japanese with English abstract)
- Hotta, H. 1962. The parasitic of saury (*Cololabis saira*) infected with parasitic copepoda, *Galigus macarovi* Gussev, during fishing season in 1961. *Bulletin of the Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory* 21: 50-56. (In Japanese with English abstract)
- Hubbs, C. L. and R. L. Wisner. 1980. Revision of the sauries (Pisces, Scomberesocidae) with descriptions of two new genera and one new

- species. Fishery Bulletin 77: 521-566.
- Kimura, K. 1956. The standard length of the Pacific saury, *Cololabis saira* (Brevoort). Bulletin of the Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory 7: 1-11. (In Japanese with English abstract)
- Kosaka, S. 2000. Life history of the Pacific saury *Cololabis saira* in the northwest Pacific and considerations on resource fluctuations based on it. Bulletin of the Tohoku National Fisheries Research Institute 63: 1-96. (In Japanese with English abstract)
- Nagasawa, K. 1984a. Crustacean parasites of the saury, *Cololabis saira*: A review. Fish Pathology 19: 57-63. (In Japanese)
- Nagasawa, K. 1984b. The finding of *Pennella* sp. (Copepoda: Pennellidae) on the saury, *Cololabis saira*, in the western and central north Pacific ocean and the Okhotsk sea. Fish Pathology 18: 205-208.
- Nagasawa, K., Y. Imai and K. Ishida. 1985. Distribution, abundance, and effects of *Pennella* sp. (Copepoda: Pennellidae), parasitic on the saury, *Cololabis saira* (Brevoort), in the western north Pacific ocean and adjacent seas, 1984. Bulletin of the Biogeographical Society of Japan 40: 35-42.
- Nagasawa, K., Y. Imai and K. Ishida. 1988. Long-term changes in the population size and geographical distribution of *Pennella* sp. (Copepoda) on the saury, *Cololabis saira*, in the western North Pacific Ocean and adjacent seas. Hydrobiologia 167/168: 571-577.
- Nakagami, M. and S. Suyama. 2006. Parasitic status of the *Caligus macarovi* on the Pacific saury in the northwest and center Pacific in 2005. Abstracts for the annual meeting of the Japanese Society of Fisheries Science 2006: 48. (In Japanese)
- Nakaya, M., T. Morioka, K. Fukunaga, N. Murakami, T. Ichikawan, S. Sekiya and S. Suyama. 2010. Growth and maturation of Pacific saury *Cololabis saira* under laboratory conditions. Fisheries Science 76: 45-53.
- Natsume, M., Y. Mori and K. Tuji. 2009. Migratory origin of Pacific saury, *Cololabis saira*, caught by drift net fishing in summer in the eastern waters off Hokkaido. Scientific Reports of the Hokkaido Fisheries Experimental Station 74: 1-11. (In Japanese with English abstract)
- Odate, K. 1977. On the feeding habits of the Pacific saury, *Cololabis saira* (Brevoort). Bulletin of the Tohoku National Fisheries Research Institute 38: 75-88. (In Japanese with English abstract)
- Saitoh, S., S. Kosaka and J. Iisaka. 1986. Satellite infrared observations of Kuroshio warm-core rings and their application to study of Pacific saury migration. Deep-Sea Research 33: 1601-1615.
- Springer, A. M., J. F. Piatt, V. P. Shuntov, G. B. van Vliet, V. L. Vladimirov, A. E. Kuzin and A. S. Perlov. 1999. Marine birds and mammals of the Pacific subarctic gyre. Progress in Oceanography 43: 602-608.
- Suyama, S., Y. Kurita and Y. Ueno. 2006. Age structure of Pacific saury *Cololabis saira* based on observations of the hyaline zones in the otolith and length frequency distributions. Fisheries Science 72: 742-749.
- Suyama, S., Y. Sakurai and T. Shimazaki. 1996. Age and growth of Pacific saury *Cololabis saira* (Brevoort) in the western north Pacific ocean estimated from daily otolith growth increments. Fisheries Science 62: 1-7.
- Suyama, S., Y. Sakurai, T. Meguro and K. Shimazaki.

1992. Estimation of the age and growth of Pacific saury *Cololabis saira* in the central North Pacific Ocean determined by otolith daily growth increments. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58: 1607-1614. (In Japanese with English abstract)
- Taka, S., M. Kitakata and T. Wada. 1980. The vertical distribution of the zooplankton as prey organisms of the Pacific saury and in the southeastern waters of the Kuril Islands in July. *Bulletin of the Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory* 45: 15-41. (In Japanese with English abstract)
- Taka, S., M. Kitakata and T. Wada. 1982. The relations between the saury, *Cololabis saira* (Brevoort) and the food organisms on, especially *Calanus plumchrus*, in the southeast waters of the Kuril Islands during the summer. *Bulletin of the Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory* 47: 41-55. (In Japanese with English abstract)
- Tamura, T., Y. Fujise and K. Shimazaki. 1998. Diet of minke whales *Balaenoptera acutorostrata* in the northwestern part of the north Pacific in summer, 1994 and 1995. *Fisheries Science* 64: 71-76.
- Tian, Y., T. Akamine and M. Suda. 2003. Variations in the abundance of Pacific saury (*Cololabis saira*) from the northwestern Pacific in relation to oceanic-climate changes. *Fisheries Research* 60: 439-454.
- Watanabe, Y. and N. C. H. Lo. 1989. Larval production and mortality of Pacific saury, *Cololabis saira*, in the northwestern Pacific ocean. *Fishery Bulletin* 87: 601-613.
- Watanabe, Y., S. Kosaka and Y. Tanino. 1985. Occurrence of parasitic copepod *Pennella* sp. on the Pacific saury *Cololabis saira* in 1983. *Bulletin of the Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory* 47: 37-46. (In Japanese with English abstract)

台灣南部嘉明湖底質與底棲無脊椎動物初探

A Preliminary Survey of Sediments and Benthic Invertebrates of Chia-Ming Lake in Southern Taiwan

林斯正¹ 黃朝慶¹ 邱錦和² 林宗以³ 楊平世⁴ 謝森和^{5,*}

Sue-Cheng Lin¹, Chao-Ching Huang¹, Chin-Her Chiu², Chung-Yi Lin³,
Ping-Shih Yang⁴ and Sen-Her Shieh^{5,*}

¹ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

² 宜蘭社區大學 宜蘭縣宜蘭市復興路二段77號

³ 台灣大學生態學與演化生物學研究所 台北市羅斯福路四段1號

⁴ 台灣大學昆蟲學系 台北市羅斯福路四段1號

⁵ 靜宜大學生態學系 台中市沙鹿區中棲路200號

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² Yilan Community University, Yilan, Taiwan

³ Institute of Ecology and Evolutionary Biology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

⁴ Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

⁵ Department of Ecology, Providence University, Taichung, Taiwan

* 通訊作者: shshieh@pu.edu.tw

* Corresponding author: shshieh@pu.edu.tw

摘要

本研究於2007年3月16日調查南台灣嘉明湖底質與底棲無脊椎動物，共記錄底棲無脊椎動物2綱4目4科6種(taxa) 3,375隻，包括雙翅目3種，貧毛綱、毛翅目、鞘翅目皆1種。其次，由不同水深底質分析顯示，深水區底質強熱減量最高，淺水區則有較大底質粒徑與較少粉泥黏土含量。底棲動物空間分布上，貧毛綱動物隨水深增加而數量減少，其他種類則無較明顯的差異。

Abstract

A preliminary survey of sediments and benthic macro-invertebrates was conducted for mountain Lake Chia-Ming in the southern Taiwan on 16 March 2007. A total of 3,375 specimens of the macro-invertebrates were collected. They were consisted of six taxa: three taxa of the order Diptera and a taxon for each of the three orders Oligochaeta, Trichoptera and Coleoptera. Sediments differed at different depths; the ignition loss was the highest in deep water, and a higher median size particles and less silt-clay contents in shallow water. Oligochaetes decreased in density with the increase of depth, while no obvious depth gradients were found for other invertebrates.

關鍵詞：嘉明湖、底質、底棲大型無脊椎動物、台灣

Key words: Chia-Ming Lake, sediment, benthic macroinvertebrates, Taiwan

收件日期：100年2月14日

接受日期：100年4月11日

Received: February 14, 2010

Accepted: April 11, 2011

緒 言

嘉明湖(海拔3,310m)是南台灣著名高山湖泊，位於23°17'42"N，121°01'34"E，即中央山脈南段三叉山(3,496m)東南側約1 km處。行政區域隸屬台東縣海端鄉，毗鄰高雄縣桃源鄉與花蓮縣卓溪鄉，並在林務局台東林區管理處轄區範圍。由於湖泊形狀呈卵圓形，又有「蛋形池」之稱。本湖泊長度約120m，寬度約90m，面積約0.9 ha，深度約6m，並隨降雨情況而有所增減(羅等1994)。

嘉明湖發現於1930年，日人吉井隆盛首登三叉山後發現此湖，當時稱此湖為「三叉池」(吳2002)。羅等(1994)報導嘉明湖湖濱植被、水質、浮游生物、沉積物等基礎資料，其中湖濱植被分為4區：砂礫堆積且植物無法生長的鄰水區；鄰水區外圍之髮草(*Deschampsia caespitosa*)散生區；草種較多的髮草—川上短

柄草(*Brachypodium kawakamii*)伴生區；離岸最外圍的玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)區。水質方面：兩個測點在1993年1月的表水溫度為5.5、6.4°C，7月表水溫度為15.3、15.5°C，無明顯躍溫層(thermocline)；表層水呈弱酸性，深水區轉呈弱鹼性；表水溶氧量呈飽和狀態，隨深度增加而漸減；營養鹽與葉綠素濃度低，屬於水質清淨的貧營養湖泊(oligotrophic lake)。浮游植物計有綠藻、矽藻等貧營養湖指標藻類7種，另有劍水蚤(*Cyclops* sp.)等浮游動物4種。沉積物有機質含量較低，屬於草原型湖泊，沉積速率約每百年3 cm。比較有趣的是嘉明湖形成原因，目前有二種解釋，一是隕石撞擊形成的隕石湖(陳等2000)，另一派認為是高山冰河作用所形成的冰斗湖(齊2003; 何等2010)。由於往昔並無嘉明湖底棲動物相關報導，本研究針對湖泊底棲動物進行調查，結果可作為後續研究參考。

本次調查日期為 2007 年 3 月 16 日，調查方式是設立 I (Sts. 1-3)、II (Sts. 4-6)、III (Sts. 7-9) 等 3 條調查穿越線，在每條穿越線的淺水層(水深 1.5m)、中水層(3.5m)與深水層(5.5m)各設立 1 採樣站，3 條調查穿越線總計有 9 採樣站(Sts. 1-9)，各採樣站位置見圖 1。採樣方法是以採樣面積 15 x 15 cm 的 Ekman 底泥採

樣器(Ekman grab sampler)於每採樣站採集底質樣品 4 重複，其中第 1 個重複樣品，以兩個 50 ml 小罐收集，攜回實驗室進行底質物理化學性質分析，另外 3 個重複樣品則合併成爲 1 個生物樣品，此生物樣品經 0.5 mm 網目篩出大型無脊椎動物後，以 5% 福馬林固定後攜回。

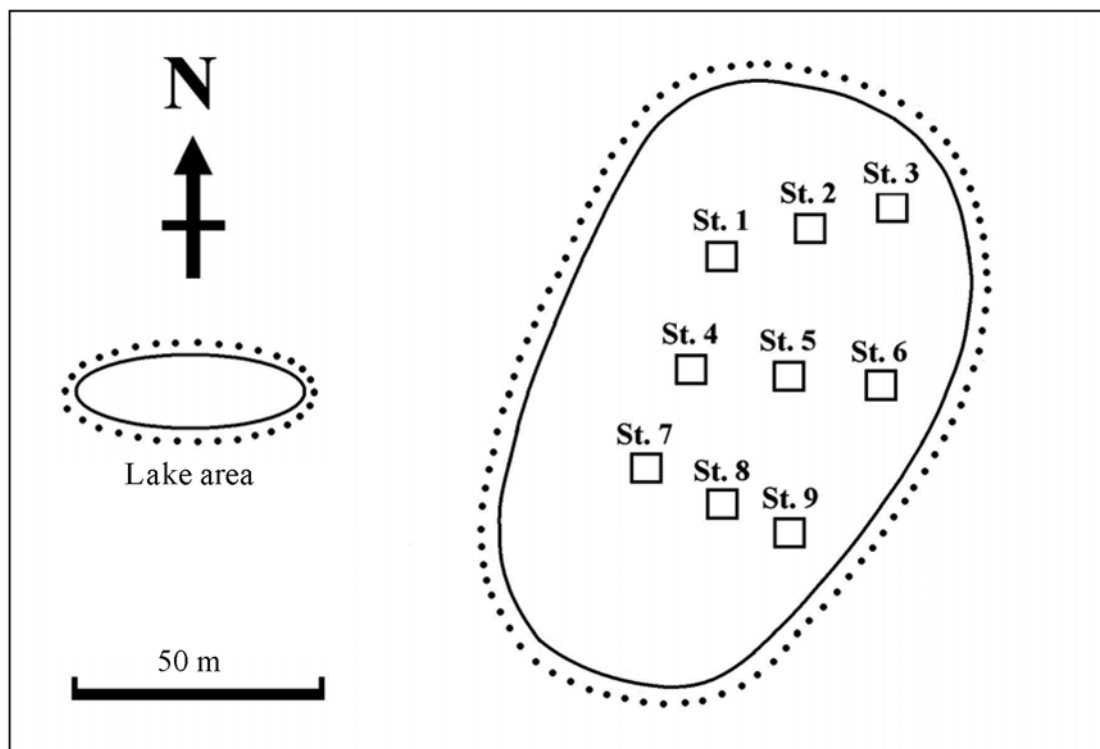


圖 1. 嘉明湖 9 採樣站(Sts. 1-9)位置(空心方形代表採樣站)。

Fig. 1. Sampling stations (open squares, Sts. 1-9) at Chia-Ming Lake.

第 1 份 50 ml 小罐的底質樣品，在實驗室以溼篩法及定量吸管法測出底質粒徑的中間值(median diameter, $Md\Phi$)，以及代表較小顆粒成分的粉泥黏土量(silt-clay, %) (謝等 1993)。另 1 份 50 ml 小罐底質樣品先以冷凍真空乾燥秤出恆重，再置入 500°C 灰化爐 4 hr 後秤重，計算強熱處理後重量損失之強熱減量(ignition loss, %)，可代表底質有機物含量。

另外 3 個重複樣品所合併成的 1 個生物樣品，攜回實驗室後先以水清洗，再以肉眼由採集物中挑出動物標本。標本在顯微鏡下鑑定種類，再置入 80% 酒精保存，鑑定依據主要參考 Wiederholm (1983)。標本鑑定後，計算底棲動物群聚指數，包括：種數、密度、多樣性指數(Shannon-Wiener's index, H)與均勻度指數(Pielou's evenness index, e)。多樣性指數公式爲：

$H = - \sum_{i=1}^S P_i \log_e P_i$, P_i 為第 i 種所占隻數比例, S 為種數。均勻度指數公式為: $e = H / \log_e S$, H 為多樣性指數, S 為種數。

表 1 為 Sts. 1-9 採樣站之底質物理化學性質、底棲大型無脊椎動物密度與群聚參數。各採樣站強熱減量介於 4.3-13.7%, 粒徑中間值介於 0.03-0.13 mm, 粉泥黏土量介於 27.5-77.0%。底棲大型無脊椎動物共採獲貧毛綱(Oligochaeta) 與昆蟲綱(Insecta)等 2 綱 4 目 4 科 6 種(taxa) 3,375 隻, 其中貧毛綱 1 種 319 隻, 鞘翅目

(Coleoptera)豆龍蟲(*Agabus fulvipennis*) 1 種 1 隻, 毛翅目(Trichoptera)奇異沼石蛾(*Limnephilus alienus*) 1 種 23 隻, 雙翅目(Diptera)搖蚊科(Chironomidae) 3 種 3,041 隻, 包括原搖蚊(*Procladius* sp.) 1,175 隻, 素搖蚊(*Polypedilum* sp.) 1,598 隻, 搖蚊(*Chironomus* sp.) 268 隻。各採樣站的調查種數介於 3-6 種, 密度介於 1,244-9,230 隻/m², 多樣性指數介於 0.96-1.28, 均勻度指數介於 0.60-0.94。

表 1. 嘉明湖 9 採樣站之底質組成、底棲大型無脊椎動物密度(單位: 隻/3 個樣本, 1 個樣本=225 cm²) 及群聚參數

Table 1. Sediment characters, benthic macroinvertebrates density (number per 3 x 225 cm²) and community characters of Chia-Ming Lake (Sts.1-9, sampling stations)

Sampling stations	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9
Sediment									
Water depth (m)	5.5	3.5	1.5	5.5	3.5	1.5	5.5	3.5	1.5
Ignition loss (%)	13.5	8.5	8.6	12.9	6.1	4.3	13.7	7.3	4.5
Median diameter (mm)	0.06	0.04	0.08	0.04	0.04	0.11	0.03	0.08	0.13
Silt and clay content (%)	53.9	77	43.5	59.4	65.3	35.7	69.4	37.9	27.5
Invertebrate taxa									
Oligochaeta	5	19	75		30	27		66	88
Coleoptera									
<i>Agabus fulvipennis</i>			1						
Trichoptera									
<i>Limnephilus alienus</i>	10	3	4		3	2			1
Diptera									
<i>Procladius</i> sp.	203	203	237	59	82	76	38	82	195
<i>Polypedilum</i> sp.	364	64	115	43	159	191	31	386	245
<i>Chironomus</i> sp.	41	31	55	18	29	8	15	42	29
Community characters									
Number of taxa	5	5	6	3	5	5	3	4	5
Density (individual/m ²)	9230	4741	7215	1778	4489	4504	1244	8533	8267
Diversity (H)	0.96	1.05	1.28	1.00	1.19	0.98	1.03	0.98	1.19
Evenness (e)	0.6	0.65	0.71	0.91	0.74	0.61	0.94	0.71	0.74

表 2 為淺水層(由 Sts. 3, 6, 9 組成)、中水層(由 Sts. 2, 5, 8 組成)與深水層(由 Sts. 1, 4, 7 組成)之底質物理化學性質、底棲大型無脊椎動物密度與群聚參數。在湖泊東側淺水層底質的強熱減量平均值(5.8%)，較中水層(7.3%)與深水層(13.4%)低，此外，淺水層的粉泥黏土量(35.6%)亦低於中水層(60.1%)與深水層(60.9%)。底質粒徑中間值方面，淺水層(0.11 mm)則高於中水層(0.05 mm)與深水層(0.04 mm)。雖然中水層的強熱減量(7.3%)較深水層

(13.4%)為低，但二者在粒徑中間值與粉泥黏土量卻接近。底棲無脊椎動物組成方面，貧毛綱在淺水層數量最豐，中水層次之，深水層最少，呈現隨深度增加而減少現象。鞘翅目豆龍蝨調查量很少，僅淺水層之 St. 3 有 1 隻紀錄。毛翅目之奇異沼石蛾與 3 種雙翅目搖蚊，在淺、中、深水層的調查數量則接近。在群聚參數方面，種數、密度與多樣性指數，皆以淺水層最高，中水層次之，深水層再次之。均勻度指數則以深水層較高，淺、中水層較低。

表 2. 淺水層(由 Sts. 3, 6, 9 組成)、中水層(由 Sts. 2, 5, 8 組成)與深水層(由 Sts. 1, 4, 7 組成)之底質組成、底棲大型無脊椎動物密度(單位：隻/3 個樣本，1 個樣本=225 cm²)及群聚參數(mean±standard deviations, n=3)

Table 2. Sediment characters (mean±standard deviations, n=3), benthic macroinvertebrate density (number per 3 x 225 cm²) and community characters at shallow water (Sts. 3, 6, 9), medium water (Sts. 2, 5, 8), and deep water (Sts. 1, 4, 7) of Chia-Ming Lake

Water depth	Shallow water	Medium water	Deep water
Sediment characters			
Ignition loss (%)	5.8 ± 2.4	7.3 ± 1.2	13.4 ± 0.4
Median diameter (mm)	0.11 ± 0.03	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.02
Silt and clay contents (%)	35.6 ± 8.0	60.1 ± 20.1	60.9 ± 7.9
Invertebrate taxa			
Oligochaeta	63.3 ± 32.1	38.3 ± 24.6	1.7 ± 2.9
Coleoptera			
<i>Agabus fulvipennis</i>	0.3 ± 0.6		
Trichoptera			
<i>Limnephilus alienus</i>	2.3 ± 1.5	2.0 ± 1.7	3.3 ± 5.8
Diptera			
<i>Procladius</i> sp.	169.3 ± 83.5	122.3 ± 69.9	100.0 ± 89.8
<i>Polypedilum</i> sp.	183.7 ± 65.3	203.0 ± 165.4	146.0 ± 188.9
<i>Chironomus</i> sp.	30.7 ± 23.5	34.0 ± 7.0	24.7 ± 14.2
Community characters			
Number of taxa	5.33 ± 0.58	4.67 ± 0.58	3.67 ± 1.15
Density (individual/m ²)	6662 ± 1941	5291 ± 2266	4084 ± 4465
Diversity (<i>H</i>)	1.15 ± 0.15	1.07 ± 0.11	1.00 ± 0.04
Evenness (<i>e</i>)	0.69 ± 0.07	0.70 ± 0.05	0.82 ± 0.19

林等(2006)報導台灣中部合歡山天巒池等 8 個池沼(海拔 2,900 至 3,200m)底棲大型無脊椎動物種數介於 6-11 種，與嘉明湖 6 種相比，種類數皆不多，可能高山寒冷氣候，僅少數種類才能生存。在物種組成上，嘉明湖 6 種底棲大型無脊椎動物，在合歡山池沼群皆有調查紀錄，其中 3 種搖蚊，原搖蚊、素搖蚊、搖蚊，皆是兩地數量豐富種類，故底棲無脊椎動物種類相近。

湖泊底質堆積作用受到沉降顆粒大小、比重、帶電性等性質，以及湖岸侵蝕、湖水擾動、離岸遠近等水文因素影響。本調查中，淺水層底質粒徑較大，小顆粒的粉泥黏土含量較少，顯示大顆粒底質因沉降速度較快、搬遷距離較短，易堆積在淺水層。至於中水層與深水層雖然在底質粒徑大小與粉泥黏土含量接近，但由深水層強熱減量(13.4%)較中水層(7.3%)為高，顯示深水層有較高比例的有機物，惟沉降顆粒堆積作用與其有機物含量間關係，仍待後續探討。

底質粒徑大小、粉泥黏土含量、有機物及氧化還原層等因素，與底棲無脊椎動物分布關係密切(劉等 1998; 許 2005)。本調查中，目前僅貧毛綱動物呈現隨深度增加而數量減少的現象。林等(2006)報導合歡山 8 個池沼中，貧毛綱動物僅分布於有機物相對較少，屬於貧腐水性的合歡碧池與中腐水性的天巒池，屬於富腐水性的其他 6 個池沼則無調查紀錄。在宜蘭縣山區的加羅湖群，貧毛綱動物也被建議作為水中有機物含量較少的生物指標(林等 2011)。由於嘉明湖溶氧量隨深度遞減(羅等 1994)，且深水區底質有機物較淺水區為多，可能受到溶氧量、有機物等底質因素影響，使貧毛綱動物呈現隨深度增加而數量遞減現象。

雖然嘉明湖目前沒有受到明顯污染與破壞，但本區高山遊憩等人為活動仍多，持續監測調查，了解湖泊現況有其必要。底棲大型無脊椎動物由於密度高、底棲型而易於採樣，且

對水質耐受性明顯，生活史也反映較長期環境狀況，是湖沼監測重要指標之一。本研究顯示，貧毛綱動物在嘉明湖底質隨深度增加而數量減少現象，人為破壞或湖沼長期變遷可能影響此分布型式，建議可作為環境變遷監測的生物指標。

謝 誌

本研究承蒙林務局台東林區管理處與向陽工作站主管及同仁的支持協助，阿彰與阿光兩位撐艇勇士協助野外工作，兩位審稿委員費心指正並提供寶貴建議，謹此一併致謝。

引用文獻

- 何立德、陳淑樺、齊士崢。2010。台灣第四紀高山冰川後退模式。地理學報 59: 19-38。
- 吳永華。2002。台灣高山湖泊發現小史。宜蘭文獻雜誌 58: 85-106。
- 林斯正、謝森和、楊平世。2006。合歡山池沼群底棲大型無脊椎動物之分布。台灣昆蟲 26: 261-272。
- 林斯正、黃朝慶、邱錦和、楊平世、謝森和。2011。台灣東北部山區湖沼水質與底棲無脊椎動物群聚之關係。台灣生物多樣性研究 13(1): 37-51。
- 許仁利。2005。香山溼地大型底棲無脊椎動物群聚之時空變異。國立新竹教育大學數理教育系碩士論文。
- 陳肇夏、李元希、鐘三雄、陸挽中、賴慈華、黃文正、謝凱旋。2000。台灣中央山脈南部嘉明湖窪地成因之探討。地質 20: 1-24。
- 齊士崢。2003。天神的眼淚—嘉明湖湖盆是隕石坑還是冰斗？。中國地理學會會刊 32: 1-16。
- 劉弼仁、謝蕙蓮、林志國、陳朝金、陳章波。1998。金門慈湖的底棲環境與大型底棲動

物分布。國家公園學報 8: 12-25。

謝蕙蓮、黃守忠、李坤瑄、陳章波。1993。潮

間帶底棲生物調查法。生物科學 36: 71-80。

羅建育、王冰潔、徐寶琛、陳鎮東。1994。台

灣高山湖—嘉明湖之初步研究。大自然

44: 98-104。

Wiederholm, T. 1983. Chironomidae of the holarctic

region-keys and diagnoses, part 1 larvae. En-

tomologica Scandinavica Supplement 19: 1-457.

台灣新紀錄蕨類植物：多羽三叉蕨(鱗毛蕨科)

Tectaria sulitii Copel. (Dryopteridaceae) a Newly Recorded Pteridophyte from Taiwan

許天銓* 張藝翰

Tian-Chuan Hsu* and Yi-Han Chang

行政院農業委員會林業試驗所 台北市南海路 53 號

Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, Taiwan

* 通訊作者：lecanorchis@gmail.com

* Corresponding author: lecanorchis@gmail.com

摘 要

本文記述台灣之新紀錄蕨類植物多羽三叉蕨(*Tectaria sulitii* Copel., 鱗毛蕨科)，並提供彩色照片、引證標本、地理分布與分類之資料。本種原先僅記錄於菲律賓，近期發現於蘭嶼之雨林內。

Abstract

This paper describes a newly recorded halberd fern, *Tectaria sulitii* Copel. (Dryopteridaceae), from rain forests of the Lanyu island, Taiwan. It also provides color photos, voucher specimens and notes on taxonomy and geographical distribution. *T. sulitii* was previously reported only from the Philippines islands.

關鍵詞：多羽三叉蕨、鱗毛蕨科、蕨類植物、台灣

Key words: *Tectaria sulitii*, Dryopteridaceae, pteridophytes, Taiwan

收件日期：99年11月30日

接受日期：100年4月11日

Received: November 30, 2010

Accepted: April 11, 2011

緒 言

三叉蕨屬(*Tectaria*)為鱗毛蕨科(Dryopteridaceae)一泛熱帶分布之大屬，全世界約有 210 種(Holttum 1991)，台灣則記錄有 18 種(郭 1997)。2006 年 2 月本文第一作者與郭立園先生、林哲緯先生至台東縣蘭嶼島進行植物調查，於東清河流域發現一大型之三叉蕨屬植物，初步比對結果顯示為台灣未曾記錄之物種，但因所有個體均無孢子葉，無法進行進一步鑑定。2010 年作者群再次前往蘭嶼並採得本種之孢子葉，檢閱相關文獻及標本後認定與原記錄於菲律賓之 *Tectaria sulitii* Copel. 為同一物種，故於本文報導為台灣之新紀錄蕨類植物，中名定為「多羽三叉蕨」。目前蘭嶼已知有 6 種三叉蕨屬植物(作者未發表資料)，除本種外，其他 5 種分別為翅柄三叉蕨(*T. decurrens* (C. Presl) Copel.)、薄葉三叉蕨(*T. devexa* (Kunze ex Mett.) Copel.)、薄葉擬肋毛蕨(*T. dissecta* (G. Forst.) Lellinger)、傅氏三叉蕨(*T. fauriei* Tagawa) 及雲南三叉蕨(*T. yunnanensis* (Baker) Ching)。

分類處理

Tectaria sulitii Copel., Philipp. J. Sci. 81: 26. 1952; Copeland, Fern Fl. Philipp. 2: 313. 1958; Holttum, Fl. Males., Ser. 2, Pterid. 2 (1): 91. 1991.-Type: PHILIPPINES. Mindanao, Bukidnon Prov., Mt. Katanglad, 10 March 1949, *M. D. Sulit* 8727 (holotype: MICH, color photo!).

Tectaria loheri Copel., Philipp. J. Sci. 81: 26.

1952; Copeland, Fern Fl. Philipp. 2: 315. 1958.-Type: PHILIPPINES. Rizal Prov., Montalban, May 1915, *A. Loher s. n.* (holotype: UC, color photo!).

多羽三叉蕨 Fig. 1

根莖粗壯，直立，羽片叢生。葉柄基部密被鱗片，中上部具翼，翼窄於 5 mm。葉柄鱗片黃褐色，長披針形，長 9-12 mm，寬約 3 mm。葉身長達 110 cm，光滑，披針形，一回羽狀深裂，裂片可達 16 對，排列緊密；裂片全緣，末端漸尖，長 20-30 cm，寬 4-6 cm，最基部之一對裂片下側常有一額外裂片；葉脈網狀，網眼內具游離小脈。孢子囊群於主側脈兩側各一排；孢膜圓腎形至接近盾狀，直徑約 1 mm。

引證標本：台灣(TAIWAN)，台東縣(Taitung Co.)：蘭嶼鄉(Lanyu Township)，東清溪(Tung-ching Stream)，海拔約 150m，10 Feb 2006, *T. C. Hsu* 907 (TAI)；蘭嶼鄉(Lanyu Township)，青蛇山(Mt. Chingshe)，海拔約 300m，28 March 2010, *T. C. Hsu* 2624 (TAIF)；蘭嶼鄉(Lanyu Township)，大森山(Mt. Tasen)，海拔約 200m，5 Aug 2010, *T. C. Hsu* 3040 (TAIF)。PHILIPPINES: Luzon, Laguna Prov.: Los Banos, Mt. Makiling, Nov 1990, *J. F. Barcelona* 346 (PNH); same loc., 5 Dec 1968, *M. Price* 169 (CAHUP); same loc., 7 Jun 1966, *N. M. Orlida* 93 (CAHUP).

地理分布及生態：已知分布菲律賓及台灣。菲律賓記錄於呂宋島及民答那峨島，海拔 500-1,700

m (Copeland 1958)。台灣目前僅發現於蘭嶼，族群散布於陰暗而溼潤之雨林底層，海拔 150-300m。

分類註記：多羽三叉蕨形態近似翅柄三叉蕨，但前者成熟個體之裂片對數達 8-16 對，排列較緊密，葉柄之翼窄於 5 mm 且未下延至最基部，鱗片大多寬於 3 mm，孢膜甚小；而後者成株裂片僅 2-8 對，排列疏鬆，葉柄之翼寬於 5 mm 且下延至最基部，鱗片大多窄於 3 mm，孢膜大。本種葉形亦近似分布於東南亞的 *T. crenata* Cav.，但後者葉柄無翼，羽片大多深裂至葉軸，可與本種區辨。

檢閱相關標本及標本圖片後，我們確認台灣的個體與 *Tectaria loheri* 之正模式，以及數份採自呂宋島 Makiling 山的標本幾乎完全相同。若與 *T. sulitii* 之正模式比較，台灣個體葉軸中上部之翼較寬，羽片間距較小，其餘特徵則接近。Holtum (1991) 認為 *T. sulitii* 與 *T. loheri* 為相同物種，並將後者列為前者之異名。由於未見更新的分類處理，我們暫依 Holtum (1991) 的看法，將台灣的物種鑑定為 *T. sulitii*。

謝 誌

作者特別感謝業餘蕨類專家 Ralf Knapp 先生協助物種之鑑定，MICH 標本館館長 Reznicek 博士提供模式標本照片，以及陳正為先生提供部分彩色照片，並感謝鐘詩文博士、郭立園先生、林哲緯先生、郭明裕先生及呂順泉先生於野外工作之協助。

引用文獻

- 郭城孟。1997。台灣維管束植物簡誌第壹卷。行政院農業委員會，台北。
- Copeland, E. B. 1958. Fern Flora of the Philippines Vol. 2. Bureau of Printing, Manila.

- Holtum, R. E. 1991. Flora Malesiana, Ser. II-Pteridophyta Vol. 2. Pt 1. *Tectaria* Group. Rijksherbarium/Hortus Botanicus, Leiden.

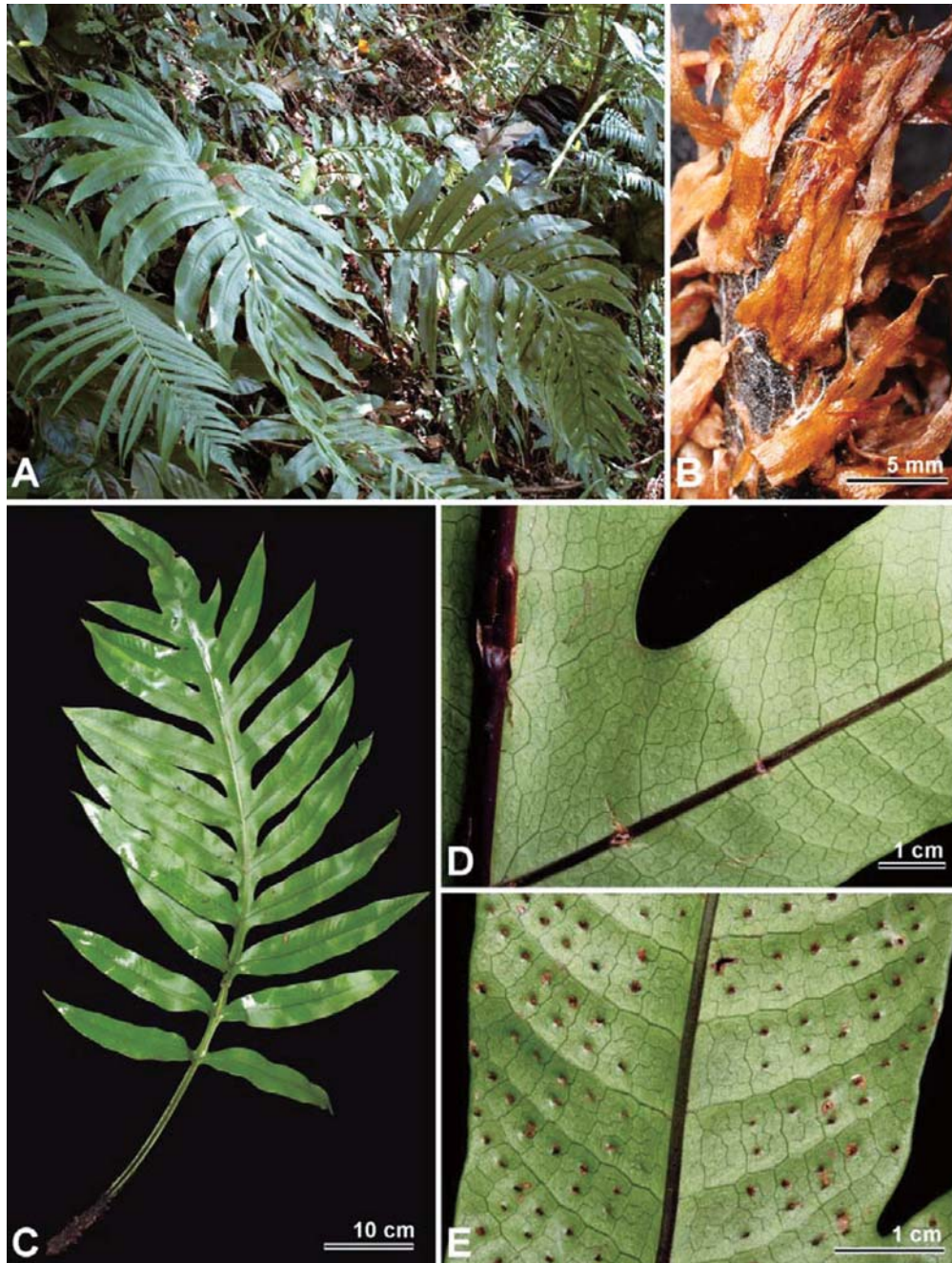


圖 1. 多羽三叉蕨。A, 生育地之個體；B, 葉柄鱗片；C, 營養葉近軸面；D, 營養葉遠軸面近觀；E, 孢子葉遠軸面近觀(陳正為提供)。

Fig. 1. *Tectaria sulitii* Copel. A, habit *in situ*; B, stipe-scales; C, sterile frond, adaxial view; D, sterile frond, abaxial close view; E, fertile frond, abaxial close view (courtesy of Cheng-Wei Chen).

Heterosmilax septemnervia F. T. Wang & Tang (Smilacaceae)
a Newly Recorded Plant to Taiwan

台灣菝葜科的新紀錄植物—短柱土茯苓

Tsai-Wen Hsu¹, Tzen-Yuh Chiang² and Ching-I Peng^{3,*}

許再文¹ 蔣鎮宇² 彭鏡毅^{3,*}

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² Department of Life Sciences, Cheng Kung University, Tainan, Taiwan

³ Biodiversity Research Center, Academia Sinica, Taipei, Taiwan

¹ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

² 國立成功大學生命科學系 台南市大學路1號

³ 中央研究院生物多樣性研究中心 台北市南港區研究院路二段128號

* Corresponding author: bopeng@sinica.edu.tw

* 通訊作者: bopeng@sinica.edu.tw

Abstract

The genus *Heterosmilax* (Smilacaceae) is comprised of about 11 species in the world of which three species were recorded in the 2nd edition of Flora of Taiwan. In the course of our plant inventory of Taiwan, *Heterosmilax septemnervia* F. T. Wang & Tang, heretofore unknown in Taiwan, was collected from the central mountain range of this island. It is closely related to *H. seisuiensis* by the staminate flower with 7-9 stamens (a feature of section *Polyandrae*). However, the two species are distinguishable by the stamen that are almost free for *H. seisuiensis* but fused 1/3 to 1/2 at base for *H. septemnervia*. We provide a taxonomic account of *H. septemnervia*, as a new distributional record in Taiwan as well as colored photographs taken from the wild to aid in identification.

摘要

土茯苓屬為菝葜科植物，台灣植物誌第二版記錄3種，最近我們在中部植物調查時發現另一新紀錄植物—短柱土茯苓；短柱土茯苓雄花有雄蕊7-9枚，屬於多蕊組植物，台灣原有紀錄的多蕊組植物只有台中假土茯苓，其雄蕊幾乎完全離生；而短柱土茯苓雄蕊基部1/3到1/2為合生蕊柱。本文章提供該種的形態描述與彩色圖片。

Key words: *Heterosmilax*, *Heterosmilax septemnervia*, new record, Smilacaceae, Taiwan

關鍵詞：土茯苓屬、短柱土茯苓、新紀錄、菝葜科、台灣

Received: August 9, 2010

Accepted: April 11, 2011

收件日期：99年8月9日

接受日期：100年4月11日

Introduction

The family Smilacaceae comprises three genera and 320 species (Conran 1998; Thorne and Reveal 2007). They are pantropical distribution, extending to temperate regions of both hemispheres (Conran 1998). Two genera, 21 species, and one variety were recorded in the second edition of “Flora of Taiwan” (Koyama *et al.* 2000).

The genus *Heterosmilax* is a small southeastern Asiatic genus that is closely allied to the genus *Smilax* (Koyama 1984). Eleven species of the genus have been recorded from southern China, Myanmar, Thailand, Indo-China, and western Malaysia, with one species extending to the Ryukyu

Archipelago, Indian Assam, and Khasia (Koyama 1984). Three species have been reported in Taiwan (Koyama *et al.* 2000). A new distributional record, *Heterosmilax septemnervia* F. T. Wang & Tang (Sec. *Polyandrae* Gagnepain) was recently found in the Central Mountain Range in Taiwan. This paper provides a brief taxonomic account of this new record as well as colored photographs taken from the wild to aid in identification.

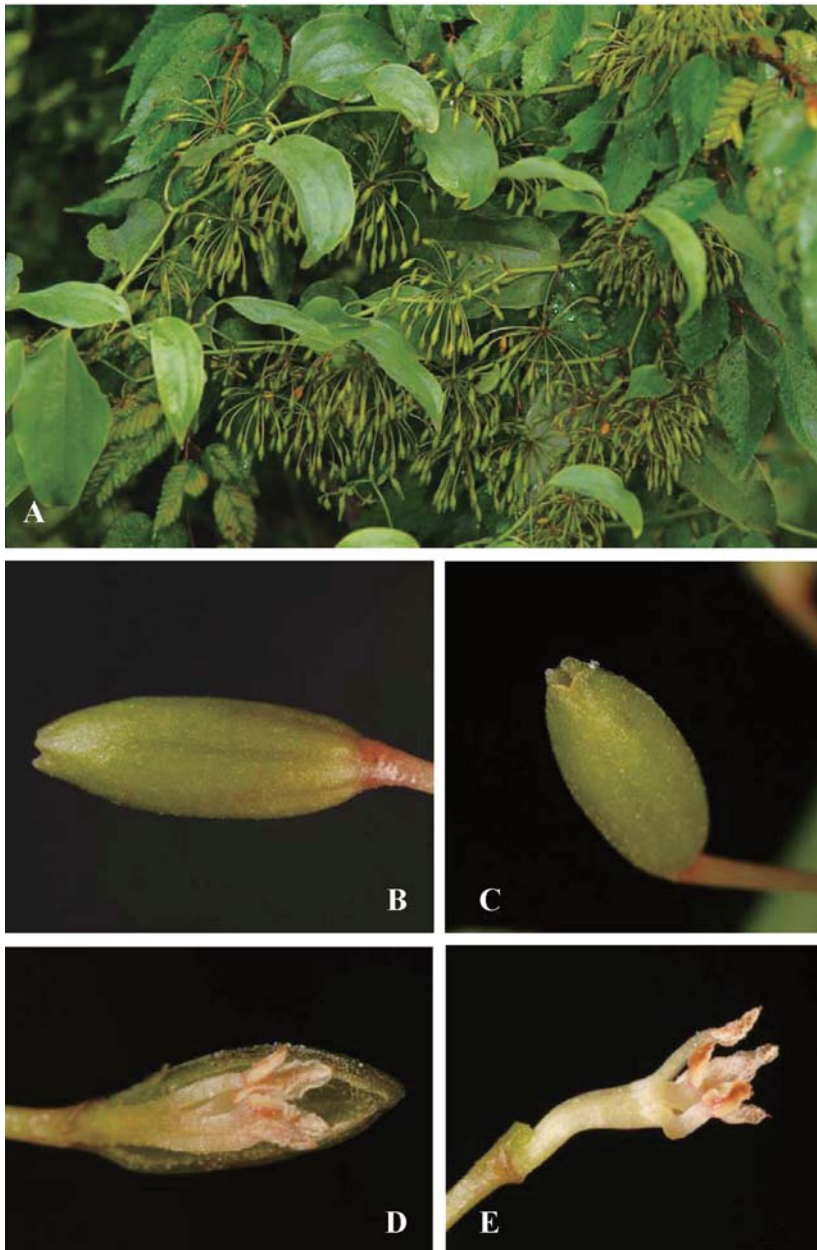
Taxonomic Treatment

Heterosmilax Kunth 土茯苓屬

Heterosmilax Kunth, Enum. Pl. [Kunth] 5: 270. 1850. Type: *Heterosmilax japonica* Kunth

Keys to sections of *Heterosmilax* and Species of section *Polyandrae* in Taiwan

- A. Male flowers with 9-13 stamens Sect. *Polyandrae*
 - B. Male perianth 4-8 mm long; 1/3 to 1/2 at base staminal filaments fused *H. septemnervia*
 - B. Male perianth 2.5-3 mm; staminal filaments almost free *H. seisuiensis*
- A. Male flowers with 3 or 4 stamens Sect. *Heterosmilax*



Figs. 1. *Heterosmilax septemnervia* Wang & Tang (A, habit; B and C, respectively, lateral and top views of flower; D, longitudinal section of staminate flower; E, stamens).

Heterosmilax septemnervia F. T. Wang & Tang,

Sinensia 5: 428. 1934. 短柱土茯苓

Type: China. Kweichow: Kweiting, Pinfa, Fl.

Male, *Tsiang* 5570 (Lectotype designated in

Koyama, 1984: PE!; isotype: NY!).

Description: Scandent vine, dioecious, branchlets green, with scattered lenticels. Stipules green, tendrils borne on the apex of stipule, part of

stipule fused with petiole, sheath-like, deltoid, 3.7-5 mm long, 3.2-4.1 mm wide. Petioles cylindrical, green, 1.4-1.7 cm long, grooved at adaxial side proximal to blade. Leaves simple, alternate, thinly coriaceous, green adaxially, grayish green abaxially, broadly ovate to elliptic, 6.2-9.8 cm long, 3.3-4.7 cm wide, apex acuminate, base rounded, entire, basal veins 5, elevated abaxially. Inflorescences in axillary umbels. Peduncles green, flattened, 3.4-4 cm long, ca. 0.7 mm across. Pedicels green, glabrous, 2.3-3.2 cm long, ca. 0.7 mm across. Bracts brown, deltoid, minute, ca. 0.7 mm long, ca. 0.2 mm wide. Flower buds green, ellipsoid, 3.9-7 mm high, 2.2-3 mm across. Staminate perianth green, ellipsoid, ca. 9.4 mm long, ca. 3.4 mm across, broadest in middle, abaxially glabrous outside, whitish pubescent inside, apex 3-lobed, lobes deltoid, ca. 1 mm high, ca. 1.3 mm wide at base. Stamens 7-9, fused at base and forming a synandrium, upper part free, biseriate, outer seriate 5-6, inner seriate 2-3; filaments greenish white, distinct part ca. 2.8 mm long, connate part ca. 1.7 mm long; anthers light brown, 2-celled, basifixed. Pistillate flower not seen. Fruits a berry, globose or depressed-globose, ca. 9 mm high, 9.5 mm in diameter.

Specimen examined: Nantou County, Ren-ai Township, Provincial Road no.8, at road marker 92.8 km, elev. 1,997m, with staminate flowers, 10 June 2010, *Hsu 16038* (TAIE), Provincial Road no.8, at road marker 92.3 km, elev. 1,967m, fruits, 12 Aug 2010, *Hsu 16138* (TAIE).

Distribution: China (Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hubei, Hunan, Sichuan, Yunnan), Vietnam (Koyama, 1984) and Taiwan (forests

in Central Mountain Range at elevations of 1,900 to 2,000m).

Remarks: *H. septemnervia* belongs to the section *Polyandrae*, which is distributed in the southeastern region of continental China (Koyama 1984). Its closest ally is *H. seisuiensis* (Koyama 1984). Both species have similar polyandrous flowers but differ by the almost free filaments in *H. seisuiensis* and partially fused in *H. septemnervia*.

Acknowledgements

We are thankful to Mr. M. I Weng and Ms. S. C. Yen for checking over the manuscript. This study was supported in part by grants from National Science Council (NSC 98-2321-B-329-003) and the Council of Agriculture, Taiwan.

Literature Cited

- Conran, J. G. 1998. Smilacaceae. *In*: K. Kubitzki *et al.* (eds.). The Families and Genera of Vascular Plants 3: 417-422. Springer-Verlag, Berlin.
- Thorne, R. F. and J. L. Reveal. 2007. An Updated Classification of the Class Magnoliopsida ("Angiospermae"). *The Botanical Review* 73 (2): 67-182.
- Koyama, T. 1984. A Taxonomic Revision of the Genus *Heterosmilax* (Smilacaceae). *Brittonia* 36(2): 184-205.
- Koyama, T., K. Y. Wang, F. Y. Lu and C. H. Ou. 2000. Smilacaceae. *In*: D. E. Boufford *et al.* (eds.). *Flora of Taiwan* ed. 2, Vol. 5. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 2nd. ed., Taipei, pp. 99-132.

《台灣生物多樣性研究》稿約

壹、一般說明

- 一、《台灣生物多樣性研究》為行政院農業委員會特有生物研究保育中心出版之學術期刊，歡迎國內外學者發表有關生物多樣性或自然保育之學術論文，但以未曾在其他刊物發表之原創研究為限。
- 二、本刊為季刊，每年 1 月、4 月、7 月及 10 月出版，隨時接受投稿。
- 三、撰稿中、英文均可，來稿請寄送完整文稿紙本 1 式 3 份或以電子檔案傳送(e-mail: tjbd@tesri.gov.tw)。原圖、表及以紙本投稿者之電子檔案俟審查通過後再通知寄送。
- 四、經本刊接受刊登之稿件，投稿著作所有列名作者皆同意授權本刊單位以非專屬授權之方式再授權，並得為重製、公開傳輸、授權用戶下載、列印等行為。為符合資料庫之需求，並得進行格式之變更。
- 五、稿件無稿酬，但經刊登之文稿贈送抽印本 50 份，作者如需額外的抽印本，可於校稿時登記份數，並負擔其費用。
- 六、來稿由本刊送請相關學者專家審查、簽註意見或修改，如須修改者再送請作者自行補充修正，作者應於收稿 2 週內完成修正，如於收稿 2 個月後仍未將修正稿件寄回者，視同放棄投稿。稿件付印前作者應負責校對。
- 七、來稿請寄：南投縣集集鎮(郵遞區號 552)民生東路 1 號特有生物研究保育中心「台灣生物多樣性研究」期刊編輯委員會收。

貳、文稿章節順序

依照 1. 題目，2. 作者姓名、服務單位、地址，3. 通訊作者之 e-mail，4. 摘要，5. 關鍵詞，6. 緒言，7. 材料與方法，8. 結果與討論(可分列)，9. 結論(可省略)，10. 謝誌(可省略)，11. 引用文獻等順序撰寫；其中 1 至 5 項請中英文並列，本文為中文撰寫者，依先中文後英文順序；本文為英文撰寫者，則先英文後中文。

文章若屬於研究短報(Note)者可不分章節。

另附標題頁(cover page)，註明簡題(short running title)及作者或聯絡人之姓名、電話、傳真、住址、e-mail 位址。

參、文稿結構

- 一、題目以 30 字為限。
- 二、作者中英文姓名之右上角以縮小數字標示服務單位註記。作者的英文姓名需列全名，名在前姓在後；複姓複名者，二字間用“-”相連；作者若為兩人，姓名間以“and”連接；若為三人或以上，除最後一人與其前一人間以“and”連接外，其餘之間以半形逗號連接。
- 三、中英文摘要以 500 字為限，摘要內容應以結果及結論為主，目的及方法可簡潔敘述或省略。避免使用條列式的摘要。

四、中英文關鍵詞以 5 個為限。

肆、文稿書寫應注意事項

一、文稿須以 Microsoft Word 可讀取之軟體編輯，以 A4 (30cm × 21cm) 白紙單面雙空行(double spaces)列印，文稿之天、地、左、右須留白 3cm，於每頁正下方註記頁碼。

二、本文敘述，應用數字編號時，其層次：

中文用：一、(一)、1、(1)、①...

英文用：I、(I)、1、(1)、A、a、(a)...

三、中英文單位請用公制之符號，例如：kg、mg、ml、ppm、pH、cm 等，數值請以阿拉伯數字表示之，年代一律採用西元。

四、插圖請用白紙(或繪圖紙)以黑墨水精繪，亦可採電腦製圖，惟須以雷射印表機列印；照片限原始攝影採光面相紙沖印者，幻燈片限用原片；未按規定之插圖致圖片模糊無法製版者不予受理。

五、圖片之標題在下方，表格標題在上方，標題須中英文並列，圖的說明應中英文對照另頁繕打，不可附在繪圖及相片上面。本文中圖表順序以圖 1，圖 2，表 1，表 2...，Fig. 1，Fig. 2，Table 1，Table 2，...等表示。

六、圖表內容請用英文，表格不加縱線。圖、表均以 A4 大小列印，定稿後圖、表請送原稿。

七、引用文獻以確經引用者為限，文中提到之文獻，請列出姓氏、年代。

八、引用文獻書寫方式：先列中、日、韓文，次列西文，其書寫方法按作者、年份、題目、發刊物名稱(全名，不採用縮寫)、卷期及頁號順序。

例：1. 中、日文期刊：柳檜、徐國士。1971。台灣稀有及有絕滅危機之動植物種類。中華林學季刊 4 (4): 89-96。

2. 中、日文書籍：徐國士。1980。台灣稀有及有絕滅危機之植物。台灣省教育廳。

3. 中、日文彙編書籍：徐國士。1987。台灣的稀有植物。周昌弘、彭鏡毅、趙淑妙撰(編)。台灣植物資源與保育 139-157 頁。中華民國自然生態保育協會。

4. 英文期刊：Clough, B. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes* 2: 191-198.

5. 英文期刊：Pimm, S. L. and J. L. Gittleman. 1992. Biodiversity: Where is it? *Science* 255: 940.

6. 英文期刊：Baker, C. S., F. Cipriano and S. R. Palumbi. 1996. Molecular genetic identification for whale and dolphin products from commercial markets in Korea and Japan. *Molecular Ecology* 5: 671-685.

7. 英文書籍：Soule, M. E. and B. A. Wilco. 1980. *Conservation biology: An evolutionary-ecological, approach*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

8. 英文彙編書籍：Jinchu, H. and W. Fuwen. 1990. Development and progress of breeding and rearing giant pandas in captivity within China. pp. 322-325. *In*: H. Jinchu (ed.). *Research and progress in biology of the giant panda*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Sichuan, People's Republic of China.

Notice to Contributors

I. General Guides:

1. The Taiwan Journal of Biodiversity is published quarterly (January, April, July and October) by the Endemic Species Research Institute, Council of Agriculture. The journal is an academic publication that welcomes the submission of manuscripts of various biological disciplines in the field of biodiversity. The manuscripts are limited to original work previously unpublished in any other journal.
2. The journal accepts manuscripts written in either Chinese or English. Submit 3 copies of manuscript by mail to the Editor-in Chief, Endemic Species Research Institute, No.1, Ming-Shen East Road, Jiji, Nantou 552, Taiwan, or by online in WORD format to the e-mail address: tjbd@tesri.gov.tw. However, the original high quality photos should be sent by mail.
3. Manuscript submitted will be sent to at least two referees in the field of its specialty for peer review and comments. Revised manuscript will be reexamined by the Editorial Board. Author(s) are responsible for proof correction of the printer's copy to ensure accuracy.
4. Corresponding author is required to sign a Copyright Transfer Agreement for the paper accepted for publication to the journal publisher, the Endemic Species Research Institute.
5. Fifty reprints will be supplied free of charge to corresponding author once at the time of publication.

II. Manuscript Preparation:

1. Manuscript should be written in a sequence of 1) Title, 2) Authors' full name, 3) Author(s) affiliations(s) and address(es), 4) Abstract, 5) Key words, 6) Introduction, 7) Materials and methods, 8) Results, 9) Discussion, 10) Conclusions, 11) Acknowledgements, 12) Literature Cited. Of them 1 to 5 should be written in dual languages, Chinese and English.
2. Cover page should contain title of manuscript, author name(s), author's(s') affiliation(s), corresponding author's name, telephone number, fax number and e-mail address, and a short running title.
3. Title should be less than 30 words. Capitalize the first letter of each word except articles, conjunctions and prepositions.
4. Author's name should be first name first followed by surname. For multiple authors, use comma to separate the names but the last two names by "and" .
5. Running title should be less than 50 letters including spaces.
6. Abstract must be a single paragraph not exceeding 500 words.
7. Key words should be no more than 5 words.

III. Manuscript Format:

1. Manuscript must be typed using standard software (Microsoft Word) with top, bottom, left and right. Mark page numbers on the bottom.

2. Manuscript should be typed in a uniform character size. There is no need to differentiate paragraph, title, subtitle or contents by using large or small characters.
3. Measurements should use International System of Units (kg, mg, km, m, cm... etc.). All numerals or quantities should be expressed in Arabic numbers. Years in the text should use A. D. universally.
4. Figures and tables in the text should be sequenced by Arabic numbers (e. g. Fig. 1 and Table 1). Both graphs and photos use same "Fig." designation.
5. Common name of an animal or plant that appears in title and first appears in abstract and text should be accompanied with scientific name. All scientific names in manuscript should be italic.
6. When citing a reference in text, use surname and year, e. g. (Clough 1998) for single author, use "and" to link authors, e. g. (Pimm and Gittleman 1992) for double authors, and use "*et al.*" e. g. (Baker *et al.* 1996) for multiple authors. When citing multiple references, separate them with semi-colons in a chronological order.
7. Using the following system for arranging references in literature cited.

For journals:

Clough, B. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes* 2: 191-198.

Pimm, S. L. and J. L. Gittleman. 1992. Biodiversity: Where is it? *Science* 255: 910-940.

Baker, C. S., F. Cipriano and S. R. Palumbi. 1996. Molecular genetic identification of whale and dolphin products from commercial markets in Korea and Japan. *Molecular Ecology* 5: 671-685.

For books and symposiums:

Soule, M. E. and B. A. Wilco. 1980. *Conservation biology: An evolutionary-ecological approach*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Jinchu, H. and W. Fuwen. 1990. Development and progress of breeding and rearing giant pandas in captivity within China. pp. 322-325. *In*: H. Jinchu (ed.). *Research and progress in biology of the giant panda*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Sichuan, China.

8. Table should be typed on a separate sheet and be headed by a title of dual languages (Chinese and English). It consists of only horizontal lines and typed with English terms (if possible) and Arabic numerals. If foot notes are required, mark with superscripts ¹, ², *, #, etc.
9. Figure should be drawn with black ink on a separate white tracing paper with a figure legend of the dual languages below. Computer graph made from laser printer is acceptable.
10. Photograph should be a glossy black and white shot with sufficient resolution to be clearly legible after reduction. When multiple photos are employed, the author should arrange them in plates. Micrographs should include bars indicating scales of magnification. Photos should be pasted on white A4 paper loosely with the figure legend below.



封面圖說／

台灣中部地利地區之摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)群集，該物種常棲息於天然岩洞或人工隧道中，為典型的洞穴型蝙蝠。(陳宏彰 攝)

台灣生物多樣性研究

(原為《特有生物研究》半年刊，2010年元月起更名，並以季刊發行)

發行人／湯曉虞
總編輯／李訓煌
主編／鄭錫奇、許再文

執行編輯／(依姓氏筆劃序)

何健鎔、林瑞興、許再文、陳志輝
陳榮宗、張和明、詹芳澤、蔡奇立
鄭錫奇、劉靜榆、薛美莉

編輯諮詢委員／(依姓氏筆劃序)

于宏燦、方力行、王穎、王震哲
王鑫、呂光洋、呂福原、李玲玲
汪靜明、周昌弘、吳忠宏、吳錫圭
吳繼光、邵廣昭、林幸助、林耀松
郭城孟、陳明義、陳章波、許建昌
張清風、黃生、游祥平、彭鏡毅
楊平世、楊政川、廖一久、裴家騏
趙榮台、劉小如、蔡住發、鄭蕙燕
歐辰雄、蔣鎮宇

英文編輯／蔡住發
助理編輯／羅華娟

出版／農委會特有生物研究保育中心
住址／南投縣集集鎮 552 民生東路 1 號
電話／049-2761331 轉 315
網址／<http://tesri.coa.gov.tw>
印刷／財政部印刷廠
出版日期／中華民國 100 年 4 月
創刊日期／中華民國 88 年元月
出版登記／局版台誌第 10207 號

定價／新台幣 100 元整

展售處／
五南文化廣場 04-22260330
台中市中山路 2 號
國家書店松江門市 02-25180207
台北市松江路 209 號 1 樓
國家網路書店
<http://www.govbooks.com.tw>

特有生物研究保育中心消費合作社
南投縣集集鎮民生東路 1 號
049-2762490

Taiwan Journal of Biodiversity

(Continuation of former journal of "Endemic Species Research", 1999-2009)

Publisher / Hsiao-Yu Tang
Editor-in-chief / Hsun-Hwang Lee
Editors / Hsi-Chi Cheng and Tsai-Wen Hsu

Executive Editors /

Jen-Zon Ho, Ruey-Shing Lin,
Tsai-Wen Hsu, Chih-Hui Chen,
Rung-Tsung Chen, Ho-Ming Chang,
Fang-Tse Chan, Chi-Li Tsai,
Hsi-Chi Cheng, Ching-Yu Liou,
May-Li Hshiu

Editorial Board /

Hon-Tsen Yu, Lee-Shing Fang,
Ying Wang, Jenn-Che Wang,
Shin Wang, Kuang-Yang Lue,
Fu-Yuan Lue, Ling-Ling Lee,
Ching-Ming Wang, Chang-Hung Chou,
Homer C. Wu, Shi-Kuei Wu,
Chi-Guang Wu, Kwang-Tsao Shao,
Hsing-Juh Lin, Yao-Sung Lin,
Chen-Meng Kuo, Ming-Yih Chen,
Chang-Po Chen, Chien-Chang Hsu,
Ching-Fong Chang, Shong Huang,
Hsiang-Ping Yu, Ching-I Peng,
Ping-Shih Yang, Jeng-Chuan Yang,
I-Chiu Liao, Kurtis Jai-Chyi Pei,
Jung-Tai Chao, Lucia Liu Severinghaus,
Chu-Fa Tsai, Huei-Yann Joann Jeng,
Chern-Hsiung Ou, Tzen-Yuh Chiang

English Editor / Chu-Fa Tsai

Assistant Editor / Hua-Chuan Lo

Published by Endemic Species Research Institute
1 Ming-Shen E. Road, Jiji, Nantou 552,
Taiwan, R.O.C.
Tel: 886-49-2761331 ext. 315
<http://tesri.coa.gov.tw>

Published Date: April 2011

GPN: 2009900002
ISSN: 2076-6971

Contents

Changes in Habitat Utilization of the Japanese Long-Winged Bat <i>Miniopterus schreibersii</i> in Association with Its Life Cycle and Batfly Infection in the Central Taiwan.....	Tung-Yao Chen, Hsi-Chi Cheng and Hung-Chang Chen	97
Impact of Extreme Weathers on Breeding Success of Pheasant-Tailed Jacana (<i>Hydrophasianus chirurgus</i>).....	Liu-Chih Lo	111
First Documented Nesting of the Red-Whiskered Bulbul <i>Pycnonotus jocosus</i> in Taiwan.....	Bruno A. Walther	121
Abundance and Species Diversity of Benthic Polychaetes in Relation to Sediment Environmental Variables in the Intertidal Zone of Cigu Lagoon, Taiwan.....	Ying-Jer Chiu, Tzu-Yun Shen, Chi-Chin Hwang, Yi-Kuang Wang, Jinn-Rong Hseu and Shinn-Lin Yeh	135
Parasitic Copepod <i>Caligus macarovi</i> Infection on Pacific Saury in the Northwestern Pacific Ocean.....	Wen-Bin Huang and Yu-Chun Huang	153
A Preliminary Survey of Sediments and Benthic Invertebrates of Chia-Ming Lake in Southern Taiwan.....	Sue-Cheng Lin, Chao-Ching Huang, Chin-Her Chiu, Chung-Yi Lin, Ping-Shih Yang and Sen-Her Shieh	167
<i>Tectaria sulitii</i> Copel. (Dryopteridaceae) a Newly Recorded Pteridophyte from Taiwan.....	Tian-Chuan Hsu and Yi-Han Chang	175
<i>Heterosmilax septemnervia</i> F. T. Wang & Tang (Smilacaceae) a Newly Recorded Plant to Taiwan.....	Tsai-Wen Hsu, Tzen-Yuh Chiang and Ching-I Peng	179