

台江國家公園五種棲地類型之大型飛蟲資源比較

黃文伯¹，莊榮州¹，張原謀^{1,2}

¹國立臺南大學生態科學與技術學系；²通訊作者 E-mail: changyuanmou@gmail.com

[摘要] 本研究從 2015 年 1 月至 12 月每月以蝶網網捕調查台江國家公園內紅樹林、防風林、草地、草澤與溪溝水塘五種棲地的大型飛蟲，共捕獲了 8 目 99 種 2,222 隻昆蟲。捕獲數由 1 月開始隨月份增加，於 9 月達到高峰後開始下降。其中以蜻蛉目為真優勢類群，個體數量佔捕獲數 60.49%，其次依序為鱗翅目 12.96%、膜翅目 9.09% 與鞘翅目 8.46%。優勢的物種則分別是高翔蜻蜓、青紋細蟪、褐斑蜻蜓、侏儒蜻蜓、薄翅蜻蜓、黃蝶、義大利蜂、橙瓢蟲與豆波灰蝶。平均每條穿越線所捕獲的物種數以防風林棲地最高，個體數則以溪溝水塘棲地為最高，而多樣性指數與物種均勻度則以防風林最高。以 Wainstein 的相似性指標(Wainstein's Similarity Index, K_w)比較五種棲地間昆蟲組成結構的相似度，紅樹林與草地間的昆蟲組成結構相似性最高，為 23.59%，其下依序為草澤與溪溝水塘間的 18.71%、草地與溪溝水塘間的 18.6%，以及草地與草澤間的 13.36%，此相似性可顯示飛蟲於不同棲地間播遷或交流的可能性。

關鍵字：昆蟲組成、物種多樣性、蜻蛉目、棲地類型、台江國家公園

A Comparison of Large Flying Insect Resources in Five Habitat Types in Taijiang National Park

Wenbe Hwang¹, Chi Chou Chuang¹ and Yuan Mou Chang^{1,2}

¹Department of Ecoscience and Ecotechnology, National University of Tainan; ²Corresponding author
E-mail: changyuanmou@gmail.com

ABSTRACT We surveyed macro flying insects in the mangroves, windbreak forests, grasslands, marshes, and ditches and ponds in Taijiang National Park by sweeping butterfly nets from January to December, 2015. A total of eight orders, 99 species and 2,222 specimens were collected. The number of specimens collected each month increased from January and reached a maximum in September. Odonata was the most frequently captured taxon (60.49% of collected individuals), followed by Lepidoptera (12.96%), Hymenoptera (9.09%) and Coleoptera (8.46%). The dominant species were *Macrodiplax cora*, *Ischnura senegalensis*, *Brachythemis contaminata*, *Diplacodes trivialis*, *Pantala flavescens*, *Eurema hecabe*, *Apis mellifera*, *Micraspis discolor*, and *Lampides boeticus*. The windbreak forests had the highest species richness, diversity index and evenness, while ditches and ponds had the highest abundance. Using Wainstein's Similarity Index (K_w) to compare the insect assemblages among the five habitat types showed that the mangroves and the grasslands had the highest (23.59%) similarity in species composition, followed by the marshes and the ditches and ponds (18.71%), the grasslands and the ditches and ponds (18.6%), and the grasslands and the marshes (13.36%). These similarities may indicate the possibility of the dispersal or the

movement of flying insects between different habitat types.

Keywords: insect composition, species diversity, Odonata, habitat type, Taijiang National Park

前言

台江國家公園位居臺灣西南部，包含臺南市曾文溪口北岸黑面琵鷺動物保護區、四草野生動物保護區兩個自然保護區；七股鹽田濕地與鹽水溪口濕地兩個國家級濕地；曾文溪口濕地、四草濕地兩個國際級濕地。陸域濕地原為台江內海，於十八世紀中期後，即因泥沙淤積逐漸陸化（謝國興 2003, 李淑玲 2006），主要地理特徵為潟湖、沙灘、濕地及河口沙洲，屬於環境生態敏感區域（林俊全 2010），沙洲和陸地相連，為初級演替形態，多為草澤地或木麻黃林間濕地，河道沙洲多為白茅型及鹽地鼠尾粟型草澤（葉秋好 2005）。生態研究以黑面琵鷺與其他過境水鳥的族群與群聚動態研究調查最為豐富（何立德等 2010, 許皓捷等 2012），其次為植物相的調查（葉秋好 2005, 謝宗欣 2009），與昆蟲相關的研究，大多聚焦在特定物種或局部區域，全面性的昆蟲組成結構與季節性動態變化，尚待全面性的了解。

過去的昆蟲研究中，在新物種的發表有大員牙蟲(*Berosus tayouanus*) (Ueng *et al.* 2006 a, b)與黃褐姬艷螢金花蟲(*Calomicrus jungchangi*) (Lee and Beenen 2012) 兩種；單一物種研究有臺灣特有種臺灣暗蟬(*Taiwanosemia hoppoensis*) (北埔蟬) (陳建宏 2003, 2004, 張原謀等 2014)；單一類群的研究則有螞蟻群聚的組成(陳育欽 2004)；以植被棲地為主軸，調查各棲地昆蟲群聚的研究，則有紅樹林蝶類與螞蟻的多樣性及組成(魏映雪 2003)，與七股木麻黃林的昆蟲群聚(黃秀雯 2005)，以及四草紅樹林與防風林以攔截方法對飛蟲的調查(黃文伯等 2012)，在草地灌叢部分，則有 2009 年的昆蟲普查(臺南市政府 2010)；在棲地改造上，則有水質變化對水生昆蟲的影響(林怡君等 2006, 楊明雄 2009)；而在台江地區以紅樹

林、防風林及草地棲地昆蟲群聚的研究，則有以飛行攔截器、掃網、掉落式陷阱三種方法的調查(林廷翰 2011)；另外在生活史策略群與攝食功能群上，則有包含昆蟲綱的各棲地類型節肢動物的研究(朱本勛 2013)。

台江地區在淤沙自然演替下，陸域因土壤鹽分高，鹽生草澤為主要的生態面貌，林澤代表為紅樹林沿著感潮溝生長，分布範圍受海拔與水域環境所限制，另外在人為需求與開發下，海岸沙地分布有木麻黃為主的帶狀防風林。何立德等(2010)將該處植被分為沙灘植被、鹽濕地植被、灌叢與人工林四種類型，紅樹林則包含在灌叢類型中，主要分布在排水溝兩岸，而人工林則以木麻黃純林為主。在以往的研究中，昆蟲資源調查多集中在紅樹林與木麻黃林等林相棲地，但以面積來看，草澤、草地涵蓋相當大的面積，紅樹林與林地則成帶狀或是零星破碎化分布，因此對於昆蟲相的研究，不應僅將重點放在紅樹林與防風林棲地，更應涵蓋多樣化的草澤棲地。

民眾進入國家公園後，最直接的昆蟲相樣貌，為視覺可及、形態可直接分辨的大型飛蟲，無論是在昆蟲保育或是環境教育的角度來看，大型飛蟲皆能作為焦點物種，本研究即針對台江陸域範圍，紅樹林與木麻黃防風林的林地棲地，以及開闊地之草地、草澤與各處溪溝水塘棲地，調查大型飛蟲的組成結構，並分析各棲地優勢物種與提出相關保育建議。

材料與方法

一、研究地點與調查方法

調查的棲地類型分別是紅樹林、防風林、草地、草澤與溪溝水塘五種，其中紅樹林選擇兩處，為七股紅樹林(NM)、城西濕地紅樹林(CM)；防風林兩處為四草混合林(SMF)、城西

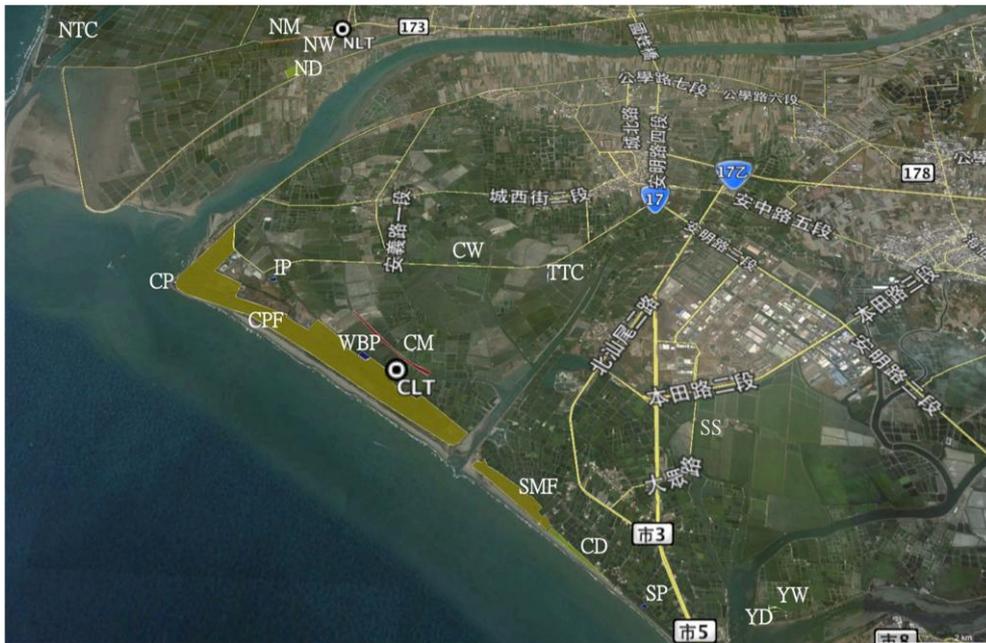


圖 1. 各棲地類型所屬樣區，以編號顯示地點位置(Google Earth 空拍圖)

表 1. 各棲地類型所屬樣區地點、編號與經緯度座標一覽表。

棲地類型	樣區地點	編號	座標
紅樹林	七股紅樹林	NM	23°05'06.63"N, 120°04'23.22"E
	城西濕地紅樹林	CM	23°02'08.33"N, 120°05'48.00"E
防風林	四草混合林	SMF	23°01'10.90"N, 120°06'38.56"E
	城西保安林	CPF	23°02'22.05"N, 120°04'29.20"E
草澤	鹽水溪草澤	YW	23°00'17.21"N, 120°08'43.21"E
	城西草澤	CW	23°02'49.38"N, 120°06'27.66"E
	七股草澤	NW	23°05'15.84"N, 120°05'06.26"E
草地	鹽水溪草地	YD	23°00'14.62"N, 120°08'40.98"E
	海岸草地	CD	23°00'39.27"N, 120°07'16.77"E
	七股草地	ND	23°04'50.33"N, 120°04'44.67"E
	四草鹽田	SS	23°01'33.48"N, 120°08'21.54"E
	四草水池	SP	23°00'15.89"N, 120°07'49.43"E
	防風林水池	WBP	23°01'58.83"N, 120°05'41.75"E
	焚化爐前水池	IP	23°02'36.71"N, 120°04'52.33"E
溪溝水塘	城西水池	CP	23°02'31.86"N, 120°04'03.87"E
	土城潮溝	TTC	23°02'49.32"N, 120°07'07.21"E
	七股苗圃潮溝	NTC	23°05'18.85"N, 120°02'19.34"E

保安林(CPF)；草澤三處：鹽水溪草澤(YW)、城西草澤(CW)與七股草澤(NW)；草地三處，為鹽水溪草地(YD)、海岸草地(CD)與七股草地(ND)；溪溝水塘七處，為四草鹽田(SS)、四草水池(SP)、防風林水池(WBP)、焚化爐前水池(IP)、城西水池(CP)、土城潮溝(TTC)、七股苗圃潮溝(NTC)，共 17 個調查樣區(圖 1)，樣區地點之經緯度座標參見表 1。

紅樹林、防風林、草澤與草地的每個樣區內皆設置穿越線 2 條，而溪溝水塘的 7 個樣區則各設置穿越線 1 條，共 27 條穿越線，穿越線長 50 m 與樣區邊界距離至少 5 m 以上，每個月 1 次使用軟框蝶網捕捉可見之飛行昆蟲。須帶回鑑定之蟲體，具展翅必要者，皆以三角蠟紙保存帶回冷凍，無展翅必要者，則以 70% 酒精浸泡，所有調查之蟲體皆鑑定至種，

暫無法分類至種名者，則依據形態差異歸類，區分為形態種。證據標本皆存放於台江國家公園或國立台南大學生態科學與技術學系昆蟲生態暨行為實驗室。

二、資料統計及分析

昆蟲季節性變化分析上，本研究呈現各棲地每月每穿越線的平均物種豐量，並比較各棲地物種總豐度(species richness)、豐量(species abundance)、多樣性指數(diversity index)與物種均勻度(species evenness)。為了解環境溫度與風速對大型飛蟲出現的影響程度，於調查期間在穿越線上懸掛 HOBO 溫度照度記錄器每 30 分鐘記錄環境溫度，同時以手持風速計記錄最大與最小風速，兩環境資訊皆取平均值，並以 Pearson correlation coefficient 檢定溫度與風速於各棲地環境對捕獲率的影響。

本研究使用 Engelman (1978)以相對豐量範圍所定義的 6 個優勢度(species dominance)等級，建立不同類型棲地優勢物種資料，由此選出棲地代表物種，優勢度等級依個體數量佔總數的百分比區分如下：

- 真優勢(eudominant): 32.0-100%
- 優勢(dominant): 10.0-31.9%
- 亞優勢(subdominant): 3.2-9.9%
- 劣勢(recedent): 1.0-3.1%
- 亞劣勢(subrecedent): 0.32-0.99%
- 稀有(sporadic): 0.32%以下

為比較兩個棲地的昆蟲物種組成結構相似性，本研究使用 Wainstein 的相似性指標 (Wainstein's Similarity Index, K_w)，當兩處物種組成結構完全一致時，其值為 100，而完全不同時，其值為 0，此指標數值可以百分比的概念視之，相關公式如下：

$$K_w (0\sim 100) = R_e \times J$$

Re: Renkonen's coefficient

J: Jaccard's coefficient

$$R_e (\%) = \sum \min (p_{i_1}, p_{i_2})$$

$$J = c \times 100 / (S_1 + S_2 - c)$$

p_{i_1} : i 物種於物種組成 1 中的相對豐量

p_{i_2} : i 物種於物種組成 2 中的相對豐量

c: 兩物種組成共有的物種數目

S_1 : 物種組成 1 之物種豐度

S_2 : 物種組成 2 之物種豐度

結果

一、季節性豐量

2015 年 1-12 月於防風林、紅樹林、草地、草澤與溪溝水塘 17 個樣區 27 條穿越線共捕獲 8 目 99 種 2,222 隻昆蟲，捕獲總數自 1 月起隨月份增加，9 月達到高峰後，數量開始下降，而在 12 月時大幅下降。捕獲數隨季節波動幅度最小的棲地類型為防風林，於 11 月達到高峰；其次是紅樹林，8 月為其高峰期；在草地、草澤與溪溝水塘則是在 7 月過後數量攀升，並於 9 月達到高峰，且草澤有另一個高峰期於 11 月(圖 2)。

二、優勢目別與物種

捕獲的 8 個目分別是鞘翅目(Coleoptera)、雙翅目(Diptera)、半翅目(Hemiptera)、膜翅目(Hymenoptera)、鱗翅目(Lepidoptera)、螳螂目(Mantodea)、蜻蛉目(Odonata)與直翅目(Orthoptera)。以相對豐量(各目捕獲數量/捕獲總數)等級分析，蜻蛉目為 60.49%，屬於真優勢類群，鱗翅目次之為 12.96%，屬於優勢類群。亞優勢類群依序為膜翅目 9.09%、鞘翅目 8.46%與直翅目 4.91%，而非優勢的類群依序為雙翅目、半翅目與螳螂目三目(表 2)。

2015 年所捕獲的昆蟲中，以個別物種的相對豐量來看(表 3)，屬優勢範圍的共有 9 種。在蜻蛉目有 5 種，2 種優勢物種分別是高翔蜻蛉 (*Macrodiplox cora*) 18.18%與青紋細蟴 (*Ischnura senegalensis*) 13.86%；3 種亞優勢物種分別為褐斑蜻蛉 (*Brachythemis contaminata*) 7.79%、侏儒蜻蛉 (*Diplacodes trivialis*) 7.20%與薄翅蜻蛉 (*Pantala flavescens*) 5.31%。在鱗翅目有 2 種亞優勢物種，分別是黃蝶

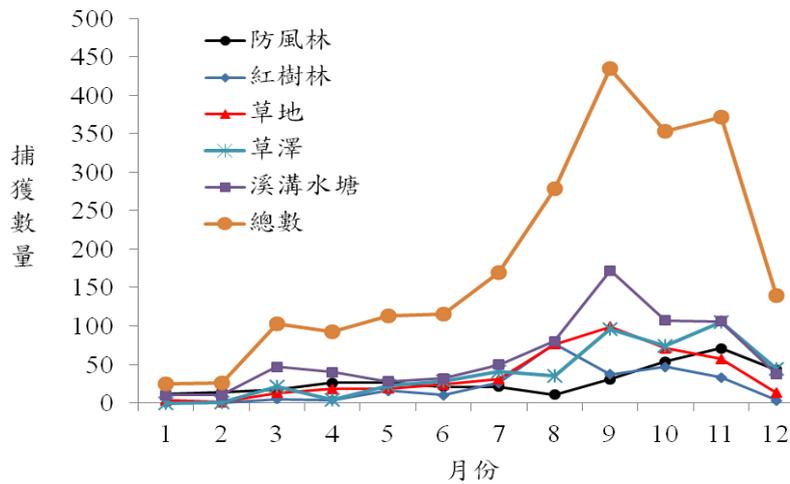


圖 2. 2015 年 1-12 月台江國家公園五種棲地類型所捕獲昆蟲數量與總數的變化

表 2. 2015 年 1-12 月於台江國家公園五種棲地類型捕獲各目昆蟲物種數、個體數、相對豐量與優勢度等級

目別	物種數	個體數	相對豐量(%)	優勢度等級
Coleoptera	21	188	8.46	亞優勢
Diptera	4	41	1.85	劣勢
Hemiptera	8	40	1.80	劣勢
Hymenoptera	18	202	9.09	亞優勢
Lepidoptera	18	288	12.96	優勢
Mantodea	5	10	0.45	亞劣勢
Odonata	16	1344	60.49	真優勢
Orthoptera	9	109	4.91	亞優勢

表 3. 2015 年 1-12 月於台江國家公園五種棲地類型所捕獲昆蟲之優勢物種與優勢度等級

目名	科名	學名	中名	個體數	相對豐量(%)	優勢度等級
Odonata	Libellulidae	<i>Macrodiplox cora</i>	高翔蜻蜓	404	18.18	優勢
Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura senegalensis</i>	青紋細蟳	308	13.86	優勢
Odonata	Libellulidae	<i>Brachythemis contaminata</i>	褐斑蜻蜓	173	7.79	亞優勢
Odonata	Libellulidae	<i>Diplacodes trivialis</i>	侏儒蜻蜓	160	7.20	亞優勢
Odonata	Libellulidae	<i>Pantala flavescens</i>	薄翅蜻蜓	118	5.31	亞優勢
Lepidoptera	Pieridae	<i>Eurema hecabe</i>	黃蝶	88	3.96	亞優勢
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	義大利蜂	78	3.51	亞優勢
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Micraspis discolor</i>	橙瓢蟲	76	3.42	亞優勢
Lepidoptera	Lycaenidae	<i>Lampides boeticus</i>	豆波灰蝶	74	3.33	亞優勢

(*Eurema hecabe*) 3.96% 與 豆波灰蝶 (*Lampides boeticus*) 3.33%。另外，尚有 2 種亞優勢物種，分別是膜翅目的義大利蜂 (*Apis mellifera*) 3.51% 與鞘翅目的橙瓢蟲 (*Micraspis discolor*) 3.42%。

三、各棲地昆蟲組成之多樣性

比較 2015 年防風林、紅樹林、草地、草澤與溪溝水塘五種棲地類型環境所捕獲的昆蟲，以溪溝水塘 61 種 719 隻次為最多，而紅樹林 29 種 258 隻最少。防風林 48 種在物種數上雖居次，但其個體數較少，僅高於紅樹林。防風林的 Shannon-Wiener 多樣性指數與物種均勻度皆最高，顯示各個物種的數量較為平

表 4. 2015 年 1-12 月於台江國家公園五種棲地類型所捕獲昆蟲物種豐度、豐量、多樣性指數與物種均勻度

棲地類型	防風林	紅樹林	草地	草澤	溪溝水塘
物種豐度	48	29	39	33	61
豐量(個體數)	348	258	425	472	719
Shannon-Wiener Index	2.84	2.27	2.46	2.15	2.81
Evenness	0.73	0.68	0.67	0.62	0.68

均，溪溝水塘次之(表 4)。由於不同棲地的調查努力度不同，在防風林與紅樹林各有 4 條穿越線，草地與草澤各 6 條穿越線，溪溝水塘為 7 條穿越線，豐度與穿越線多寡的關係尚無法確定，但平均豐量應除以穿越線數量後，方能比較，每穿越線的平均豐量仍以溪溝水塘 102.71 隻最多，防風林 87 隻次之，其下依序為草澤 78.67 隻與草地 70.83 隻，以及紅樹林 64.5 隻最少，每條穿越線的平均豐量於各棲地之間具有顯著性的差異(Friedman-test: $p < 0.01$)。

將各棲地穿越線每月捕獲的大型飛蟲數量，與該穿越線當月的平均溫度或平均風速進行相關性分析，在紅樹林與草地兩棲地，環境溫度與大型飛蟲捕獲數呈現顯著正相關(Pearson correlation coefficient: 紅樹林 $p < 0.05$, $r^2 = 0.172$; 草地 $p < 0.01$, $r^2 = 0.206$)，而在防風林($p = 0.825$)、草澤($p = 0.201$)、水池($p = 0.072$)和潮溝($p = 0.139$)則無顯著相關性。平均風速則僅在防風林棲地中，對大型飛蟲的捕獲數有正向的影響(Pearson correlation coefficient: $p < 0.05$, $r^2 = 0.105$)，而在紅樹林($p = 0.461$)、草地($p = 0.535$)、草澤($p = 0.081$)、水池($p = 0.101$)和潮溝($p = 0.059$)則無顯著相關性。

四、各棲地之優勢物種

以 Engelmann (1978)所定義的 6 個優勢度，儘管各類型棲地努力度不同，調查的總隻數不同，但作為棲地類型內部的比較，穿越線數目並不影響棲地內優勢度排序，而此優勢度排序在努力度不同下，則不能作為棲地間優勢與否的比較。各棲地在相對豐量 3.2 % 以上優勢範圍的物種數，防風林有 8 種，其中高翔蜻

蜓、侏儒蜻蜓、蓬萊沙蜂(*Bembix formosana*)與大華或海霸蜻蜓(*Tramea* sp.) 4 種為優勢種，而另 4 種為亞優勢種；紅樹林有 7 種，其中高翔蜻蜓與薄翅蜻蜓 2 種為優勢種，而另 5 種為亞優勢種；草地有 9 種，其中以高翔蜻蜓 1 種為真優勢種，其餘 8 種皆為亞優勢種；草澤有 7 種，其中青紋細蟴為真優勢種，橙瓢蟲為優勢種，而另 5 種為亞優勢種；溪溝水塘有 5 種，其中褐斑蜻蜓、青紋細蟴、高翔蜻蜓 3 種為優勢種，而另 2 種為亞優勢種(附錄 1)。

五、各棲地昆蟲組成之相似性比較

將防風林、紅樹林、草地、草澤與溪溝水塘於 1-12 月所捕獲的昆蟲，以 Wainstein 的相似性指標(Wainstein's Similarity Index, K_w) 比較昆蟲組成結構的相似度，紅樹林與草地間的昆蟲組成結構相似性最高，為 23.59%，其餘相似性較高的，依序分別是草澤與溪溝水塘間的 18.71%、草地與溪溝水塘間的 18.6%，以及草地與草澤間的 13.36%，草澤與林地間的昆蟲組成結構相似度為最低，與防風林比較僅 5.45 % 相似，與紅樹林比較則為 7.84% (表 5)。

討論

台江地區歷史悠久，歷經了台江內海、潟湖陸化後先人的墾殖、養殖漁業的蓬勃發展，一直到現在魚塭、荒地、都市、工廠交錯，地貌在四百年間變化甚鉅。然而由於長期缺乏相關昆蟲相的調查，難以得知這些環境變遷對於昆蟲生態的影響。1902 年至 1916 年間，德國人漢斯·紹德(Hans Sauter)長期居住在臺南，由當初採集自安平 70 種昆蟲(附錄 2)，雖然採集方式可能不同，但比較同樣是台江近海地

表 5. 2015 年 1-12 月台江國家公園五種棲地間昆蟲組成結構的相似性指標數值(Wainstein's Similarity Index, Kw)

K _w	防風林	紅樹林	草地	草澤	溪溝水塘
防風林					
紅樹林	10.27				
草地	10.01	23.59			
草澤	5.45	7.84	13.36		
溪溝水塘	11.50	10.51	18.60	18.71	

區，且在視覺上容易發現的大型飛蟲，可依據昆蟲棲息的習性，藉此遙想當年台江地區的生態環境。例如蓬萊節石蠅 (*Kamimuria formosana*)、邵氏新石蠅 (*Neoperla sauteri*)、黃頸鰓石蠅 (*Amphinemura flavicollis*) 在本研究中皆無捕獲，依大多數積翅目昆蟲較喜歡棲息於流速快、溶氧高的溪流環境 (Zwick 2003)，與今日的曾文溪、鹿耳門溪、鹽水溪下游人為污染情況截然不同，推測百年前的台江地區應該有許多大小小水質清澈的溪流橫互，河岸兩邊應該還有廣袤的樹林提供遮蔭；名錄中的斑蠍蛉 (*Panorpa deceptor*) 屬於蠍蛉科 (Panorpidae)，大部分蠍蛉偏好棲息於林蔭潮濕的環境中 (Byers and Thornhill 1983)，更顯示台江地區過去曾有較為茂密的林相。此外，根據 Stange *et al.* (2002)，白斑蟻蛉 (*Baliga asakurae*) 的幼蟲喜歡棲息於潮濕的洞穴口或突岩下方的沙地，一般分布於潮濕且有裸露山壁、坑洞的山區，與現今台江地區平坦的地貌環境截然不同，雖然只有零星的標本，依舊可以想像百年來的變化。比較當初紹德所採的 70 種昆蟲中，在本研究調查裡僅華麗筒金花蟲 (*Cryptocephalus nitidissimus*)、黑斑紅長筒金花蟲 (*Cryptocephalus pallens*)、稜腳擬步行蟲 (*Trigonopoda crassipes*)、紹德布里隱翅蟲 (*Bledius sauteri*)、蓬萊沙蜂、刺蝶角蛉 (*Acheron trux*)、褐胸蝶角蛉 (*Ascalaphus placidus*)、土阱蟻蛉 (*Cueta sauteri*)、日本蚤蝗 (*Xya japonica*) 共 9 種昆蟲再度被發現，顯示台江地區因人為開發，使得生態系統可能由較多的樹林較多的環境，變遷為僅剩以木麻黃防風林和感潮溝紅樹林為主，林蔭面積相對受限的狀態，因而使昆蟲物種組成結構發生變化。

Butterfield *et al.* (1995) 認為棲地異質性經常影響物種的豐度與豐量，昆蟲由於體型較小，對棲地的敏感度高，當棲地植被類型不同，也會有不一樣的昆蟲組成 (Hughes *et al.* 2000)。陳明義 (2006) 將濕地植群可概分為草澤 (marsh) 與林澤 (swamp)，草澤是以草本植物為主的開闊地，林澤則是林木為主的鬱閉環境，兩者土壤皆經常性被水淹沒。本研究選棲地即包含了草澤，以及城西防風林的木麻黃林澤。防風林經常積水，而形成適合蜻蛉目棲息繁殖的環境，其優勢物種多達 8 種，顯示環境異質性仍使其他非蜻蛉目飛蟲佔有一席之地，例如蓬萊沙蜂、小皺椿象、白粉蝶與大頭金蠅，故防風林會有較高的多樣性。在溪溝水塘，飛蟲的豐度或豐量皆最高，但主要的優勢物種皆是蜻蛉目昆蟲，其中以褐斑蜻蜓最為優勢，此顯示林地與開闊水域環境飛蟲組成結構的差異。草地與紅樹林在大型飛蟲上的多樣性最低，則可能分別與風速或水域鹽度有關。草地年平均風速為 3.39 m/s，在各類型棲地中最高，且無水域環境可供產卵；紅樹林水域為半淡鹹水，水生稚蟲難以棲息，兩者環境皆不利於蜻蛉目昆蟲的棲息與繁殖，而導致有較低的多樣性。本研究亦比較了各棲地類型間飛蟲物種組成的相似性，其中以紅樹林和草地的相似性最高，約 18%，而在草地、草澤與溪溝水塘之間次之，約 15%。相似度高低除了受相同的物種數目影響外，Wainstein 的相似性指標亦呈現了不同棲地相同物種相對豐量的重疊程度，當優勢物種相同、相對豐量又一致時，則會增幅 Wainstein 的相似性指標數值。由於本研究以大型飛蟲為主要調查目標，其飛行能力佳，具有較高的播遷能力，因此在相同性質

的棲地間，族群有較高的流通機率。相似性數值的高低，同時可呈現飛蟲於不同棲地間播遷或交流的可能性。

建議

在台江防風林、紅樹林、草地、草澤與溪溝水塘五種類型的棲地中，可做為生態旅遊觀察的大型飛蟲，於夏末冬初較為頻繁地出現。鱗翅目的蝴蝶，物種少且不是最優勢的類群，由各棲地優勢物種來看，僅有在紅樹林、草地與溪溝水塘出現的黃蝶為最主要的物種，其次是在草地出現的豆波灰蝶和折列藍灰蝶。蜻蛉目則為最易觀察到之優勢類群，單以蝶網掃捕即多達 14 種，在夏末時節，數量達到高峰。其中最常見的是高翔蜻蜓、青紋細蟴、褐斑蜻蜓、侏儒蜻蜓與薄翅蜻蜓 5 種，次常見的為彩裳蜻蜓、猩紅蜻蜓、大華蜻蜓與杜松蜻蜓 4 種。建議在濕地導覽與解說教育上，須包含蜻蛉目相關生活史、棲地偏好等背景資料的建置，並規畫出適合作為濕地生態旅遊的路線。其中，高翔蜻蜓為防風林、紅樹林、草地與溪溝水塘的優勢物種，為台江國家公園最常見、且具特色之蜻蜓物種。經觀察，高翔蜻蜓的棲地利用存在性別上的差異，雄蟲守護水塘產卵區，雌蟲較常在木麻黃林梢覓食；該物種在繁殖時，雌蟲往來於水塘與林梢間，此呈現兩性個體在水塘與林地棲地間的互動現象。青紋細蟴為僅次於高翔蜻蜓的優勢物種，其優勢的棲地環境與高翔蜻蜓不同，為草澤類型的棲地，因此草澤周遭植被類型、水質狀況與人為活動的干擾皆可能對青紋細蟴的族群量產生影響。濕地草澤是台江國家公園的特色之一，對於草澤優勢的物種的保育，需要詳細的物種生活習性相關資料佐助，例如季節性分布、棲地植被類型、棲地水質分析等，以避免敏感性物種因生存條件改變而消失。在陸地上水域環境與草地的景觀生態，應規劃各棲地的保護區域與之間的連結性，以免人為對草澤、草地的開發，嚴重影響了台江地區的自然生態。在同類

型棲地間是否存有生態廊道，以增進飛蟲的播遷與交流，可以在未來整體規劃中，以相同的調查方法，比較廊道增加前後，同一類型棲地內的物種組成相似性是否因廊道連通而提高，即可評估在棲地保育上的成效。

誌謝

本文承蒙台江國家公園「104 年台江國家公園昆蟲資源調查、保育發展規劃及生態資源圖冊製作委託辦理計畫」(契約編號：104-C11)經費補助，特此感謝。

引用文獻

- 陳建宏。2003。北埔蟬之晨昏合唱模式與光週期對鳴叫活動的影響。國立成功大學生物學系研究所碩士論文，53 頁。
- 魏映雪。2003。四草野生動物保護區紅樹林生態系之蝶類與螞蟻多樣性及組成。行政院國家科學委員會專題計畫成果報告，7 頁。
- 謝國興。2003。台江研究資料與研究導論，台江庄社家族故事：台江歷史文化自然生態資源研究手冊：160-166。安東庭園社區管理委員會。
- 陳育欽。2004。四草野生動物保護區不同棲地對螞蟻群聚組成之影響。立德管理學院資源環境研究所碩士論文，46 頁。
- 陳建宏。2004。臺灣特有蟬種-北埔蟬。自然保育季刊 47:69-73。
- 黃秀雯。2005。七股野生動物重要棲息地之林地昆蟲相與茄二十八星瓢蟲生命表。國立中興大學昆蟲學系研究所碩士論文，45 頁。
- 葉秋好。2005。台灣沿海濕地草澤之植群生態研究。國立中山大學生物科學系研究所碩士論文，76 頁。
- 李淑玲。2006。西港鄉聚落的拓墾與開發之研究。國立台南大學台灣文化研究所碩士論文，130 頁。

- 林怡君、蘇宏森、陳偉仁、王妙雅、廖明浩。2006。四草保護區棲地改善期間水質與水生動物間之結構方程模式。崑山科技大學學士專題，39 頁。
- 陳明義。2006。海岸及鹽濕地綠化。臺灣林業 32(1):27-29。
- 臺南市政府。2010。生態旅遊解說資源調查-昆蟲。臺南市 99 年度國家重要濕地生態環境調查及復育計畫計劃書: 36-38。臺南市政府。
- 楊明雄。2009。環境變遷對底棲生物的影響--以四草生態保護區為例。立德大學資源環境研究所碩士論文，180 頁。
- 謝宗欣。2009。國立台南大學七股校區植物圖鑑。國立台南大學，台南市。
- 林俊全。2010。台江國家公園資源整合性系統研究發展規劃。台江國家公園。
- 何立德、羅柳墀、盧道杰、陳維立、徐嘉鴻。2010。台南縣曾文溪口北岸黑面琵鷺野生動物保護區經營管理效能評估。許義忠主編：「世界國家公園視野與策略」暨「世界各國國家公園面臨的管理問題」國際研討會論文集(II):1-26。華立圖書出版，ISBN 978-957-784-353-1。
- 林廷翰。2011。曾文溪口不同植被類型對昆蟲群聚的影響。國立臺南大學環境生態研究所碩士班碩士論文，104 頁。
- 許皓捷、池文傑、柯智仁、楊曼瑜、周大慶、李培芬。2012。以鳥類資料評估四草溼地水鳥棲地改善工程之成效。國家公園學報 22(1):1-17。
- 黃文伯、林廷翰、葛兆年。2012。四草紅樹林及防風林的飛蟲調查。國家公園學報 22(3):12-21。
- 朱本勛。2013。臺南濱海節肢動物群聚組成-功能群與生活史策略群應用。國立成功大學生物多樣性研究所碩士論文，136 頁。
- 張原謀、黃文伯、陳清旗。2014。103 年台江國家公園昆蟲相及北埔蟬先期調查。台江國家公園，66 頁。
- Butterfield J, ML Luff, M Baines and MD Eyre. 1995. Carabid beetle communities as indicator of conservation potential in upland forest. *Forest Ecology and Management* 79:63-77.
- Byers GW and R Thornhill. 1983. Biology of the Mecoptera. *Annual review of Entomology* 28:203-228.
- Engelmann HD. 1978. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. *Pedobiologia* 18:378-380.
- Hughes JH, GC Daily and PR Ehrlich. 2000. Conservation of insect diversity: a habitat approach. *Conservation Biology* 14(6):1788-1797.
- Lee CF, R Beenen. 2012. *Calomicrus jungchangi* Lee and Beenen (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae), a New Species from Taiwan, with Redescription of a Similar Species, *Monolepta rufofulva* Chûjô, 1938. *The Coleopterists Bulletin* 66:123-130.
- Stange LA, RB Miller and H-Y Wang. 2002. Identification and biology of Myrmeleontidae (Neuroptera) in Taiwan. I-Lan County Museum of Natural History, Taipei, Taiwan. 160 pp.
- Ueng YT, WC Wang and JP Wang. 2006a. A New Species of *Berosus* Leach from Taiwan and China (Coleoptera: Hydrophilidae). *Journal of the National Taiwan Museum* 59:61-68.
- Ueng YT, WC Wang and JP Wang. 2006b. *Berosus tayouanus* sp. nov. *Journal of the National Taiwan Museum* 60:130-131.
- Zwick P. 2003. 8. Ordnung Plecoptera, Steinfliegen, Frühlingsfliegen, Uferfliegen, 144-154. In *Lehrbuch der Speziellen Zoologie*. Bd. I: Wirbellose Tiere Teil 5(Hrsg. Dathe HH). Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

附錄 1. 2015 年 1-12 月於台江國家公園各棲地類型所捕獲昆蟲之優勢物種與優勢度等級

	目名	科名	學名	中名	個體數	相對豐量(%)	優勢度等級
防風林	Odonata	Libellulidae	<i>Macrodiplax cora</i>	高翔蜻蜓	69	19.83	優勢
	Odonata	Libellulidae	<i>Diplacodes trivialis</i>	侏儒蜻蜓	60	17.24	優勢
	Hymenoptera	Crabronidae	<i>Bembix formosana</i>	蓬萊沙蜂	35	10.06	優勢
	Odonata	Libellulidae	<i>Tramea sp.</i>	大華或海霸蜻蜓	35	10.06	優勢
	Odonata	Libellulidae	<i>Pantala flavescens</i>	薄翅蜻蜓	21	6.03	亞優勢
	Diptera	Callophoridae	<i>Chrysomya megacephala</i>	大頭金蠅	14	4.02	亞優勢
	Lepidoptera	Pieridae	<i>Pieris rapae crucivora</i>	白粉蝶	13	3.74	亞優勢
	Hemiptera	Dinidoridae	<i>Cyclopelta parva</i>	小皺椿象	12	3.45	亞優勢
紅樹林	Odonata	Libellulidae	<i>Macrodiplax cora</i>	高翔蜻蜓	74	28.68	優勢
	Odonata	Libellulidae	<i>Pantala flavescens</i>	薄翅蜻蜓	62	24.03	優勢
	Lepidoptera	Pieridae	<i>Eurema hecabe</i>	黃蝶	19	7.36	亞優勢
	Lepidoptera	Lycaenidae	<i>Lampides boeticus</i>	豆波灰蝶	15	5.81	亞優勢
	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	義大利蜂	14	5.43	亞優勢
	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis cerana</i>	中國蜂	13	5.04	亞優勢
	Odonata	Libellulidae	<i>Rhyothemis variegata</i>	彩裳蜻蜓	11	4.26	亞優勢
	草地	Odonata	Libellulidae	<i>Macrodiplax cora</i>	高翔蜻蜓	141	33.18
Lepidoptera		Lycaenidae	<i>Lampides boeticus</i>	豆波灰蝶	33	7.76	亞優勢
Odonata		Coenagrionidae	<i>Ischnura senegalensis</i>	青紋細蟴	29	6.82	亞優勢
Lepidoptera		Pieridae	<i>Eurema hecabe</i>	黃蝶	25	5.88	亞優勢
Odonata		Libellulidae	<i>Diplacodes trivialis</i>	侏儒蜻蜓	24	5.65	亞優勢
Odonata		Libellulidae	<i>Crocothemis servilia</i>	猩紅蜻蜓	21	4.94	亞優勢
Lepidoptera		Lycaenidae	<i>Zizina otis riukuensis</i>	折列藍灰蝶	19	4.47	亞優勢
Odonata		Libellulidae	<i>Pantala flavescens</i>	薄翅蜻蜓	18	4.24	亞優勢
Odonata		Libellulidae	<i>Rhyothemis variegata</i>	彩裳蜻蜓	18	4.24	亞優勢
草澤		Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura senegalensis</i>	青紋細蟴	168	35.59
	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Micraspis discolor</i>	橙瓢蟲	56	11.86	優勢
	Odonata	Libellulidae	<i>Diplacodes trivialis</i>	侏儒蜻蜓	34	7.20	亞優勢
	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	義大利蜂	31	6.57	亞優勢
	Odonata	Libellulidae	<i>Brachythemis contaminata</i>	褐斑蜻蜓	29	6.14	亞優勢
	Odonata	Libellulidae	<i>Macrodiplax cora</i>	高翔蜻蜓	22	4.66	亞優勢
	Hymenoptera	Vespidae	<i>Ropalidia fasciata</i>	帶鈴腹胡蜂	17	3.60	亞優勢
溪溝水塘	Odonata	Libellulidae	<i>Brachythemis contaminata</i>	褐斑蜻蜓	133	18.50	優勢
	Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura senegalensis</i>	青紋細蟴	102	14.19	優勢
	Odonata	Libellulidae	<i>Macrodiplax cora</i>	高翔蜻蜓	98	13.63	優勢
	Odonata	Libellulidae	<i>Diplacodes trivialis</i>	侏儒蜻蜓	37	5.15	亞優勢
	Lepidoptera	Pieridae	<i>Eurema hecabe</i>	黃蝶	25	3.48	亞優勢

附錄 2. 漢斯·紹德(Hans Sauter)採集自安平昆蟲名錄(自行整理)

目名	科名	學名
Coleoptera	叩頭蟲科 Elateridae	<i>Parabetarmon carinicephalus</i> (Miwa, 1931)
Coleoptera	叩頭蟲科 Elateridae	<i>Paracardiophorus devastans</i> (Matsumura, 1910)
Coleoptera	叩頭蟲科 Elateridae	<i>Platynychus anpingensis</i> (Miwa, 1930)
Coleoptera	步行蟲科 Carabidae	<i>Cillenius formosanus</i> Dupuis, 1912
Coleoptera	步行蟲科 Carabidae	<i>Dioryche formosana</i> Dupuis, 1912
Coleoptera	步行蟲科 Carabidae	<i>Mastax formosana</i> Dupuis, 1912
Coleoptera	步行蟲科 Carabidae	<i>Tachyura formosanus</i> (Jedlicka, 1932)
Coleoptera	金花蟲科 Chrysomelidae	<i>Cryptocephalus nitidissimus</i> Chujo, 1934
Coleoptera	金花蟲科 Chrysomelidae	<i>Cryptocephalus pallens</i> Lea, 1904
Coleoptera	金花蟲科 Chrysomelidae	<i>Cryptocephalus pallens</i> Lea, 1904
Coleoptera	金花蟲科 Chrysomelidae	<i>Monolepta sextineata</i> Chujo, 1938
Coleoptera	擬步行蟲科 Tenebrionidae	<i>Trigonopoda crassipes</i> Gebien, 1913
Coleoptera	隱翅蟲科 Staphylinidae	<i>Bledius gigantulus</i> Bernhauer, 1922
Coleoptera	隱翅蟲科 Staphylinidae	<i>Bledius sauteri</i> Bernhauer, 1922
Coleoptera	隱翅蟲科 Staphylinidae	<i>Dibelonetes formosae</i> Bernhauer, 1922
Coleoptera	隱翅蟲科 Staphylinidae	<i>Dibelonetes palaeotropicus</i> Bernhauer, 1916
Coleoptera	隱翅蟲科 Staphylinidae	<i>Myllaena insularis</i> Fenyès, 1914
Coleoptera	蟻形蟲科 Anthicidae	<i>Anthicus sauteri</i> Pic, 1913
Coleoptera	蟻形蟲科 Anthicidae	<i>Mecynotarsus quadrimaculatus</i> Pic, 1913
Coleoptera	耀夜螢科 Melyridae	<i>Intybia latefasciatus</i> (Pic, 1919)
Hemiptera	盲蝽科 Miridae	<i>Creontiades bipunctatus</i> Poppius, 1915
Hemiptera	盲蝽科 Miridae	<i>Creontiades minutus</i> Poppius, 1915
Hemiptera	盲蝽科 Miridae	<i>Deraeocoris apicatus</i> Kerzhner and Schuh, 1995
Hemiptera	盲蝽科 Miridae	<i>Orthotylus orientalis</i> Poppius, 1915
Hemiptera	盲蝽科 Miridae	<i>Pilophorus typicus</i> (Distant, 1909)
Hemiptera	盲蝽科 Miridae	<i>Singhalesia obscuricornis</i> (Poppius, 1915)
Hemiptera	盲蝽科 Miridae	<i>Stenotus insularis</i> Poppius, 1915
Hemiptera	盲蝽科 Miridae	<i>Stenotus longiceps</i> Poppius, 1915
Hemiptera	盲蝽科 Miridae	<i>Stenotus pygmaeus</i> Poppius, 1915
Hemiptera	盲蝽科 Miridae	<i>Tytthus chinensis</i> (Stal, 1860)
Hemiptera	花蝽科 Anthocoridae	<i>Cardiastethus exiguus</i> Poppius, 1913
Hemiptera	花蝽科 Anthocoridae	<i>Cardiastethus laeviusculus</i> Poppius, 1915
Hemiptera	花蝽科 Anthocoridae	<i>Orius strigicollis</i> (Poppius, 1915)
Hemiptera	長蝽科 Lygaeidae	<i>Ischnodemus sauteri</i> Bergroth, 1914
Hemiptera	長蝽科 Lygaeidae	<i>Pamera octontata</i> Bergroth, 1914
Hemiptera	紅蝽科 Pyrrhocoridae	<i>Scantius formosanus</i> Bergroth, 1914
Hemiptera	姬蝽科 Nabidae	<i>Nabis (Limnonabis) sauteri</i> (Poppius, 1915)
Hemiptera	稻蝽科 Delphacidae	<i>Phyllodinus aritainoides</i> (Schumacher, 1915)
Hymenoptera	小蜂科 Chalcididae	<i>Epitranus clavatus</i> (Fabricius, 1804)
Hymenoptera	小蜂科 Chalcididae	<i>Psilochalcis carinigena</i> (Cameron, 1907)
Hymenoptera	小繭蜂科 Braconidae	<i>Aleiodes cariniventris</i> (Enderlein, 1912)
Hymenoptera	小繭蜂科 Braconidae	<i>Opius maculipennis</i> Enderlein, 1912
Hymenoptera	小繭蜂科 Braconidae	<i>Phanerotoma planifrons</i> (Nees, 1816)
Hymenoptera	小繭蜂科 Braconidae	<i>Rhaconotus sauteri</i> (Watanabe, 1934)
Hymenoptera	旋小蜂科 Eupelmidae	<i>Eupelmus anpingensis</i> Masi, 1927
Hymenoptera	旋小蜂科 Eupelmidae	<i>Neanastatus cinctiventris</i> Girault, 1913
Hymenoptera	蜜蜂科 Apidae	<i>Amegilla korotonensis</i> (Cockerell, 1911)
Hymenoptera	銀口蜂科 Crabronidae	<i>Bembix formosana</i> Bischoff, 1913
Hymenoptera	銀口蜂科 Crabronidae	<i>Cerceris hexadonta</i> Strand, 1913
Hymenoptera	隧蜂科 Halictidae	<i>Halictus epicinctus</i> Strand, 1914
Hymenoptera	隧蜂科 Halictidae	<i>Halictus taihorinis</i> var. <i>anpingensis</i> Strand, 1914
Hymenoptera	隧蜂科 Halictidae	<i>Halictus trichiosulus</i> Strand, 1914

目名	科名	學名
Hymenoptera	隧蜂科 Halictidae	<i>Nomia (Nomia) megasomoides</i> Strand, 1913
Hymenoptera	螫蜂科 Dryinidae	<i>Gonatopus schenklingi</i> Strand, 1913
Hymenoptera	細腰蜂科 Sphecidae	<i>Ammophila atripes formosana</i> Strand, 1913
Hymenoptera	蟻蜂科 Mutillidae	<i>Chrysotilla analis</i> (Olsoufieff, 1938)
Mecoptera	蠍蛉科 Panorpidae	<i>Panorpa deceptor</i> Esben-Petersen, 1913
Neuroptera	長角蛉科 Ascalaphidae	<i>Acheron trux</i> (Walker, 1853)
Neuroptera	長角蛉科 Ascalaphidae	<i>Ascalaphus placidus</i> (Gerstaecker, 1894)
Neuroptera	姬蛉科 Hemerobiidae	<i>Micromus timidus</i> Hagen, 1853
Neuroptera	姬蛉科 Hemerobiidae	<i>Psectra iniqua</i> (Hagen, 1859)
Neuroptera	草蛉科 Chrysopidae	<i>Chrysopa anpingensis</i> Esben-Petersen, 1913
Neuroptera	草蛉科 Chrysopidae	<i>Mallada basalis</i> (Walker, 1853)
Neuroptera	蟻蛉科 Myrmeleontidae	<i>Baliga asakurae</i> Okamoto, 1913
Neuroptera	蟻蛉科 Myrmeleontidae	<i>Cueta sauteri</i> Esben-Petersen, 1913
Neuroptera	蟻蛉科 Myrmeleontidae	<i>Myrmeleon formicarius</i> Linnaeus, 1767
Orthoptera	蚤蝗科 Gryllotalpidae	<i>Xya japonica</i> (Haan, 1842)
Plecoptera	石蠅科 Perlidae	<i>Kamimuria formosana</i> (Klapálek, 1921)
Plecoptera	石蠅科 Perlidae	<i>Neoperla sauteri</i> Klapálek, 1912
Plecoptera	短尾石蠅科 Nemouridae	<i>Amphinemura flavicollis</i> Klapálek, 1912