

目 錄

新竹市濱海野生動物保護區土壤重金屬含量.....	劉靜榆	153
玉山國家公園地景變遷之時空.....	黃靜宜	191
台灣殼斗科植物多樣性與鄰近地區的關係及其在東亞地區的地理分布.....	廖啓政、陳怡加	205
阿里山山美村達娜伊谷地區蝴蝶多樣性之研究.....	何健鎔、陳寶樹、劉中慧、劉淑芬、謝玲、謝秋華、陳顯彰、何季耕	223
台灣匙指蛾類體表兩種外共生蛭蚓目及切頭類之共棲.....	大高明史、格爾德、大和茂之、陳榮宗、西野麻知子	253
澎湖群島凶狠圓軸蟹分布調查及其棲地底質初探.....	鄭文翔、施志昀	263
台灣小相手蟹屬(十足目：短尾下目：相手蟹科)兩種新紀錄...李政璋、曾令光		275

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 17 卷第 3 期 | 中華民國104年7月
Vol. 17, No. 3 | July 2015





封面圖說／

大綠弄蝶 *Chaoaspes benjaminii formosanus* (Fruhstorfer, 1911) 成蟲展翅 40 - 51 mm。成蟲翅表黑褐色或褐綠色，腹面褐綠色具金屬光澤，翅脈黑色發達，下翅肛角處有醒目的橙斑及紅色緣毛，雌雄外觀近似，雌蝶後翅基部具青綠色鱗毛。幼蟲頭殼橙紅色且具黑色斑點，各體節有黑色橫帶，幼蟲以山豬肉 *Meliosma rhoifolia* 為食，且捲葉築巢，隱身其中。成蟲常棲息於樹葉背面休息，或吸食花蜜。分佈於臺灣低、中海拔山區。(何健鎔 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／方國運
總編輯／許再文

執行編輯／(依姓氏筆劃序)

何健鎔、李麗華、林瑞興、林春富
許再文、陳志輝、張和明、范素璋
詹芳澤、鄭錫奇、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／金恒鏞

出版編輯／蔡奇立、李麗華

出版／農委會特有生物研究保育中心
住址／南投縣集集鎮55244民生東路1號
電話／049-2761331 轉 315
網址／http://www.tesri.gov.tw
印刷／綠凌興業社
出版日期／中華民國 104 年 7 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 / Kuo-Yun Fang
Editor-in-chief / Tsai-Wen Hsu

Executive Editors /

Jen-Zon Ho, Li-Hua Lee,
Ruey-Shing Lin, Chun-Fu Lin,
Tsai-Wen Hsu, Chih-Hui Chen,
Ho-Ming Chang, Su-Wei Fan,
Fang-Tse Chan, His-Chi Cheng,
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 / Hen-Biau King
Publication Editor / Chi-Li Tsai, Li-Hua Lee
Published by Endemic Species Research Institute
1 Ming-Shen E. Road, Jiji, Nantou 55244,
Taiwan, R.O.C.
Tel: 886-49-2761331 ext. 315
http://tesri.tesri.gov.tw

Published Date: July 2015

GPN: 2009900002
ISSN: 2076-6971

Contents

Heavy Metal Contents in Soil in Hsinchu City Coastal Wildlife Refuge..... Ching-Yu Liou 153
Spatial and Temporal Analysis of Landscape Changes in Yushan National Park..... Jing-Yi Huang 191
Fagaceae Species of Taiwan Relates to that of Neighboring Regions and their Distributions in East Asia..... Chi-Cheng Liao, Yi-Jia Chen 205
Butterfly Diversity in Dana-iku Area, Alishan Mountain, in Southern Taiwan..... Jen-Zon Ho, Bao-Shu Chen, Zhong-Hui Liu, Shu-Fen Liu, Ling Hsieh, Qiu-Hua Hsieh, Xian-Zhang Chen, Ji-Geng Ho 223
Cohabitation of Ectosymbiotic Branchiobdellida (Annelida, Clitellata) and Scutarielloidae (Platyhelminthes, Rhabditophora, Temnocephalida) on Atyid Shrimps in Taiwan..... Akifumi OHTAKA, Stuart R.GELDER, Shigeyuki YAMATO, Rung-Tsung CHEN and Machiko NISHINO 253
Distribution of *Cardisoma carnifex* in Penghu Islands and Preliminary Study of Its Habitat Substrate..... Wen-Hsiang Cheng, Jhy-Yun Shy 263
Two Newly Recorded Crabs of *Nanosesarma* (Decapoda: Brachyura: Sesarmidae) from Taiwan..... Jheng-Jhang Li, Ling-Kuang, Tseng 275

新竹市濱海野生動物保護區土壤重金屬含量分析

Heavy Metal Contents in Soil in Hsinchu City Coastal Wildlife Refuge

劉靜榆*

Ching-Yu Liou*

行政院農委會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集镇民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

* 通訊作者：lcy@tesri.gov.tw

* Corresponding author: lcy@tesri.gov.tw

摘 要

為瞭解新竹市濱海野生動物保護區內之污染現況，本研究設置 46 處採樣站，於 2012-2013 年進行採樣，以 X-射線螢光光譜儀進行 32 種重金屬濃度檢測，取得 279 樣本資料進入分析。以定量數據來計算樣站間之差異，依據主成分分析之分布序列圖及群團分析樹狀圖的結果，釐清各元素之關連性，討論紅樹林清除前後土壤中重金屬變化。新竹濱海之頭前溪口、鹽港溪口南側、海山漁港北側等 3 處沙質灘地，以及移除紅樹林後台灣招潮蟹棲地的復育區和鴨嘴海豆芽棲地，屬於污染程度低的區域。大压溪口至美山間的老熟紅樹林內灘地測得鋅 271ppm、鉛 88ppm、銅 106ppm、砷 23ppm、鐵 34,466ppm、錳 893ppm、鈦 4,144ppm、鉍 114ppm、鈦 23ppm、鈷 266ppm、釩 105ppm、硫 1,696ppm 及鉀 14,960 ppm 等多項元素的濃度較其他分區為高。紅樹林內鉀、硫濃度高，越是老熟林濃度越高，鉀濃度在樣站間的變化與多項元素有高度相關，硫在紅樹林清除前後平均值差異大，特別是樹齡較大的地區，但因樣站內的變異也很大，故顯著性不高。紅樹林清除後可降低土壤中重金屬濃度，海山畝以人力進行紅樹林移除在移除初時，鋅是顯著增加，隔一年後多項元素的數值都有下降的趨勢，大压溪口至美山海岸以機械移除紅樹林初時，鉛、鋅、銅、鐵、錳等元素濃度有極顯著的降低，其所營造之棲地，對增加生物多樣性應有正面效益。

Abstract

This study was conducted to investigate heavy metal contents in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary in northwest Taiwan in order to understand the current situation of pollutions. Forty-six sampling stations were set up, and 279 samples data were obtained in 2012-2013. Every sample was measured for 32 heavy metal contents by X-ray fluorescence spectrometer. Multivariate statistical analysis, ordination of principal component analysis and dendrogram of cluster analysis were used for quantitative analysis. Changes of heavy metals in the soil before and after mangrove was removed were analyzed. Areas of low pollution included sandy beaches in Touqian estuary, Yan-gang estuary and Hi-shan harbor, as well as the habitats of *Uca formosensis* and *Lingula anatina* after mangrove removal. Investigation in the mature mangrove beaches from Tachuang estuary to Mae-shan coastal area showed 271ppm zinc, 88ppm lead, 106ppm copper, 23ppm arsenic, 34,466ppm iron, 893ppm manganese, 4,144ppm titanium, 114ppm rubidium, 23ppm thorium, 266ppm cobalt, 105ppm vanadium, and 14,960 ppm sulfur, indicating higher concentrations than other areas. The concentration of potassium and sulfur was higher in mangrove beaches, and the more mature the forest the higher the concentration. In addition, potassium concentration change between sampling stations highly correlated with a number of elements. The average value of sulfur was different before and after mangrove removal. It was especially different in the older and larger forest, but the kind of variation within the sampling stations was also too great to account for any significance. After clearing the mangroves the concentration of heavy metals in the soil reduced. When mangrove was cleared manually in Haishangu, zinc significantly increased initially, but the concentration of a number of elements decreased in the following year. After mangrove was cleared by machinery from Tachuang estuary to Maeshan coastal area, lead, zinc, copper, iron, manganese and other elements showed significant reduction in concentration initially, showing biodiversity positively benefited by the clearance.

關鍵詞：新竹市濱海野生動物保護區、重金屬含量、土壤、紅樹林

Key words: Hsinchu city coastal wildlife refuge, heavy metal content, soil, mangrove

收件日期：2015年01月15日

接受日期：2015年07月24日

Received: January 15, 2015

Accepted: July 24, 2015

前 言

新竹海岸之香山濕地(Siangshan wetland)包括客雅溪口(Keya estuary)及鹽港溪口(Yangang estuary),是極寬廣的河口泥灘地,每年都吸引大批的候鳥停棲覓食。新竹市政府依據野生動物保育法,於2001年公告1,600 ha之新竹市濱海野生動物保護區(Hsinchu city coastal wildlife refuge)及客雅溪口及香山濕地野生動物重要棲息環境(新竹市政府2001),據統計保護區內鳥類277種、魚類208種、螃蟹43種、貝類118種、多毛類30餘種(楊2011)。為落實保護區之經營管理,近年來新竹市政府積極爭取營建署城鄉發展分署及農委會林務局的補助,委託學校及民間保育團體等進行該保護區相關之棲地改善或生態監測工作(陳2005,陳等2008,曾2009,楊和江2009,楊等2011),以及管理策略或保育計畫研擬(陳和謝2003,楊2007,楊2011,楊2012,楊2013,黃2012),皆已陸續執行完成。

綜觀整個新竹市海岸線,除溪口行水區外都被水泥堤防圍住,堤外側就是寬廣的沙泥灘地,這片廣闊的香山濕地是許多種底棲性動物的棲所,其中包括特有種的台灣招潮蟹(*Uca formosensis*)。新竹市濱海地區曾經有龐大的台灣招潮蟹族群(施1997,劉和陳2006,劉2008,劉2010,湯和劉2011),然而為處理新竹市的廢棄物及廢污水,卻開發了台灣招潮蟹的最適棲地。客雅溪口南岸早已於1995年設置浸水垃圾掩埋場,再往南之大庄里海岸還有2008年新完工的客雅水資源回收中心(Keya water recycling center)。

客雅溪口以南的大庄里海岸原為台灣招潮蟹在臺灣西北海岸的重要棲地,客雅水資源回收中心工程的興建,佔用最大一塊台灣招潮

蟹棲息地,也造成施工範圍內的族群消失殆盡(陳和謝2003,黃2008,楊等2011,劉2012)。為此,新竹市政府在施工4年期間有一項自然生態調查及教育推廣工作計畫配合進行,目的就是瞭解施工對生態系的影響(尤和張2009)。之後,新竹市政府再為台灣招潮蟹族群銳減的現象,補助相關學者在這些灘地執行一系列台灣招潮蟹復育研究及棲地改善計畫(謝和陳2004,謝和陳2005,謝和陳2006,謝和陳2007,陳2005,林2005,吳2007,汪等2007,施2008,黃2008,陳等2008,朱等2008,楊等2011,楊和張2014),留下研究資料供後續努力的參考,並證實紅樹林與臺灣招潮蟹之消長關係。

根據文獻記載,新竹海岸之紅樹林是人工栽植,已明顯改變此海岸生態環境及物種組成(吳1992,張和劉2009,劉2010,楊2012,張2012)。新竹的紅樹林約在50年前開始於海山漁港(Hi-shan harbor)南側之海山罟(Haishangu)種植水筆仔,1989年又由新竹市政府委託行政院退除役官兵輔導委員會於客雅溪口種植,而大庄溪口(Tachuang estuary)、三姓溪口(Sanxing estuary)與美山海岸(Maeshan coastal area)間之原有灘地,於1996年再栽植海茄苳及紅海欖,之後紅樹林迅速擴散,已經嚴重改變棲地狀況,潮水漲退變緩,增加土壤黏粒,底棲生物的種類也被影響。

新竹市政府積極移除紅樹林,以適合臺灣招潮蟹及原生物種等族群生存,於2005年進行海山罟的紅樹林清除試驗,正式的移除計畫起始於2007年(朱等2008,張和劉2009,楊2013,張2014),目前已連續進行7年,分別針對海山罟、客雅溪口、大庄溪口與三姓溪口間海岸。

除棲地消失或改變外,工業廢水也影響海

岸地區(曾等 1993, 葉 2007, 王 2001, 龔 2013), 香山是北臺灣最大的牡蠣養殖場, 但香山工業區的傳統重金屬污染早已讓牡蠣養殖產業崩壞, 行政院環境保護署的法規中尚未明列新興科技工業產程中重金屬的排放標準(環境保護署 2010, 2011)。為確認污染現況, 本研究針對新竹市濱海野生動物保護區範圍及頭前溪口(Touqian estuary)南側新竹漁港北側沙灘進行採樣, 檢驗其重金屬含量。

依據環境保護署公告重金屬濃度分析有原子吸收光譜法(atomic absorption)、感應耦合電漿法(inductively coupled plasma)及 X-射線螢光法(X-ray fluorescence)三大類(環 2006, 2012a, 2012b), 其優缺點已有廣泛討論(Jenkins 1999, 葉等 2011, 楊等 2012, 劉 2014b)。本研究之檢測方法以 X-射線螢光光譜儀(X-ray fluorescence spectrometry)進行重金屬濃度檢測(環 2006, 2012a), 使用儀器型號 XL3t 700 檢測樣本中重金屬濃度。筆者已運用此光譜儀於臺南市曾文溪口、彰化縣大肚溪口等溼地底泥及新北市、桃園市的藻礁海岸等地調查, 其相關研究已發表於學術期刊(劉 2012, 2014a, 2014b), 國內外也有類似的研究進行(Tomassini 1976, Sauter *et al.* 1979, Muchori 1984, Shefsky 1997, Jenkins 1999, Makundi 2001, Manceau *et al.* 2002, Kilbride *et al.* 2006, 葉等 2011, 楊等 2012, Lützenkirchen-Hecht *et al.* 2014)。本研究結果除確認污染現況, 推論可能之來源, 並分析紅樹林清除前後土壤中重金屬變化, 提供保護區後續經營管理之參考。

材料與方法

一、樣站設置及樣本採集

採樣工作於 2012-2013 年夏、秋季進行,

採樣時間選擇大退潮時段。首先設置樣站, 在新竹市濱海野生動物保護區內分別於 2012 年設置 40 樣站(sampling station), 於 2013 年增設頭前溪口(st40-42)、美山(st33)及海山罟(st7)等 5 樣站, 共計 46 樣站(圖 1), 分別為頭前溪口南側新竹漁港北側沙灘(st40-42)設置 3 處樣站(圖 1-A); 客雅溪口北側泥質灘地及金城湖濕地(st21-22)設置 2 處樣站(圖 1-B); 客雅水資源回收中心外圍灘地北側之三姓溪口(st23-25)設置 3 處樣站(圖 1-C); 灘地南側之大庄溪口(st26-31)設置 6 處樣站(圖 1-D); 美山海岸之泥灘地及紅樹林(st32-36, st45-46)設置 7 處樣站(圖 1-E); 海山漁港北側之朝山海岸(st3-6)設置 4 處樣站(圖 1-F); 海山漁港南側之海山罟灘地及紅樹林(st7-16, st43-44)設置 12 處樣站(圖 1-G); 鹽港溪口北側之紅樹林(st17-20)及灘地(st37-39)設置 7 處樣站(圖 1-H)及鹽港溪口南側之南港海岸之沙灘(st1-2)設置 2 處樣站(圖 1-I)。

46 個樣站中僅有南港海岸(st1-2) 海山漁港北側朝山海岸(st4)及頭前溪口南側新竹漁港北側灘地(st40-42)等 6 個樣站為沙質土, 其餘皆混有比列不等之矽泥質, 其中以海山罟(st14)、鹽水海岸(st18-20)、客雅水資源回收中心外圍(st24-26, st28-31)及美山海岸(st32-36, st45-46)的紅樹林灘地最為泥濘, 屬於黏質土。

三姓溪口、大庄溪口(st23、st27)和海山罟灘地(st7、st8、st43、st44)為台灣招潮蟹的主要棲地, 屬於壤質土, 海山漁港北側之朝山海岸鴨嘴海豆芽(*Lingula anatina*)棲地(st6)屬於沙質壤土。

本研究於 2012 年 5-7 月分別於 40 個樣站進行第一次樣本(sample)採集, 其中設置於海山罟之 st9-16, 共 8 個樣站, 因為是 2012 年新竹市政府執行紅樹林移除計畫之範圍, 特於移

除後之 2012 年 9 月各多採樣 1 次，作為對照，第 1 年共計 48 個樣本。再於 2013 年 11 月進行所有 46 個樣站全面採樣。但因 st46 之 2013 年樣站資料缺失，第 2 年共計 45 個樣本，2 年共計採集 93 樣本，每樣本有 3 次的重覆檢驗，共 279 筆土壤樣本資料進入分析。

二、土壤樣本處理及重金屬檢測

本研究依環境保護署公告之土壤和底泥中元素濃度快速篩選法，利用 X-射線螢光光譜儀(X-ray fluorescence)進行 32 種土壤重金屬，採用美國 Thermo NITON 手持式 XRF 分析儀 XL3t Series，採樣作業均以行政院環境保護署環境檢驗所公告之採樣法作業(環 2006；2012a)，執行品保、品管。樣本經充分乾燥，放置在樣本承裝器中，以塑膠膜遮蓋後再行分析檢測。每樣本以 X-射線螢光光譜儀進行，每次檢驗前執行儀器校正，以確認其準確性。檢測元素分別為鉬 Mo、鋯 Zr、銻 Sr、鈾 U、銣 Rb、釷 Th、鉛 Pb、硒 Se、砷 As、汞 Hg、鋅 Zn、鎢 W、銅 Cu、鎳 Ni、鈷 Co、鐵 Fe、錳 Mn、鉻 Cr、釩 V、鈦 Ti、鈦 Sc、鈣 Ca、鉀 K、硫 S、鋇 Ba、銫 Cs、碲 Te、銻 Sb、錫 Sn、鎘 Cd、銀 Ag、鈀 Pd 等 32 種重金屬。

三、資料整理與多變數分析

原始資料經基本運算後以敘述統計(descriptive statistics)呈現，再將資料經標準化(data standardized)後，計算各元素間之相似性，以檢視各個樣本重金屬濃度之相關性。再採用分布序列法(ordination)之主成分分析(principal component analysis, PCA)(Jolliffe 1986)計算各軸之特徵值(eigenvalue)、變數負荷量(variable loading)，繪出分布序列圖，並利用

及群團分析(cluster analysis)，將經標準化資料計算相異性係數(mean character difference)，將相異性係數由低至高，以平均聯結法(average linkage)中的加權配對法(weighted pair-group method, WPGMA) 加以聯結，導出層級系統樹狀圖(dendrogram)，依據分布序列及樹狀圖的結果，釐清各元素之關連性。相關之運算及繪圖以 SPSS(Statistical Product and Service Solutions) 程式及 MVSP(Multi-Variate Statistical Package)程式來進行(Kovach 1999)。

四、重金屬濃度在時間與空間分布現象

依據多變數分析結果選定需進階討論之元素，先將選定之特定元素以盒形圖顯示，繪製各元素於 2012 年檢驗值(不含本年度第 2 次採樣)與 2013 年的檢驗值在樣站間之變化趨勢。另針對海山罟及美山海岸，分析紅樹林移除前後之重金屬濃度在時間與空間分布的差異性，以長條圖繪出元素在採樣站間平均值，並以 2 倍標準差(standard deviation)之誤差線(Streiner 1996)呈現各樣站內之差異性，長條圖以藍色、綠色分別表示紅樹林於移除前後之數值變化，以土黃色表示紅樹林移除一年後之採樣數值，相關之運算及繪圖以 SPSS 程式來進行。

結 果

一、敘述統計及各元素最大值樣站描述

表 1 列出 32 種重金屬的摘要統計表，檢測 2012-2013 年設置於新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口南側新竹漁港北側沙灘之 46 樣站，共採集 93 個樣本，各樣本進行 3 次重覆檢測，共計得 279 筆樣本資料。

檢視敘述統計表中各元素資料，濃度偏高

的有鐵濃度 34,466ppm、鉀濃度 14,960ppm、鈣濃度 14,827ppm、鈦濃度 4,144ppm、硫濃度 1,696ppm、錳濃度 892ppm、鋅濃度 601ppm、鋇濃度 393ppm，有些可能與環境背景值有關，但由各元素變異數的值大多偏高可看出，樣本間的數值差異很大，顯示某些樣本所出現的高濃度並非環境背景值。其他多數元素濃度並非極度超高，之間的變化趨勢較難以此統計表研判，更無法直接釐清關連性，下一步驟將以多變數分析進行。

表 2 列出研究區內 46 樣站所檢測的 279 樣本，各元素最大值之描述，第 29 樣站為美山至大庄間的紅樹林近岸灘地，於 2012 年檢測出鐵 34,466ppm、銅 106 ppm、鋅 271 ppm 等最高濃度，而同年的採樣第 30 及 31 樣站的鐵也都是超過 3 萬 ppm；第 30 樣站美山至大庄間的紅樹林內，鈷 114 ppm、砷 23 ppm、鈷 266 ppm、錳 892ppm、鈦 4,144ppm、鉀 14,960ppm 等皆為最高濃度；第 4 樣站海山港北側外側沙灘，養殖的廢棄蚵殼受潮流因素影響，而形成一自然堆積處，其鈣 14,827ppm 明顯高於其他樣站，鋇 135 ppm 亦為最高濃度；第 21 樣站為客雅溪口北側，位於新竹金城湖抽水站內，其鋅 601ppm、錫 40 ppm 等為最高濃度，第 24 樣站為三姓溪口之海岸泥灘地，原為紅樹林，2010 年已清除，目前屬於台灣招潮蟹分布區，其銻 28 ppm、銅 9 ppm 等為最高濃度，第 46 樣站美山的水閘門出口，其硫含量高達 1,696ppm 為各樣站間最高濃度。

二、重金屬元素間之相關性

表 3 列出研究區內 46 樣站所檢測的 279 樣本內重金屬元素之相似性，將各樣本 32 種重金屬濃度資料標準化後所計算之相似性。由各樣本間重金屬元素之相似性表中顯示，鈷、

鐵之相似性為 0.948，鉀、鈷之相似性為 0.933，鐵、鉀之相似性 0.852，是一群樣本間濃度變化趨勢高度相似性的元素。鈦、鈷之相似性為 0.815，鈦、鉀之相似性為 0.853，銅、鈷之相似性為 0.847，銅、鉀之相似性為 0.813，銅、鐵之相似性為 0.831，鉛、鈷之相似性為 0.824，鉛、鋅之相似性為 0.843，鉛、鐵之相似性為 0.801，錳、鈷之相似性為 0.815，錳、鐵之相似性為 0.879，顯示樣本間這幾種元素濃度變化一致，這與觀音藻礁海岸礁體重金屬含量分析鋅、鈦、鈦及鈣、鋇、鈳兩群元素之高相似性之結果不相同(劉 2014a, b)。

鉀濃度最高為 14,959ppm，檢視表 2 之數據，鉀濃度高之樣站多有紅樹林分布，且與成林時間有關聯，越是老熟林濃度越高，鉀更與多項元素間有高相似性。鈷濃度最高為 114ppm，雖非極端高值，但與多項元素間相似性極高。而傳統重金屬銅、鋅、鉛、鐵、錳在各樣站間的變化趨勢高度相近，亦值得注意。

三、以多變數分析探討重金屬元素之

(一) 主成分分析

利用主成分分析研究區內 279 個土壤樣本，32 種重金屬元素，計算各樣本內重金屬含量於分布序軸之特徵值，繪製分布序列圖，圖 2 顯示 32 元素之相關位置於第 1 軸與第 2 軸的序列，前 2 軸的變異量佔總變異量的 46.13%。各元素於 PCA 軸之排序，第一群分布於 X 軸右方，主要元素有銅、鋅、鉛、鋁、鈦、鋇、鐵、錳、鉀、鈷、鈦，第二群為鈣、鈳，第三群有鋇、鋁、砷、銻、錫。

第一群的銅、鋅、鉛、鋁、鐵、錳等元素濃度較高的樣本多採自大庄溪口，而這些較常見於傳統工業放流水中的元素，可能就是源自鄰近的香山工業區。再將 279 個樣本以 46 個

桃園偏高的現象，在新竹並未出現。

第三群元素中，鋇濃度最高為 393.2ppm，平均值為 306.8ppm 樣站間及年度間的差異不大，其他第三群元素銻、碲、銻、錫等於樣站間的差異亦不大。鉛在研究區中濃度最高 601.2ppm，對照 2011-2012 年於桃園市採樣檢驗的鉛，觀音區海岸 3,631 ppm 及新屋區海岸 4,462 ppm (劉 2014a, b) 顯著為低，且含量分布也沒有與其他元素有類似的趨勢，目前雖無鉛污染疑慮，但最高值 2 年皆出現在客雅溪口北側泥質灘地及金城湖濕地(st21-22)樣站(圖 1-B)，仍應持續追蹤客雅溪。

五、紅樹林移除方式與時間對土壤中重金屬含量之影響

(一) 海山罟以人力進行紅樹林移除

本研究取樣時間有部分樣站適逢新竹市政府委託紅樹林移除計畫進行，2012 年之主要清除區包括海山罟 4 ha，移除工作於 2012 年 7-8 月間以人力進行，利用鍊鋸鋸斷大植株或掘仔連根剷除中小植株，並將海茄苳及水筆仔等枝幹從原灘地中移除。研究範圍內原設置之 8 處樣站(st9-16) (圖 1-G & 圖 6)，為瞭解海山罟紅樹林移除後立即之影響，於 9 月再採樣 1 次，作為對照。圖 7 以長條圖繪出 12 種元素之平均值，並標註 2 倍標準差之誤差線，移除前於 2012 年 7 月採樣值以藍色繪圖，移除完成後於 2012 年 9 月採樣值以綠色繪圖，而 2103 年 11 月採樣值以土黃色繪圖，檢視在 8 處採樣站間平均值的差異性。

依據 Google Earth 衛星影像圖顯示，2002 年海山罟在本研究 8 處樣站中僅有 st14 有紅樹林分布，至 2010 年 8 處樣站則都有紅樹林生長(圖 6-D)，其中 st15 於 2005 年有進行一次嘗試性的清除工作，2011 年於 st9、st10、st11 另

進行一次較大面積的清除工作(圖 1-C)，移除外側約 10 ha，留下內側 21 ha 紅樹林。

st9、st10、st11 於 2012 年 7 月採樣時，已於 1 年前執行過清除工作，2012 年之清除工作為遺漏或再生苗木移除，屬維護性質，可歸類於已清除區。st12、st13、st15 位於紅樹林林緣，屬樹齡較小的樣站，其中 st15 雖於 2005 年有清除過，但林相幾乎已復原，st14、st16 為林內，此 5 個樣站為 2012 年 7-8 月所清除的 4 ha 範圍(圖 1-A&B)，特別是 st14 是十多年的茂密老齡林。

透過檢視圖 7 中平均值 \pm 2SD 誤差長條圖，鋅、鉛、銅在 st9、st10、st11 等移除 1 年後，於 2012 年 7 月與 9 月及翌年 11 月的數值並無顯著差異。且此 3 樣站位於較低潮位之處，潮水流速應較其他樣站強，檢驗值亦較其他樣站為低。

st13、st15 位於林緣，有紅樹林生長，是樹齡較小的樣站，在移除初時，鋅是顯著增加，在 st14、st15 銅的數值也有初期增加的現象，然而隔一年後的數值都有下降的趨勢。鉻、鈦在各樣站並無顯著變化，鉀、鐵、錳、鈦、銻、碲在 st9、st10、st11 檢驗值普遍較其他有紅樹林的樣站為低，大致上在茂密老齡林的 st14 所採得的樣本數值有較高的趨勢。

所有元素中硫在樣本內的變化最大，而各樣站之平均值，在紅樹林清除前後有極明顯變化，在移除作業完成初期驟降，密林的 st14、st16 有顯著的減低，變化量高達 59.4%、69.2%。位於紅樹林林緣之 st12、st15 因樣本內差異大，未達顯著，但平均值之變化量亦高達 70.7%、74.0%，而只是清除維護性質的 st11，變化量更高達 73.9%。

(二) 美山海岸以機械方式進行紅樹林移除

另一項移除計畫為 2013 年 9-10 月進行，

清除區主要包括美山海岸紅樹林，大庄溪口以南至美山，長 900m 寬 45m 面積 4 公頃，移除工作以機械方式進行，利用怪手挖除紅樹林，並將移除之水筆仔等植株埋入原泥灘中。本研究原設置之樣站有三姓溪口 st23-25(圖 1-C)，大庄溪口 st26-31(圖 1-D, 圖 8)，st32-36、st45-46(圖 1-E, 圖 9)等 14 處，在施工後於 11 月進行採樣，本次 2013 年移除範圍內以 st29、st31、st45 等 3 處樣站為完全移除區(圖 8, 圖 9)。圖 10 分別繪出銅、鋅、鉛、鐵、錳、鈦、砷、鈦、鉍、鉻、鉀、硫等元素濃度在上述 14 處樣站中，在紅樹林移除施工前後差異。

本研究以平均值 ± 2 SD 誤差長條圖，透過誤差線有助於看出 2 個不同年份採樣間平均值的差異性，分別以藍色代表紅樹林移除前，以綠色代表紅樹林移除後。銅、鋅、鉛、鐵、錳等元素濃度在 st29、st31 及 st45 等 3 處樣站中，在紅樹林移除施工後有極顯著的降低(圖 10)。在 st29 紅樹林移除前後的樣本中，銅的平均值從 93.3 降至 17.8ppm，鋅的平均值從 267.5 降至 41.9ppm，鉛的平均值從 86.2 降至 14.8ppm，鐵的平均值從 33,575 降至 11,250ppm，錳的平均值從 579 降至 164ppm。st31 為同時期的移除區，亦有類似的降幅。

st45 為亦同時期的移除區，因位於林緣的潮溝，元素濃度在紅樹林移除前就比 st29、st31 為低，移除前後降幅約 50%。st30 緊鄰在 st29 旁 30m 處(圖 8)，卻位於未移除區邊緣，鋅、銅、銅的值並沒有顯著的變化(圖 10)。st29、st31 及 st45 等 3 處樣站的樣本中，鈦、砷、鈦、鉍、鉻、鉀等元素濃度在紅樹林移除前後降幅約 50%。

在惠民宮前的 st34、st35 樣站(圖 9)的紅樹林移除為 2012 年執行，以人力進行約 5ha，2013 年已有小苗；st32、st36 樣站(圖 9)都位於潮溝，

st32 位於未移除區，而 st36 屬移除區邊緣，此 4 處樣站於 2 個不同年份間採樣平均值並沒有顯著的變化(圖 10)。

(三) 客雅水資源回收中心外圍紅樹林較早的移除區

在客雅水資源回收中心外圍的三姓溪口 st23、st24、st25(圖 1-C)及大庄溪口 st26、st27、st28(圖 1-D)等 6 處樣站為更早的移除區，並於移除作業後持續維護，避免幼苗再次繁生(張和劉 2009, 楊 2013)，st23 紅樹林在 2010 年移除，st24、25 紅樹林是在 2009 年移除，st26、st27、st28 紅樹林是在 2008 年移除，其中 st26 位於清除區的林緣，由圖 10 之長條圖中顯示除 st26 外，銅、鋅、鉛、鐵、錳等元素濃度，與 2012 年有紅樹林的 st29-36 比較，有極顯著的降低。

客雅水資源回收中心外圍灘地是新竹市政府進行台灣招潮蟹及其棲地改善的重點復育區，除 st26、st28 外的 4 個樣站都有台灣招潮蟹分布，特別是 st23 的族群數較高。對照曾文溪口台灣招潮蟹棲地特性研究(劉 2012)所採集的 17 個台灣招潮蟹棲地土樣，元素濃度平均值銅為 1.71ppm (SD=6.44, max=32.54)、鋅為 50.24ppm (SD=10.85, max=82.7)、鉛為 14.26ppm (SD=5.35, max=24.52)、鐵為 15866ppm (SD=3545, max=25108)、錳為 229.09ppm (SD=71.10, max=472.32)，上述資料除銅的平均值較低外，其餘元素與本研究中 st23-25、st27 的平均值相當，顯示移除紅樹林後，再持續清除幼苗的維護區域，可有效減緩重金屬的累積速度，達到近乎臺灣招潮適生棲地之重金屬含量的容許值。

硫在客雅水資源回收中心外圍採集檢驗結果，樣本內的變化較其他元素大，而各樣站之平均值以美山海岸最高，客雅水資源回收中心外圍次之(圖 10)，而海山岩除密林內的 st14

外，平均值遠低於上述兩區(圖 6)。

結 論

新竹市濱海野生動物保護區同時也是客雅溪口及香山溼地野生動物重要棲息環境，所孕育的蝦、蟹、螺、貝吸引大批水鳥覓食棲息，亦提供鄰近居民採集利用，因此重金屬累積情形與大眾食用海產之安全有緊密關係。

新竹海岸由於多年來的紅樹林栽植作業後，使潮水漲退變慢，土壤黏粒變多，更適合紅樹林生長，密生的林相雖使海岸不受風浪直接襲擊，在穩定海岸線上有其功能，但卻也衍生出更多問題。迅速擴散的紅樹林，已經嚴重改變棲地狀況，近年來新竹沿海的發展以市民遊憩兼顧保育功能，為維持海岸之生物多樣性，市政府積極投入相關研究，期能控制紅樹林蔓延密生，而壓縮原生的特有種底棲動物存活的空間。本研究自 2012-2013 年於新竹市海岸之採樣期間，適逢市政府委託進行紅樹林清除工作進行中，藉由調整採樣時間，得以探討不同分區、移除後時間長短、移除時底泥擾動程度等差異。透過主成分分析，由眾多元素中篩選需進一步分析的重金屬，針對棲地差異、移除方式、時間軸變化等因素，確認紅樹林與土壤中部分重金屬累積有相關。對於新竹濱海之重金屬污染程度，若行政院環境保護署有監測標準值的元素或許可直接比對數值(環 2000；2001；2010；2011)，但多數元素只能對照同為新竹濱海的不同基質，或比較臺南海岸相同基質而污染源不同的環境，或與鄰近的桃園觀音新屋海岸進行交叉比對。雖然新竹濱海鋇、鋳、鈦並不像鄰近的桃園觀音新屋海岸出現極端高值(劉 2014a；2014b)，但對照臺南海岸台灣招潮蟹棲地(劉 2012)，新竹濱海整體的

鉛、鋅、銅、鐵、錳等元素濃度仍遠高於曾文溪口。

綜觀新竹濱海僅有頭前溪口(st40、st42)、鹽港溪口南側(st1、st2)、海山漁港北側(st3、st4)等 3 處沙質灘地，以及移除紅樹林後台灣招潮蟹棲地的復育區(st7、st8、st23、st27、st43、st44)和鴨嘴海豆芽棲地(st6)，屬於污染程度低的區域，紅樹林清除後所營造之棲地，推測應可符合台灣招潮蟹對重金屬濃度忍受度的需求(劉 2012，Liao *et al.* 2008)，並增加生物多樣性。

相對的紅樹林密生的海山罟及美山海岸則是屬於污染程度高的區域，海山罟地區歷經 2005、2011、2012 年三次以人工清除紅樹林作業後，較外圍的低潮線處，鋅、鉛的數值明顯的低於內側高潮線處。由於紅樹林密生處之土壤粒徑小，潮水流動受阻，重金屬累積量勢必高於其他地區。就底棲生物群聚變化而言，是否僅有土壤粒徑的改變，或是有重金屬累積造成毒害的因素。

而在美山有 2 處樣站是位於內側的高潮線處，在 2013 年間以機械移除紅樹林，因作業方式將表土埋入 30cm 以上的深度，如此強力的擾動，對於範圍內的底棲動物衝擊很大，卻意外發現鉛、鋅、銅、鐵、錳等元素濃度於移除紅樹林後有極顯著的降低。這些元素是被埋入較深的土中，根據物質不滅定律，位於高潮線處以機械移除紅樹林的棲地，是否在未來數年後，這幾種大幅降低元素的濃度會回升，或因為潮水漲退順暢而維持在低污染的狀態，有待再次採樣驗證。

參考文獻

尤少彬、張文亮。2009。新竹市客雅水資源回

- 收中心自然生態教育推廣計畫。國立中興大學執行。新竹市政府委託，173 頁。
- 汪淑慧、郭一羽、朱達仁、苗華涓、陳柏成。2007。新竹市客雅水資源回收中心建置對臺灣招潮蟹之影響研究。29 屆海洋工程研討會論文集 p.493-498。國立成功大學。
- 朱達仁、何平合、汪淑慧、張小娟。2008。新竹市客雅水資源回收中心生態復育區棲地改善計畫一分項計畫 2-2 台灣招潮及其棲地研究。中華大學執行。新竹市政府委託計畫，148 頁。
- 吳忠信。1992。新竹市海山罟紅樹林生物相之調查研究。師大生物學報 27：97-111。
- 吳怡慧。2007。水文-土壤-植物變動對香山溼地台灣招潮蟹棲息之影響。國立台灣大學生物資源暨農學院生物環境系統工程所碩士論文，指導教授：張文亮，40 頁。
- 林世偉。2005。以判別分析探討香山溼地台灣招潮蟹棲地特性。國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文，指導教授：張文亮，44 頁。
- 王金聲。2001。新竹地區河川與鄰近海域沉積物重金屬之空間分佈與垂直分佈。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文，指導教授：林曉武，78 頁。未見引用。
- 施習德。1997。屬於福爾摩莎的「台灣招潮」，何去何從？—記台灣特有種招潮的現況。台灣博物 54: 68-80。
- 施習德。2008。新竹市客雅水資源回收中心生態復育區棲地改善計畫一分項計畫 2-1 台灣招潮蟹及其棲地研究。國立中興大學執行。新竹市政府委託計畫，91 頁
- 陳有祺、周文杰、張登凱、陳賜賢。2008。新竹市客雅水資源回收中心生態復育區棲地改善計畫—復育區棲地研究及改善。中華大學執行。新竹市政府委託計畫，177 頁。
- 陳章波。2005。客雅水資源回收中心預定地台灣招潮蟹及其他物種遷移與後續監測。中央研究院生物多樣性研究中心執行，新竹市政府委託，79 頁。
- 陳章波、謝蕙蓮。2003。新竹市濱海野生動物保護區生態保育對策及紅樹林調查研究成果報告。中央研究院生物多樣性研究中心執行，新竹市政府委託，71 頁。
- 張登凱、劉月梅。2009。三姓溪口西區紅樹林清除計畫成果報告。社團法人中華民國荒野保護協會新竹分會執行。98 年度新竹市政府委託計畫，60 頁。
- 張登凱 2012。新竹市濱海野生動物保護區復育與維護計畫。社團法人中華民國荒野保護協會新竹分會執行。101 年度新竹市政府委託計畫，35 頁。
- 張登凱。2014。新竹市濱海野生動物保護區復育計畫。社團法人中華民國荒野保護協會新竹分會執行。103 年度新竹市政府委託計畫，53 頁。
- 曾鈞懋、魏慶琳、毛鵬程。1993。「香山養殖牡蠣重金屬含量和生長環境之關係」，台灣海洋大學學刊，第 31 期，101-116 頁。
- 曾晴賢。2009。新竹市野生動物保護區環境生物監測計畫成果報告。國立清華大學執行。新竹市政府委託計畫，59 頁。
- 黃宏正。2008。海埔地開發工程預定地台灣招潮蟹及其他物種後續監測計畫。社團法人新竹市野鳥學會執行，新竹市政府委託。
- 黃淑琴。2012。新竹市濱海野生動物保護區復育計畫實施成效之研究。中華大學景觀建築學系碩士論文，指導教授：陳有祺，88 頁。
- 楊樹森。2007。新竹市濱海野生動物保護區人類活動影響分析及管理策略研究成果報告。國立新竹教育大學執行。96 年度新竹市政府委託計畫，27 頁。

- 楊樹森、江慧真。2009。金城湖底泥厭氧改善研究期末報告。國立新竹教育大學執行。新竹市政府委託計畫，59 頁。
- 楊樹森。2011。新竹市濱海野生動物保護區及其保育計畫書的檢討與修正成果報告。國立新竹教育大學執行。新竹市政府委託計畫。
- 楊樹森、李清福、江慧真。2011。新竹市客雅水資源回收中心完工後生態監測與維護管理計畫。國立新竹教育大學執行。新竹市政府委託計畫，53 頁。
- 楊樹森。2012。香山濕地棲地復育生態調查計畫成果報告。國立新竹教育大學執行。101 年新竹市政府委託計畫，195 頁。
- 楊樹森。2013。香山濕地棲地復育生態調查計畫成果報告。國立新竹教育大學執行。102 年新竹市政府委託計畫，116 頁。
- 楊樹森、張筱筠。2014。新竹市濱海野生動物保護區紅樹林清除與台灣招潮蟹。2014 年動物行為暨生態學研討會。東海大學主辦。
- 楊晴晴、鄭景智、劉曜文、李達源、莊愷璋。2012。以地理統計結合 X 射線螢光光譜分析推估土壤銅濃度的空間分佈。作物、環境與生物資訊 9:108-112。
- 葉玉珍、莊士群、潘復華、鄭先佑、蔡坤龍、高月裡、曹明浙。2011。以 XRF 直接定量底泥中鉛鎳鋅銅砷及鉻成分之檢測技術。環境分析化學研討會。
- 葉銀田。2007。新竹地區主要河川、濕地之重金屬含量分佈探討。國立新竹教育大學應用科學系碩士論文，指導教授：楊樹森，183 頁。
- 湯曉虞、劉靜榆。2011。走訪嘉南海岸生態(下)-談黑面琵鷺與台灣招潮蟹保護史。大自然 111:16-27。
- 新竹市政府。2001。公告「新竹市濱海野生動物保護區之範圍及保護利用管制事項」
<http://conservation.forest.gov.tw/public/Attachment/452915272271.pdf>
- 劉建伸。2010。新竹香山紅樹林疏伐與台灣招潮蟹棲地復育關係之評估。中華大學碩士論文，指導教授：陳有祺。
- 劉靜榆、陳添水。2006。沿海濕地棲地劣化之現況評估與保育策略之探討。特有生物研究保育中心 95 年度試驗研究計畫執行成果，17 頁。
- 劉靜榆。2008。台灣產招潮蟹。綠野 21:52-55。
- 劉靜榆。2009。台南縣河口域台灣招潮蟹群聚與棲地特性之研究。2009 沿海濕地與水鳥保育國際研討會 P.341-346。特有生物研究保育中心主辦。
- 劉靜榆。2010。走訪臺灣西海岸(I)-北桃竹苗段沿海生態介紹。自然保育季刊 70: 67-78。
- 劉靜榆。2011。曾文溪口台灣招潮蟹棲地特性與行為研究。2011 黑面琵鷺與沿海濕地保育國際研討會論文集。特有生物研究保育中心、台江國家公園合辦。
- 劉靜榆。2012。曾文溪口台灣招潮蟹棲地特性研究。特有生物研究 14(1-2):1-25。
- 劉靜榆。2014a。台灣西北部觀音藻礁海岸重金屬含量分析。特有生物研究 16(1):1-19。
- 劉靜榆。2014b。臺灣西北部桃園觀新藻礁與北海岸藻礁重金屬分析。特有生物研究 16(4):355-378。
- 謝蕙蓮、陳章波。2004。新竹市濱海野生動物保護區台灣招潮蟹研究。中央研究院生物多樣性研究中心執行。新竹市政府委託，55 頁。
- 謝蕙蓮、陳章波。2005。沿海濕地復育研究—以新竹香山台灣招潮蟹棲地復育為例，中央研究院生物多樣性研究中心執行。行政院農業委員會委託，36 頁。

- 謝蕙蓮、陳章波。2006。沿海濕地復育研究—以新竹香山台灣招潮蟹棲地復育為例(II)，中央研究院生物多樣性研究中心執行。行政院農業委員會委託，64頁。
- 謝蕙蓮、陳章波。2007。新竹市客雅水資源回收中心生態復育計畫—台灣招潮蟹幼苗、放苗及監測計畫。中央研究院生物多樣性研究中心執行。新竹市政府委託，77頁。
- 環境保護署。2000。土壤及地下水污染整治法公布施行後過渡時期執行要點-臺灣地區土壤重金屬含量等級區分表。環署廢字第0024062號公告。
- 環境保護署。2001。土壤及地下水污染整治法施行細則。環署水字第0064642號公告。
- 環境保護署。2006。土壤和底泥中元素濃度快速篩選方法—攜帶式 X-射線螢光光譜儀分析法。環署檢字第0950006426號公告。
- 環境保護署。2010。土壤及地下水污染整治法施行細則。環署土字第0990118529號公告。
- 環境保護署。2011。土壤污染監測標準。環署土字第1000008485號公告
- 環境保護署。2012a。廢棄物、土壤、底泥及毒性化學物質中元素含量檢測方法—X-射線螢光法。環署檢字第1010023694號公告。
- 環境保護署。2012b。重金屬檢測方法總則。環署檢字第1010024832號公告。
- 龔柏秦 2013。牡蠣養殖對濕地淨化之管理策略評估-以新竹市濱海野生動物保護區為例成功大學海洋科技與事務研究所碩士論文，指導教授-張懿。48頁。
- Jenkins, R. 1999. X-ray Fluorescence Spectrometry, John Wiley & Sons, New York. 207pp.
- Jolliffe, I. T. 1986. Principal Components Analysis. Springer-Verlag, New York.
- Kilbride C., J. Poole, T.R. Hutchings. 2006. A comparison of Cu, Pb, As, Cd, Zn, Fe, Ni and Mn determined by acid extraction/ICP-OES and ex situ field portable X-ray fluorescence analyses. Environmental Pollution 143(1):16-23.
- Kovach, W. L. 1999. MVSP-Multi-Variate Statistical Package for window, ver.3.1 Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K.
- Liao, S.-W., W.-L. Chang and S.-W. Lin. 2008. Status and habitat preferences for endemic inhabitants of fiddler crab *Uca formosensis* in Hsiang-Shan wetland, Taiwan. Environmental Monitoring and Assessment 143:203-214.
- Lützenkirchen-Hecht D., L. Müller, L. Hoffmann and R. Wagner. 2014. Analysis of engine motor oils by X-ray absorption and X-ray fluorescence spectroscopies. X-Ray Spectrometry 43(4): 221-227.
- Makundi I. N. 2001. A study of heavy metal pollution in Lake Victoria sediments by energy dispersive X-ray fluorescence. Journal of environmental science and health. Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering 36(6): 909-921.
- Manceau A., M. A. Marcus, and N. Tamura. 2002. Quantitative speciation of heavy metals in soils and sediments by synchrotron X-ray techniques. Reviews in Mineralogy and Geochemistry 49:341-428.
- Muchori M. D. 1984. Heavy metal analysis of sewage sludge by x-ray fluorescence technique and the environmental implications. College of Biological and Physical Sciences,

University of Nairobi. Thesis.

Sauter L., D. van der Ben, and R. van Grieken, 1979. Trace analysis of estuarine brown algae by energy-dispersive X-ray fluorescence. *X-ray spectrometry* 8(4):159-163.

Shefsky S. 1997. Comparing field portable X-ray fluorescence (XRF) to laboratory analysis of heavy metals in soil. NITON Corporation, presented at the international symposium of field screening methods for hazardous wastes and toxic chemicals.

Streiner O. L. 1996. Maintaining standards: differences between the standard deviation and standard error, and when to use each. *Canadian Journal of Psychiatry* 41: 498-502.

Tomassini F. D., K. J. Puckett, E. Nieboer, D. H. S. Richardson and B. Grace. 1976. Determination of copper, iron, nickel, and sulphur by X-ray fluorescence in lichens from the Mackenzie Valley, Northwest Territories, and the Sudbury District, Ontario. *Canadian Journal of Botany* 54(14): 1591-1603

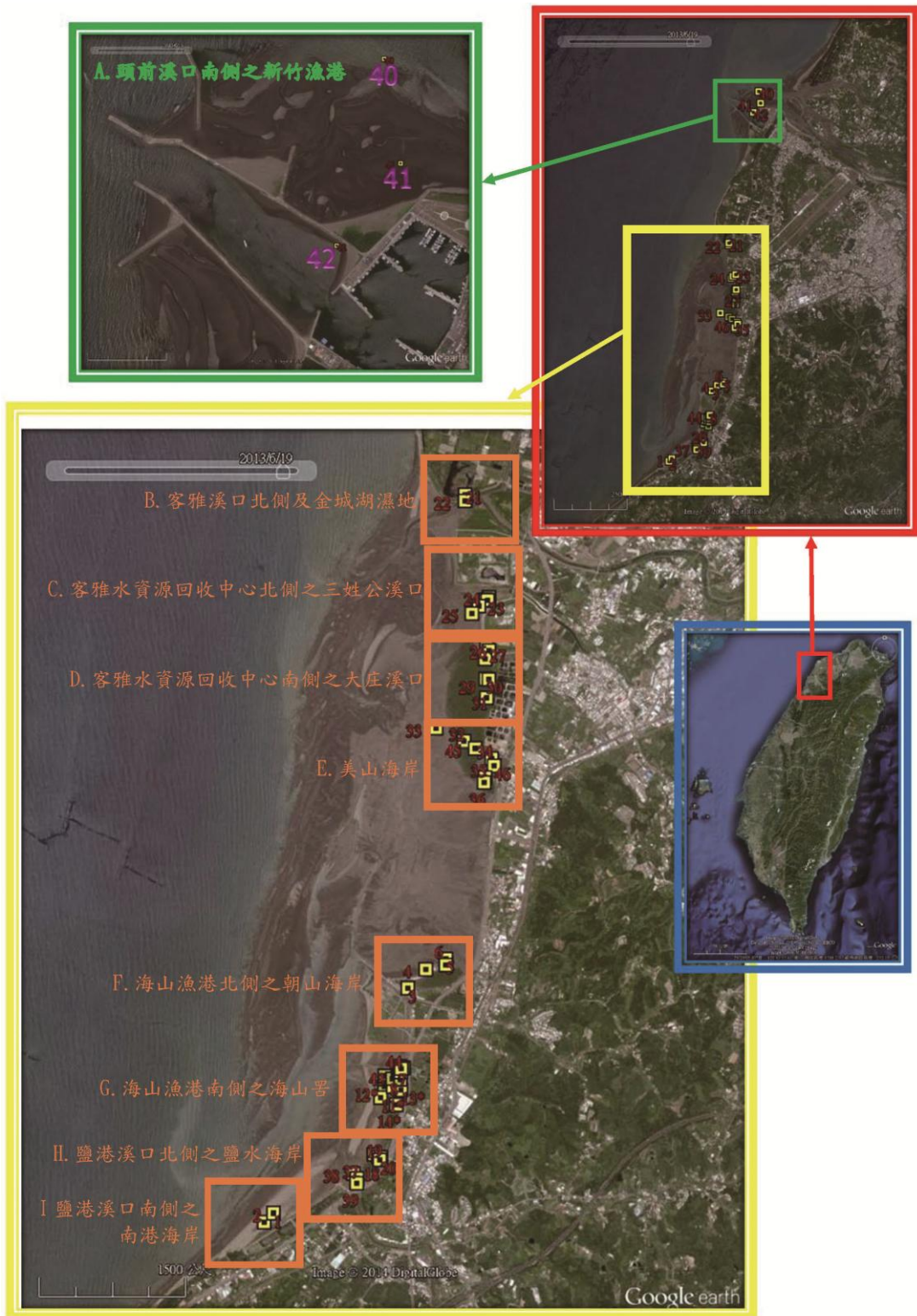




圖 1. 臺灣西北海岸新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 46 個採樣站位置。

A.頭前溪口 B. 客雅溪口 C. 三姓溪口 D. 大庄溪口 E. 美山海岸 F. 海山漁港 G. 海山罟 H. 鹽港溪口 I. 南港海岸

Fig. 1. Forty-six sampling stations in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary of northwest Taiwan.

A.Touqian estuary B. Keya estuary C. Sanxing estuary D. Tachuang estuary E. Maeshan coastal area F. Hi-shan harbor G. Haishangu H. Yangang estuary I. Nangang coastal area.



圖 1. (續)臺灣西北海岸新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 46 個採樣站位置。

A 頭前溪口 B.客雅溪口 C.三姓溪口 D.大庄溪口 E.美山海岸 F.海山漁港 G.海山厝 H.鹽港溪口 I. 南港海岸

Fig. 1. (cont) Forty-six sampling stations in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary of northwest Taiwan.

A.Touqian estuary B. Keya estuary C. Sanxing estuary D. Tachuang estuary E. Maeshan coastal area F. Hi-shan harbor G. Haishangu H. Yangang estuary I. Nangang coastal area

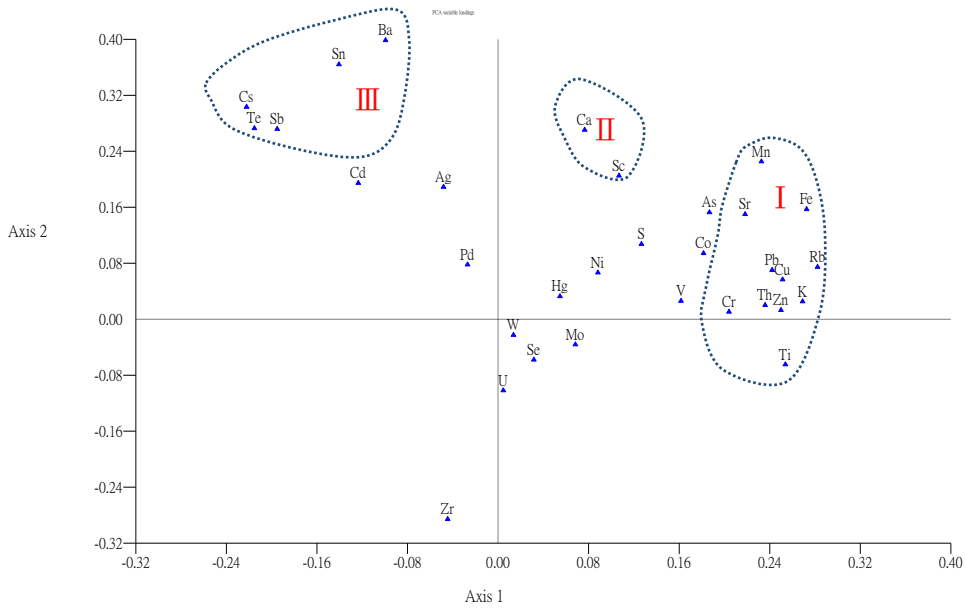


圖 2. 新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 279 筆樣本資料中 32 項重金屬元素在 PCA 軸之分布序列，2012-2013 年。

Fig.2. Ordination of 32 heavy metal contents in 279 samples along the first two PCA axes in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary, 2012-2013.

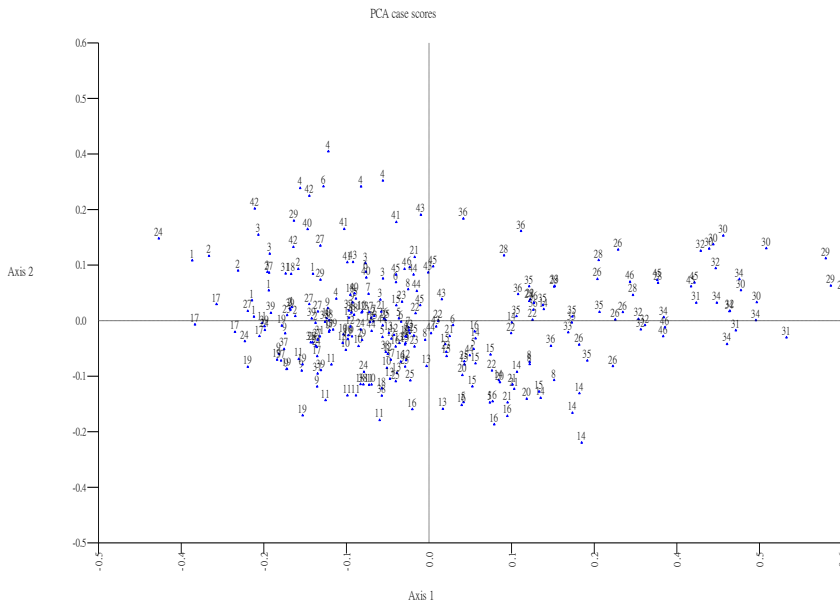


圖 3. 新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 279 筆樣本資料對應 46 樣站在 PCA 軸之分布序列，2012-2013 年。

Fig. 3. Ordination of 279 samples along the first two PCA axes in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary, 2012-2013.

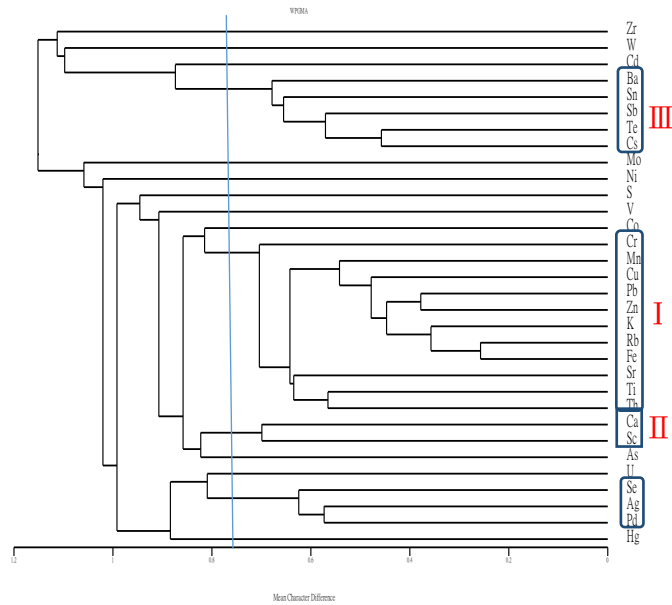


圖 4. 新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 279 筆樣本資料中 32 項重金屬元素之相異性係數以加權配對聯結法繪出層級系統樹狀圖，2012-2013 年。

Fig. 4. A dendrogram showing weighed pair-group method with the mean characteristic difference of 279 samples in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary, 2012-2013.

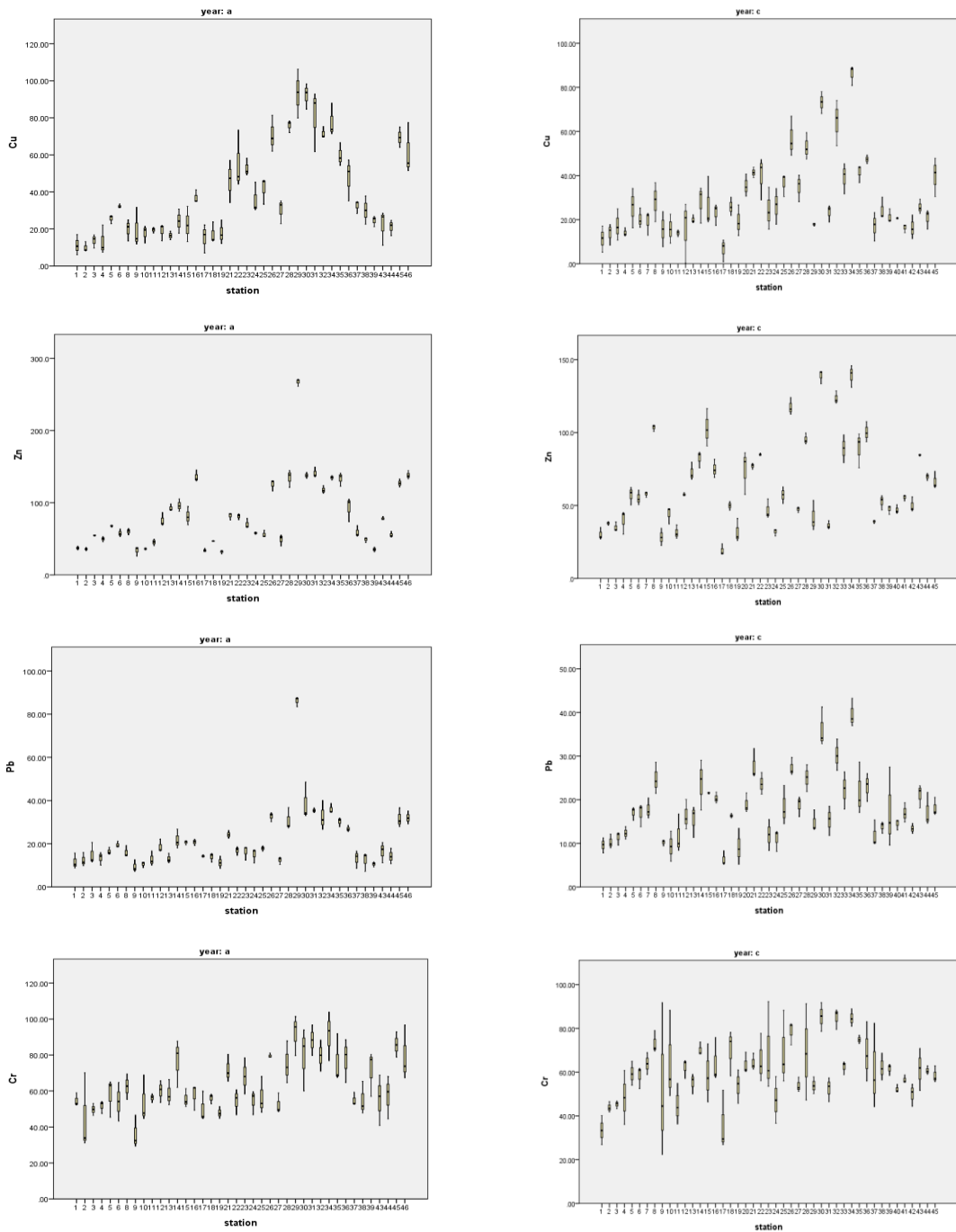


圖 5. 新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口 16 種重金屬含量於 2012 及 2013 年間在 46 樣站變化之盒形圖。

Fig. 5. Boxplot of 16 heavy metal contents at 46 sampling stations between 2012 and 2013 in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary.

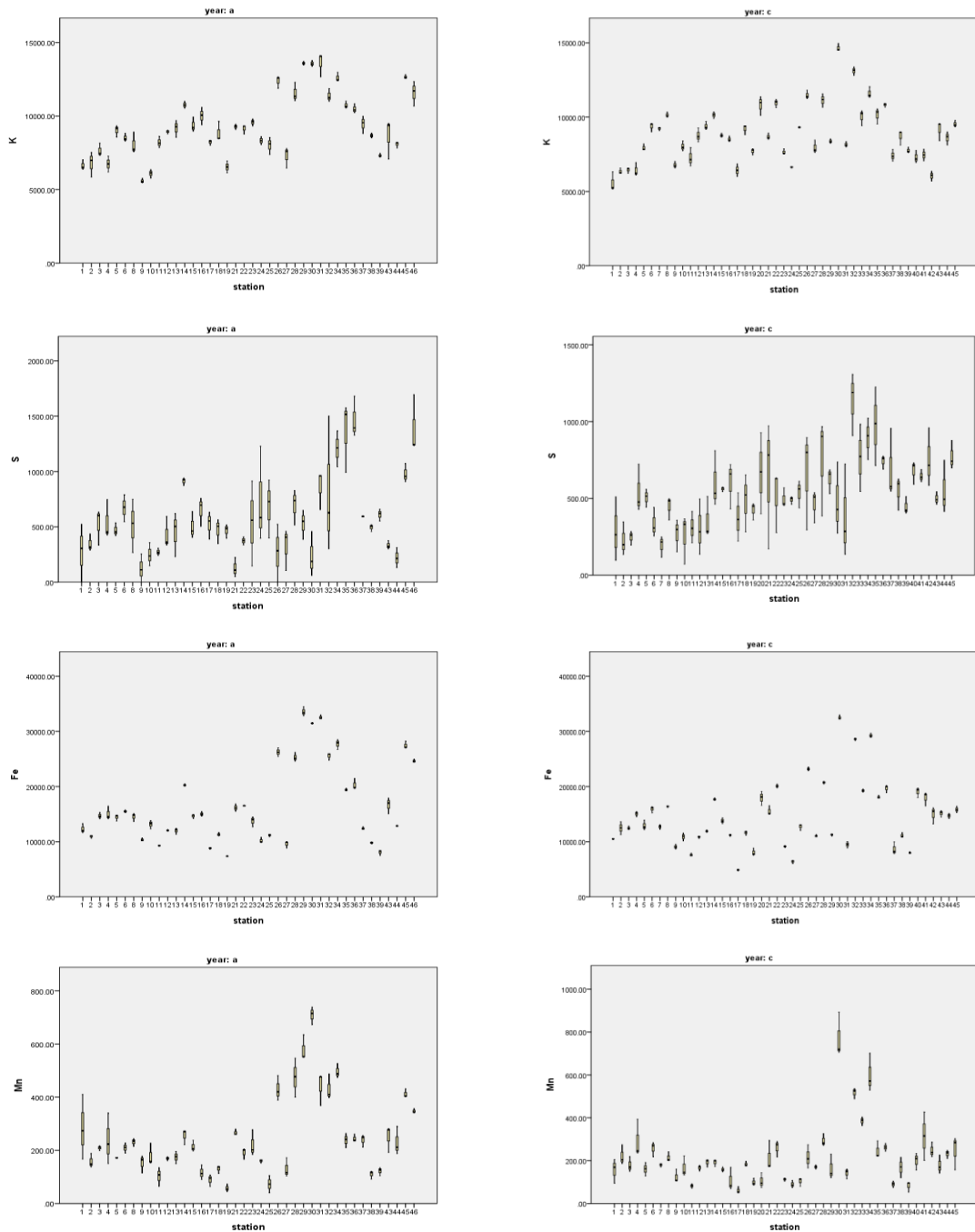


圖 5. (續)新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口 16 種重金屬含量於 2012 及 2013 年間在 46 樣站變化之盒形圖。

Fig. 5. (cont) Boxplot of 16 heavy metal contents at 46 sampling stations between 2012 and 2013 in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary.

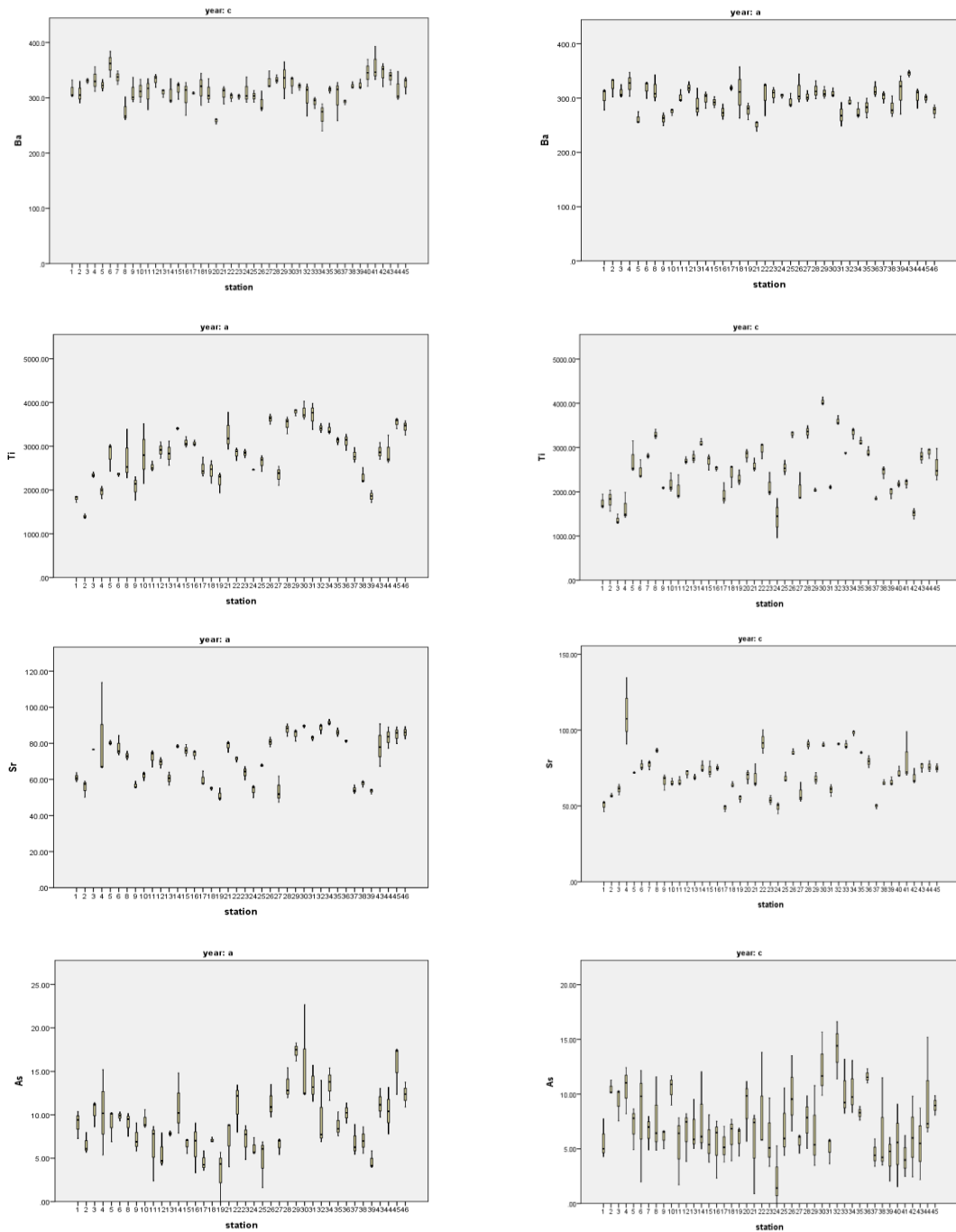


圖 5. (續)新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口 16 種重金屬含量於 2012 及 2013 年間在 46 樣站變化之盒形圖。

Fig. 5. (cont) Boxplot of 16 heavy metal contents at 46 sampling stations between 2012 and 2013 in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary.

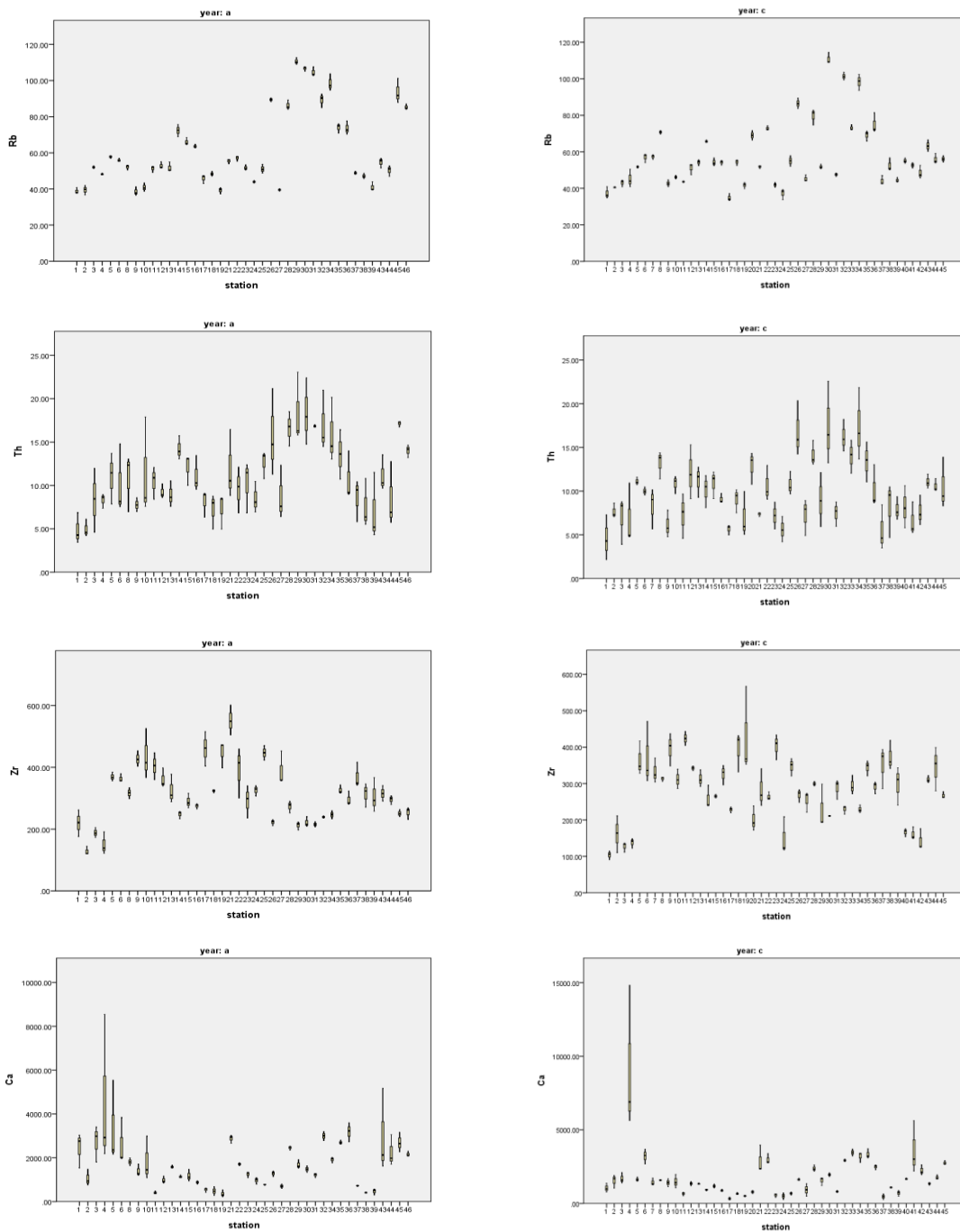


圖 5. (續)新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口 16 種重金屬含量於 2012 及 2013 年間在 46 樣站變化之盒形圖。

Fig. 5. (cont) Boxplot of 16 heavy metal contents at 46 sampling stations between 2012 and 2013 in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary.

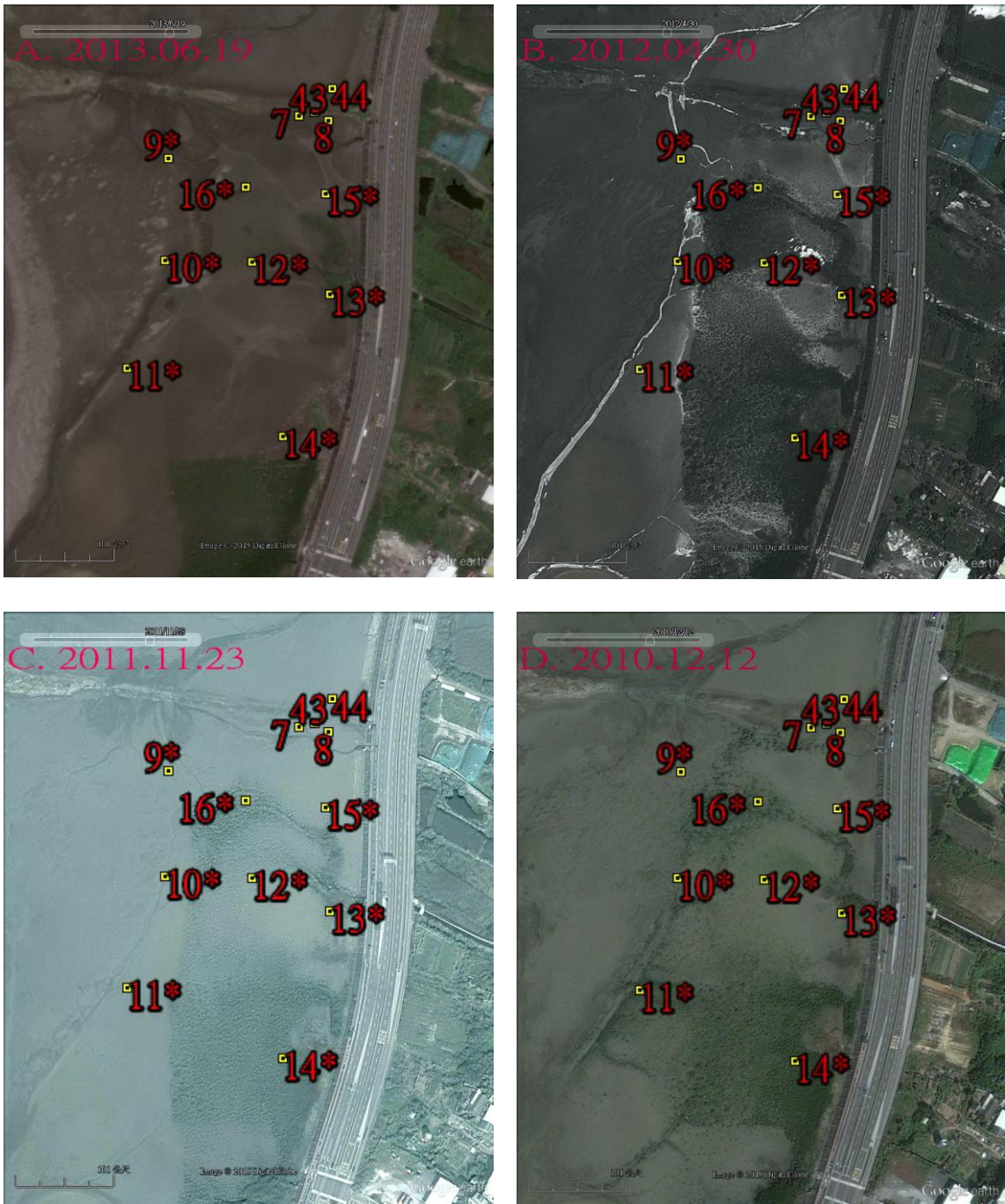


圖 6. 於 2010-2013 年間海山罌樣站以人力進行紅樹林清除範圍之衛星圖(A. 2013 年 11 月 17 日，B. 2012 年 4 月 30 日，C. 2011 年 11 月 23 日，D. 2010 年 12 月 12 日)。

Fig.6. Satellite map showing mangrove cleared manually in Haishangu, 2010-2013.

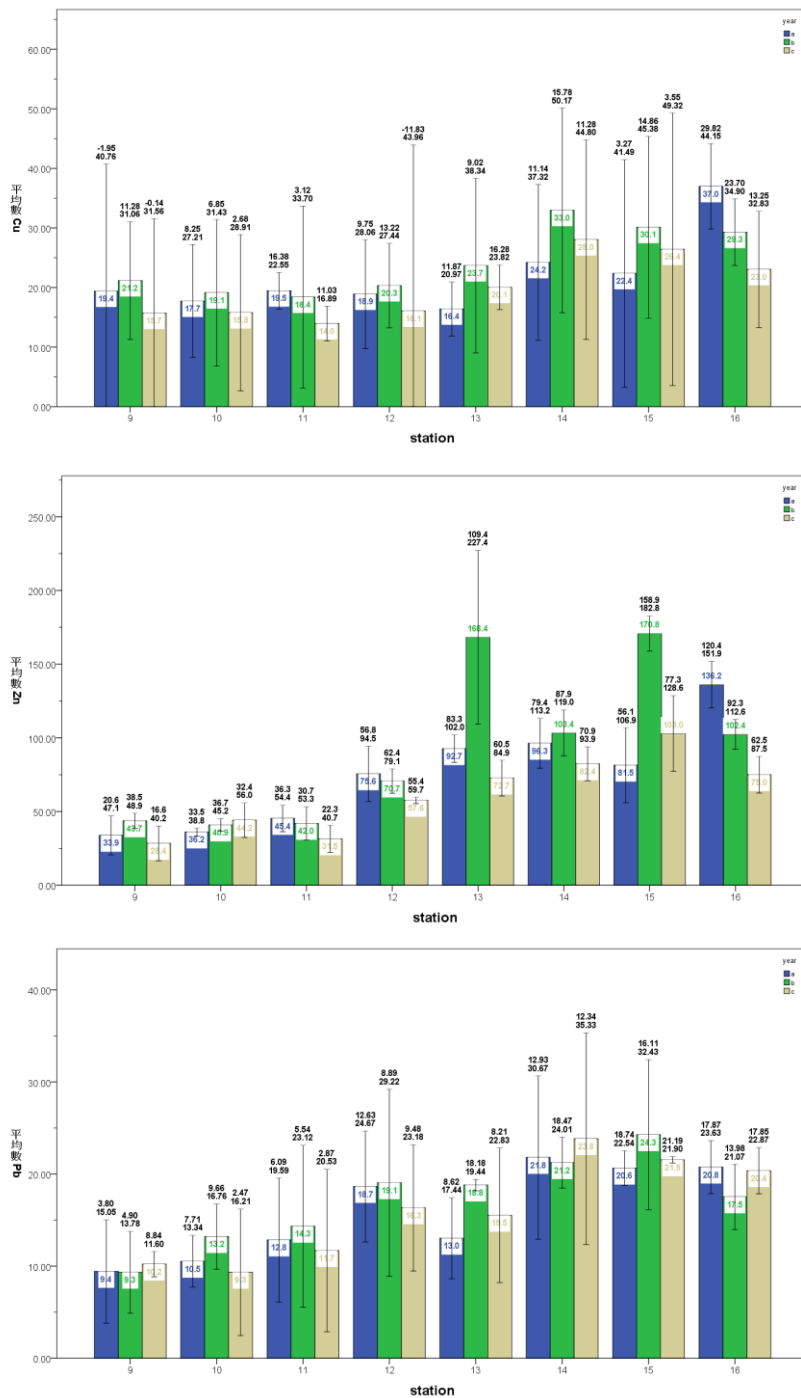


圖 7. 海山罌樣站 12 種重金屬含量於 2012 年紅樹林清除前後及 2013 年間變化之長方圖。

Fig.7. Histogram of 12 heavy metal contents at sampling stations of Haishangu before and after mangrove clearance in 2012 and 2013.

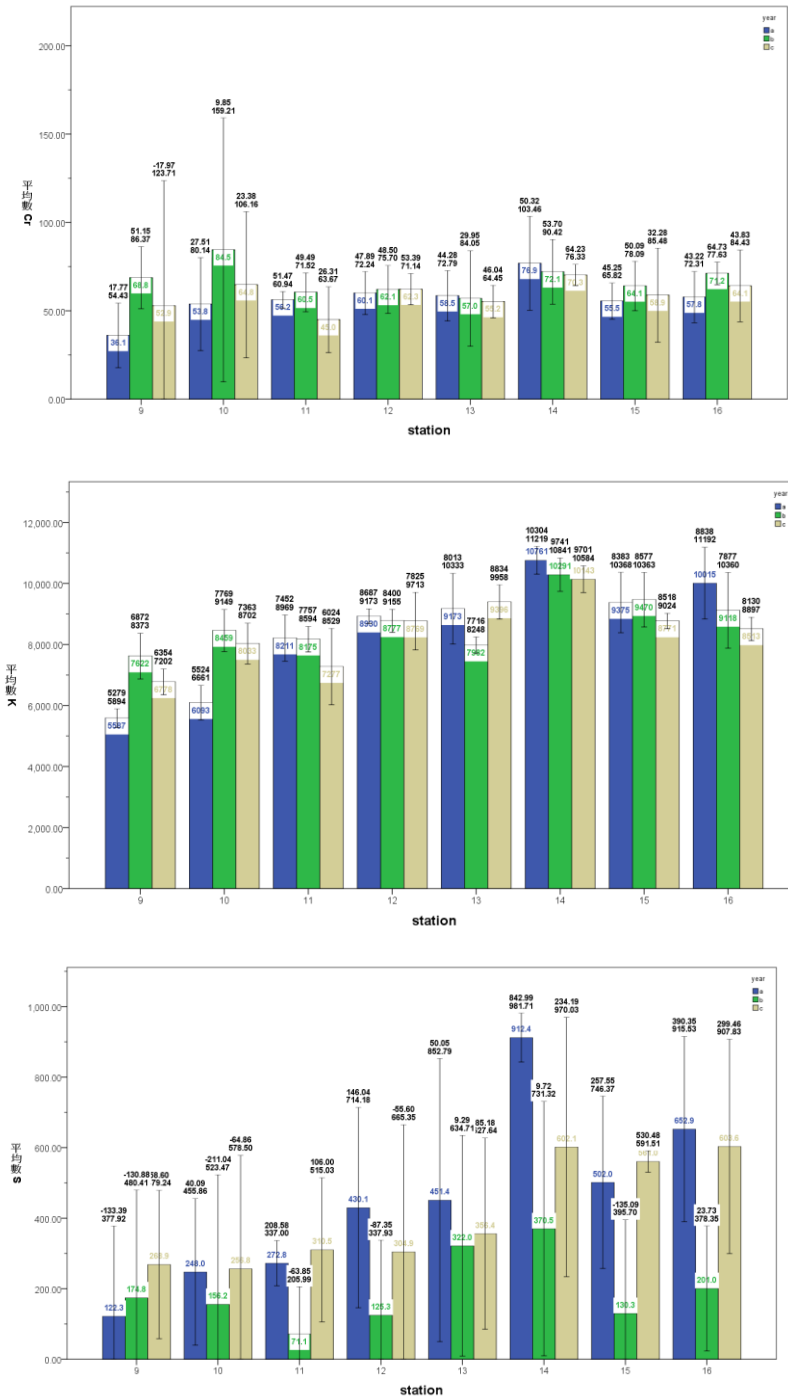


圖 7. (續)海山罟樣站 12 種重金屬含量於 2012 年紅樹林清除前後及 2013 年間變化之長方圖。

Fig.7. (cont) Histogram of 12 heavy metal contents at sampling stations of Haishangu before and after mangrove clearance in 2012 and 2013.

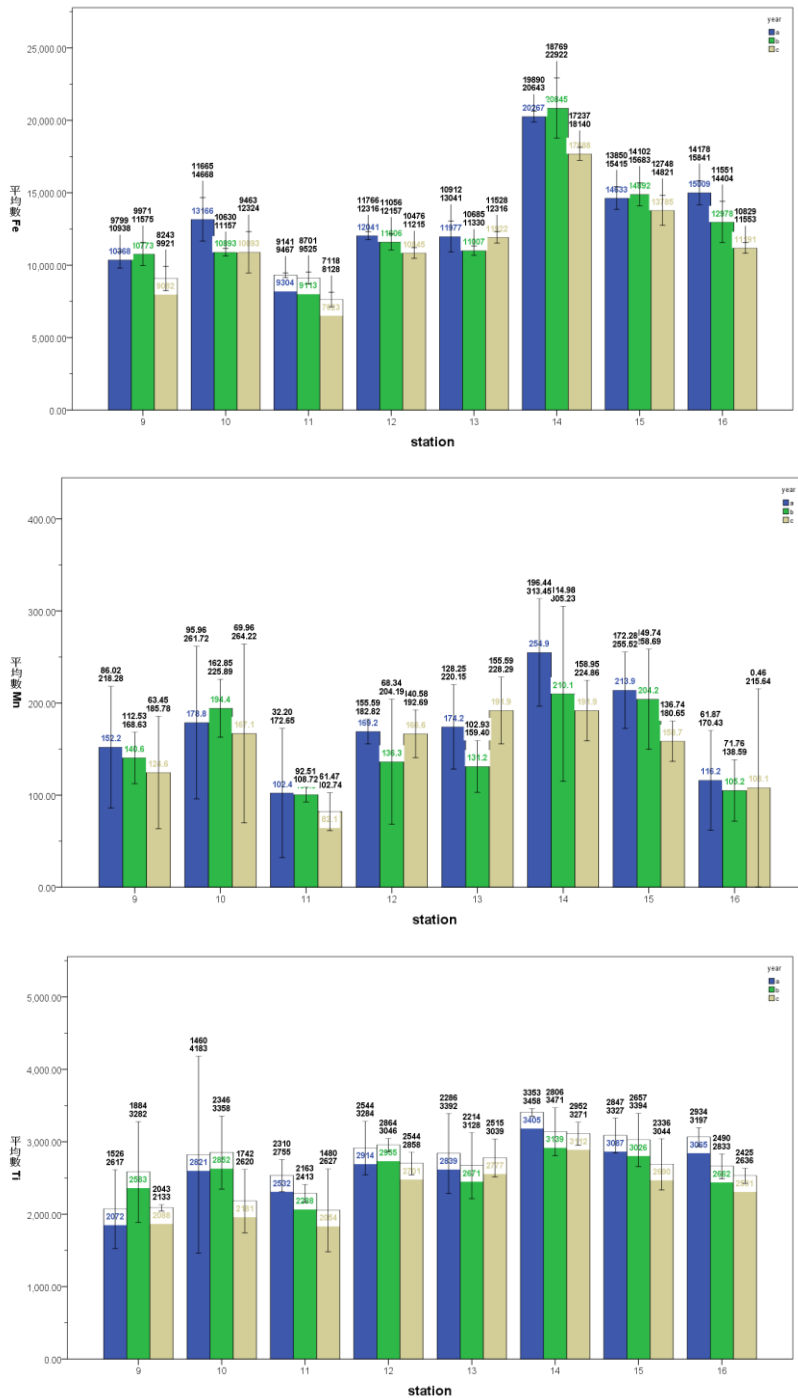


圖 7. (續)海山罟樣站 12 種重金屬含量於 2012 年紅樹林清除前後及 2013 年間變化之長方圖。

Fig.7. (cont) Histogram of 12 heavy metal contents at sampling stations of Haishangu before and after mangrove clearance in 2012 and 2013.

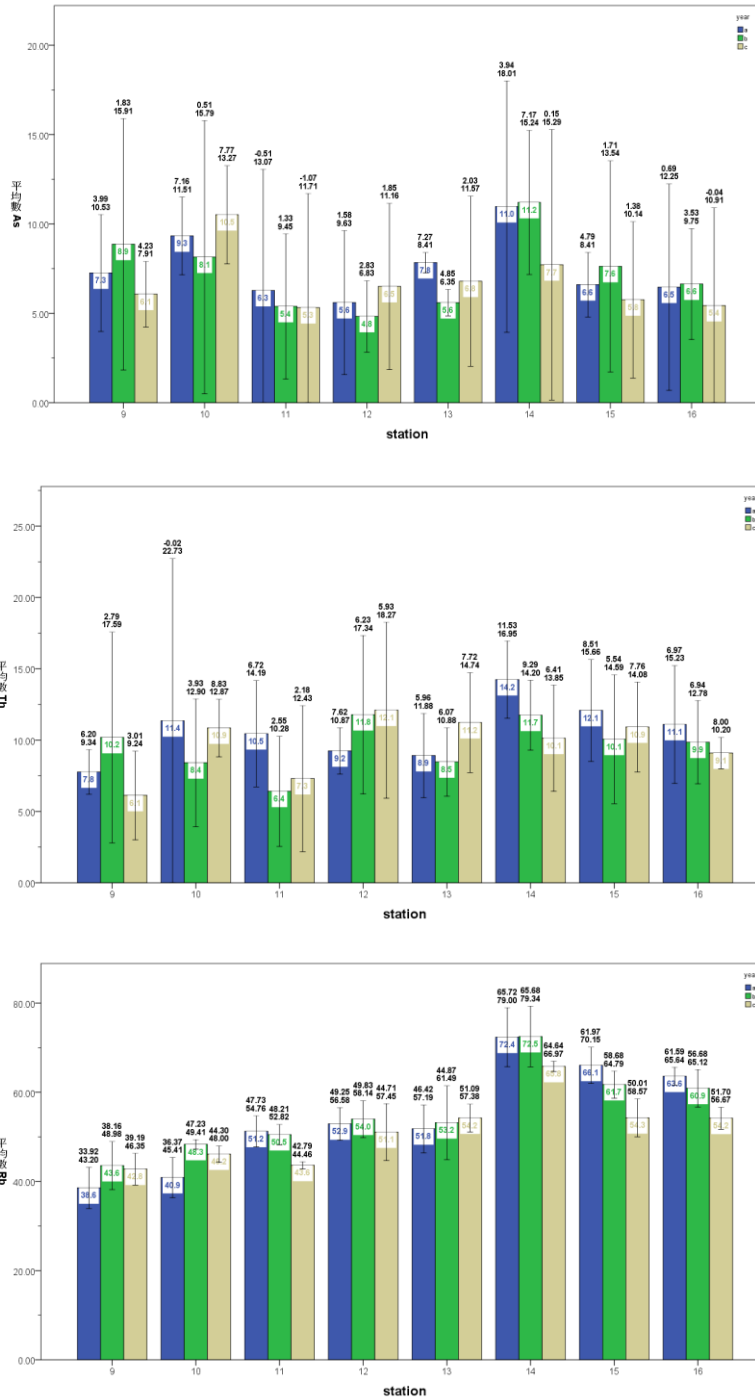


圖 7. (續)海山罟樣站 12 種重金屬含量於 2012 年紅樹林清除前後及 2013 年間變化之長方圖。

Fig.7. (cont) Histogram of 12 heavy metal contents at sampling stations of Haishangu before and after mangrove clearance in 2012 and 2013.

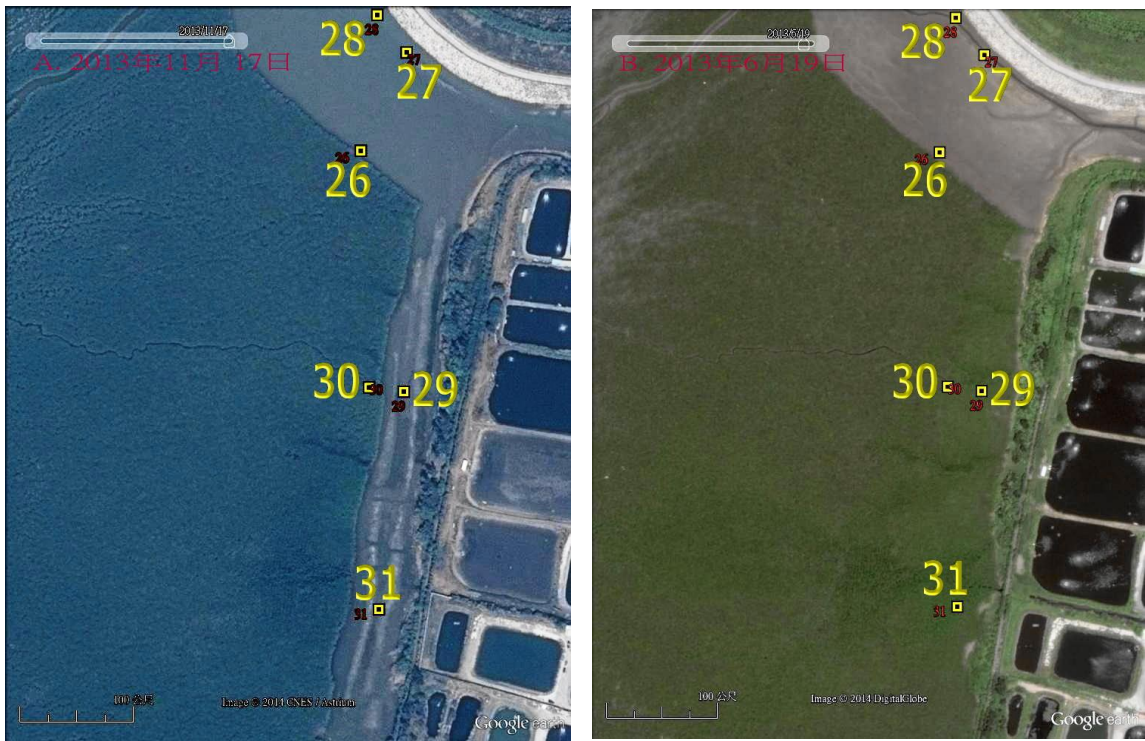


圖 8. 於 2013 年大庄溪口樣站以機械方式進行紅樹林清除之衛星圖 (A. 2013 年 11 月 17 日·B. 2013 年 6 月 19 日)。

Fig.8. Satellite map showing mangrove cleared by machinery in Tachuang estuary, 2013.

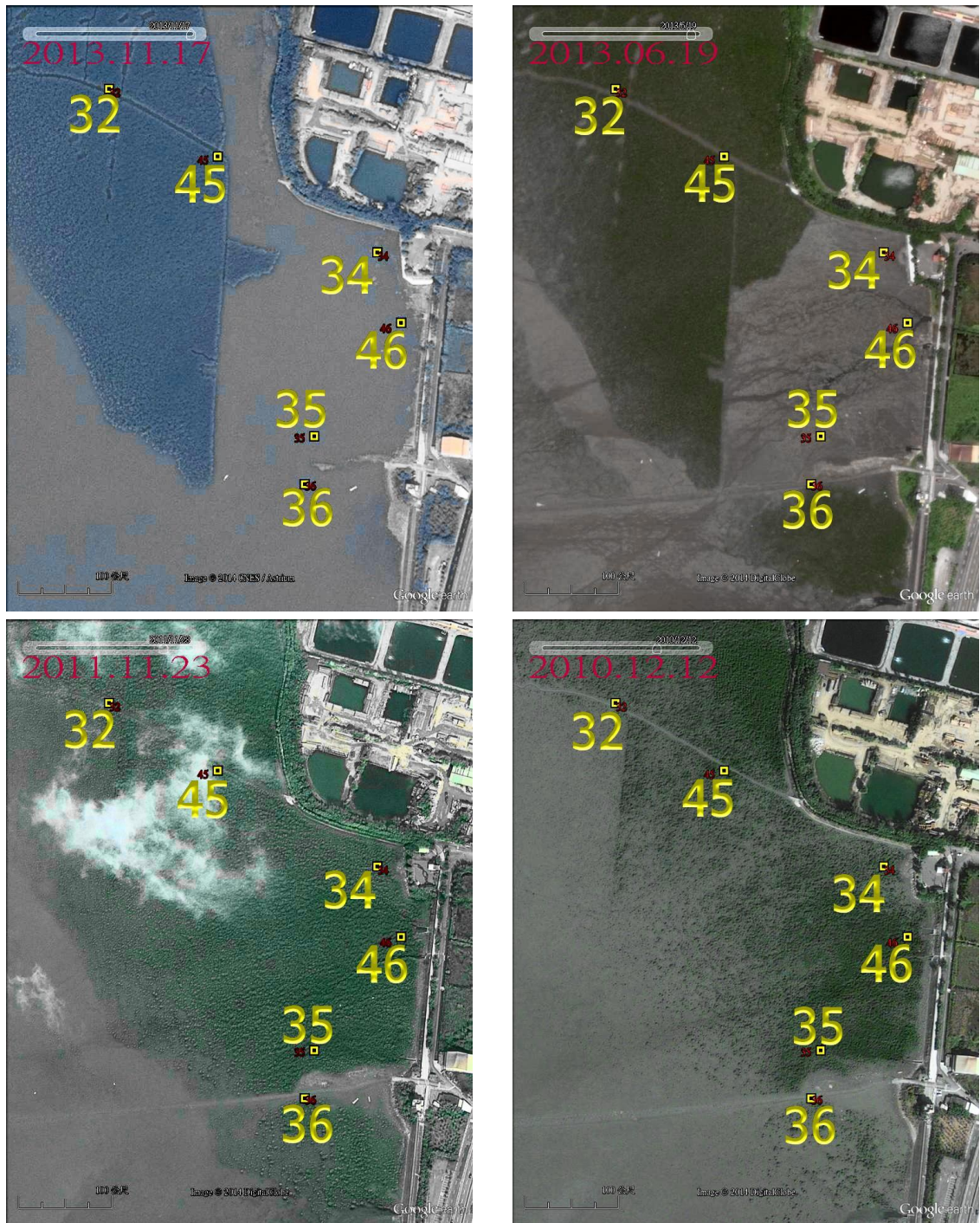


圖 9. 美山海岸樣站之紅樹林清除於 2010-2013 年間衛星圖(A. 2013 年 11 月 17 日，B. 2013 年 6 月 19 日，C. 2011 年 11 月 23 日，D. 2010 年 12 月 12 日)。

Fig.9. Satellite map showing mangrove cleared in Maeshan coastal area, 2010-2013.

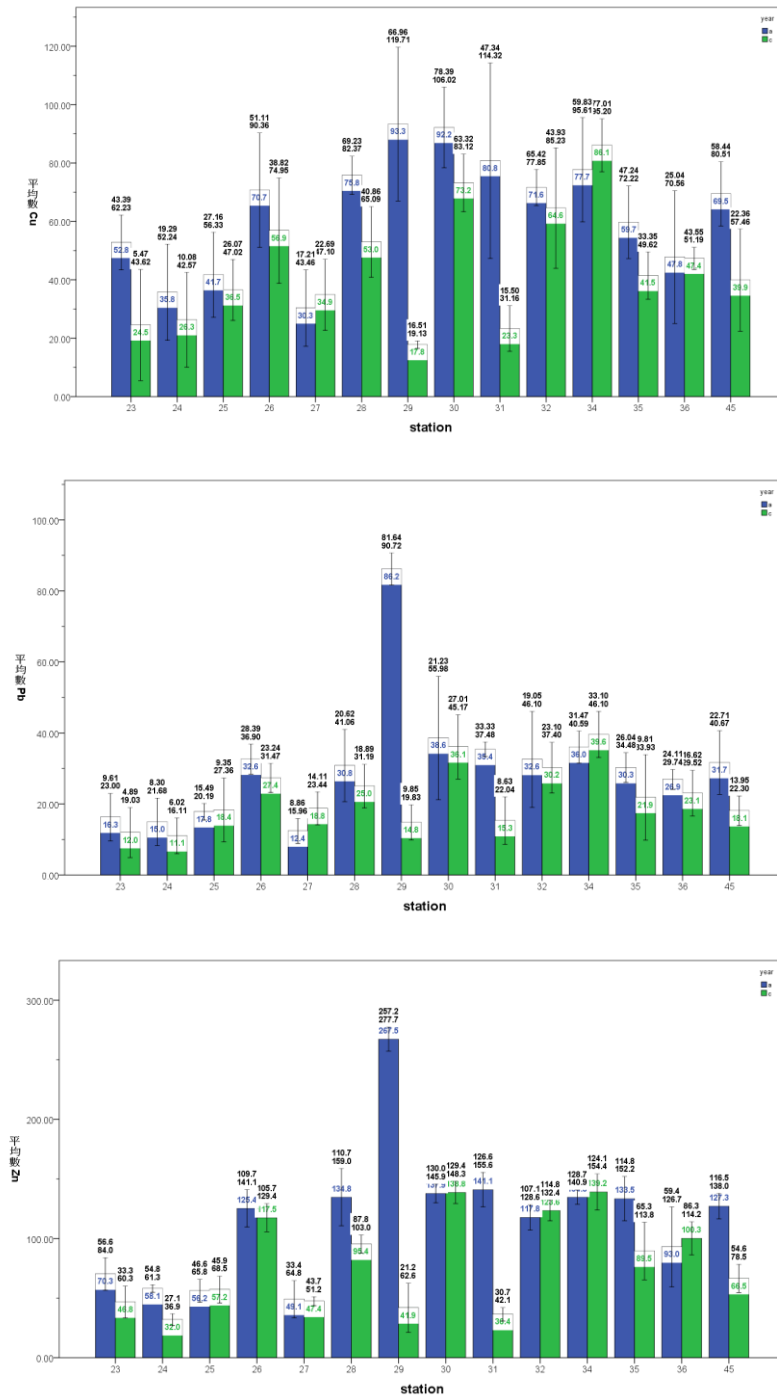


圖 10. 大庄溪口、三姓溪口與美山海岸樣站 12 種重金屬含量於 2012 年及 2013 年間變化之長方圖。
 Fig.10. Histogram of 12 heavy metal contents at sampling stations in the periphery of Tachuang estuary, Sanxing estuary and Maeshan coastal area between 2012 and 2013.

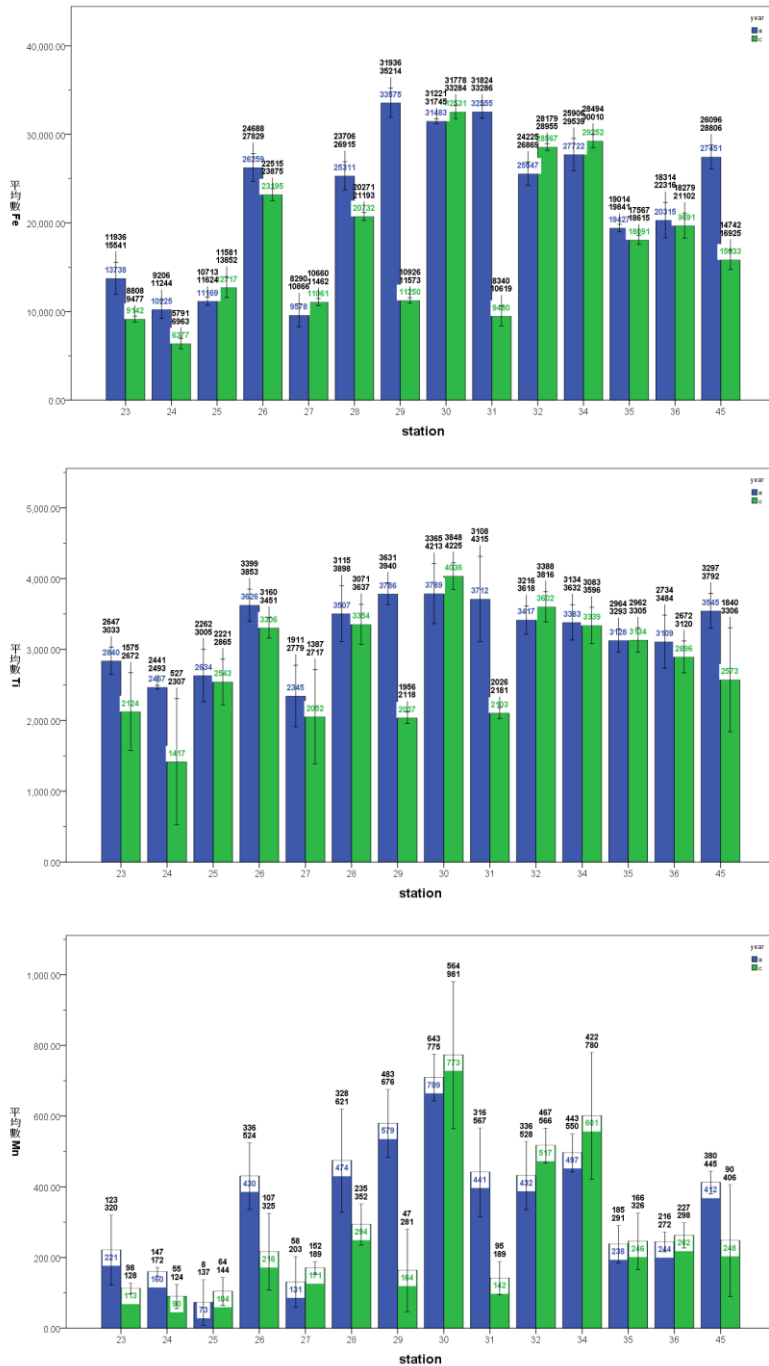


圖 10. (續)大庄溪口、三姓溪口與美山海岸樣站 12 種重金屬含量於 2012 年及 2013 年間變化之長方圖。

Fig.10. (cont) Histogram of 12 heavy metal contents at sampling stations in the periphery of Tachuang estuary, Sanxing estuary and Maeshan coastal area between 2012 and 2013.

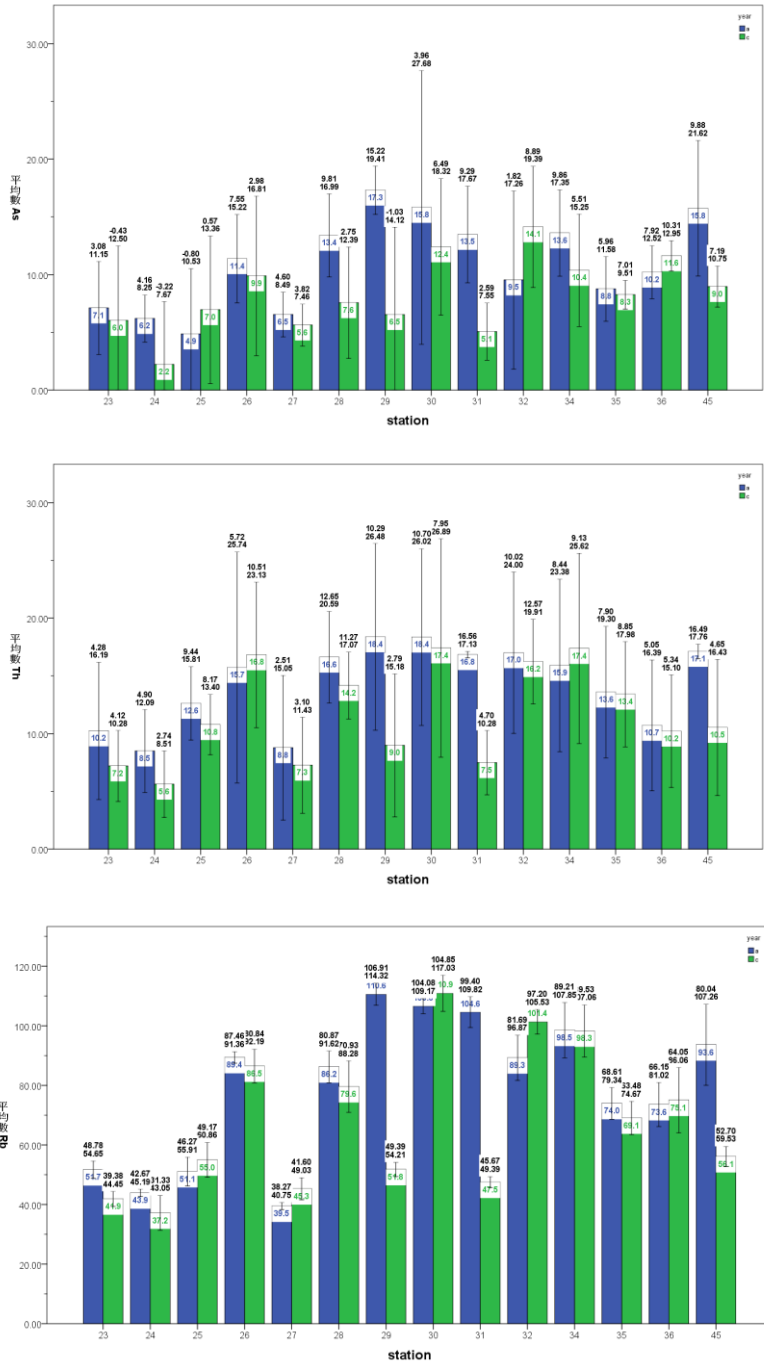


圖 10. (續)大庄溪口、三姓溪口與美山海岸樣站 12 種重金屬含量於 2012 年及 2013 年間變化之長方圖。

Fig.10. (cont) Histogram of 12 heavy metal contents at sampling stations in the periphery of Tachuang estuary, Sanxing estuary and Maeshan coastal area between 2012 and 2013.

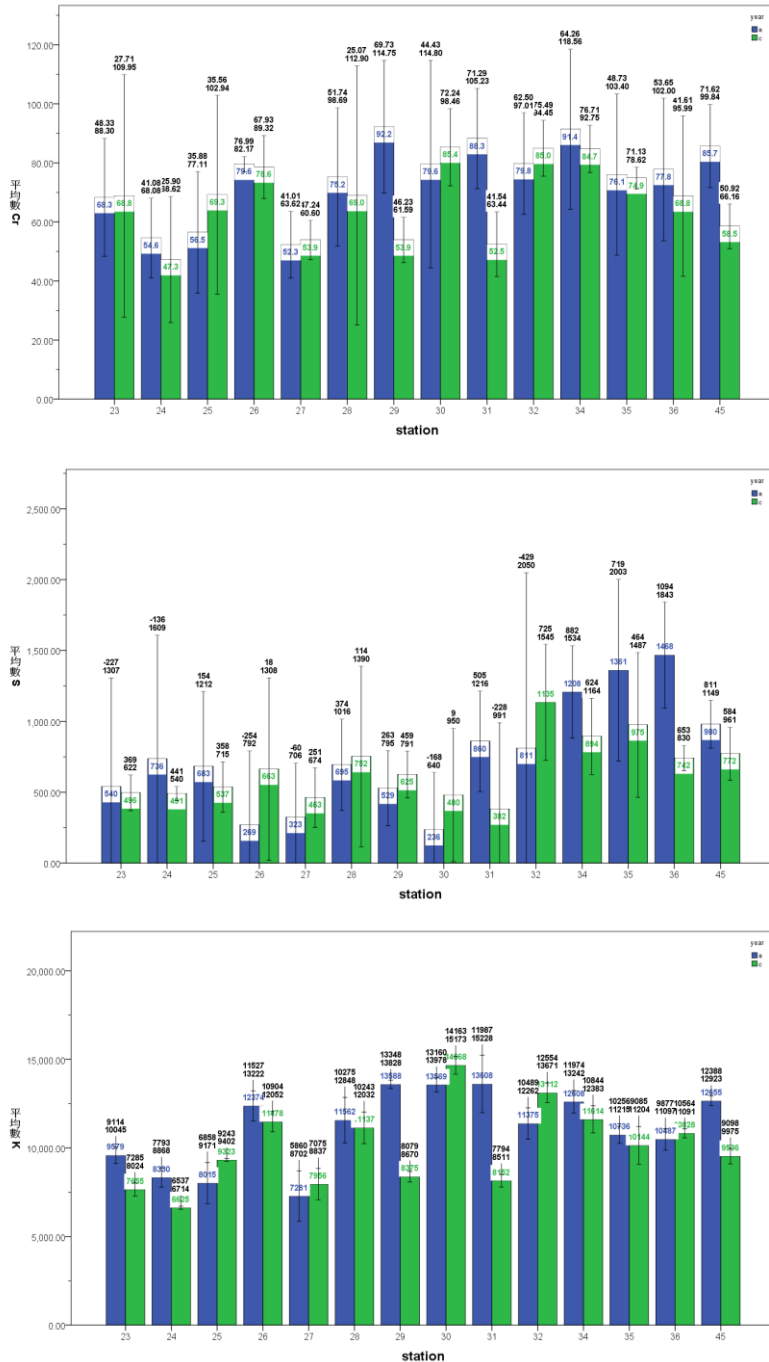


圖 10. (續)大庄溪口、三姓溪口與美山海岸樣站 12 種重金屬含量於 2012 年及 2013 年間變化之長方圖。

Fig.10. (cont) Histogram of 12 heavy metal contents at sampling stations in the periphery of Tachuang estuary, Sanxing estuary and Maeshan coastal area between 2012 and 2013.

表 1. 新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 279 樣本中 32 種重金屬含量敘述統計表

Table 1. Statistics of 32 heavy metal contents in 279 samples in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary

	Zr	Sr	Fe	Mn	Ti	Zn	Cu	Pb	As	Rb	W	Ni	Co	Cr	V	Th
最大值	601.2	134.5	34466.1	892.6	4143.8	271.1	106.3	87.7	22.7	114.5	63.3	53.1	265.9	127.6	105.5	23.1
平均數	299.2	72.1	15287.6	223.4	2659.2	75.2	32.8	19.4	8.1	59.1	15.4	13.1	60.0	62.5	46.3	10.4
標準誤	5.5	0.8	384.5	8.4	36.7	2.5	1.3	0.6	0.2	1.1	0.9	0.7	3.0	0.9	1.0	0.2
中間值	299.2	72.3	13741.7	188.1	2682.3	62.4	25.6	17.2	7.7	53.2	14.1	11.0	50.4	60.7	45.2	9.8
標準差	91.3	13.3	6421.8	140.1	613.3	41.7	21.2	10.6	3.6	18.6	14.6	12.2	49.3	15.3	16.6	3.9
變異數	8339.1	177.4	41239561.7	19628.0	376084.4	1735.7	451.3	111.7	12.8	344.3	211.8	150.0	2429.0	235.1	274.5	15.5
峰度	0.2	1.0	0.7	3.9	-0.4	3.6	1.0	15.7	0.6	0.8	-0.1	-0.1	1.7	0.8	1.4	0.4
偏態	0.2	0.5	1.1	1.8	-0.1	1.5	1.3	3.0	0.6	1.2	0.8	0.7	1.1	0.5	0.7	0.7
範圍	509.9	89.6	29749.6	852.2	3185.3	254.3	105.9	82.5	22.7	81.1	63.3	53.1	265.9	105.2	99.4	20.9
信賴度(95%)	10.8	1.6	756.8	16.5	72.3	4.9	2.5	1.2	0.4	2.2	1.7	1.4	5.8	1.8	2.0	0.5
	Sc	Cd	Ca	K	S	Te	Sn	Ba	Cs	U	Sb	Mo	Hg	Se	Ag	Pd
最大值	16.5	8.9	14826.6	14959.7	1696.3	112.3	39.5	393.2	72.3	8.1	28.3	6.7	14.5	2.0	5.0	5.7
平均數	3.1	1.2	1683.7	9022.6	526.2	56.9	21.5	306.8	44.9	0.8	9.1	1.8	2.3	0.1	0.2	0.2
標準誤	0.2	0.1	82.2	118.4	19.0	1.5	0.4	1.6	0.7	0.1	0.4	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
中間值	1.9	0.1	1377.2	8734.9	495.3	58.5	21.8	307.3	45.8	0.0	8.9	1.7	0.1	0.0	0.0	0.0
標準差	3.4	1.8	1373.0	1977.3	316.6	24.6	6.8	27.4	11.2	1.5	6.9	1.5	3.4	0.3	0.7	0.7
變異數	11.4	3.1	1885059.2	3909904.9	100215.4	603.3	46.0	750.4	125.8	2.4	47.3	2.1	11.8	0.1	0.5	0.5
峰度	1.6	3.1	32.2	0.2	1.5	-0.4	0.2	0.2	0.1	5.9	-0.7	-0.5	1.9	16.2	16.0	21.6
偏態	1.3	1.8	4.2	0.6	1.0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	2.4	0.3	0.5	1.6	4.0	3.8	4.2
範圍	16.5	8.9	14592.1	9796.1	1696.3	112.3	39.5	172.3	65.8	8.1	28.3	6.7	14.5	2.0	5.0	5.7
信賴度(95%)	0.4	0.2	161.8	233.0	37.3	2.9	0.8	3.2	1.3	0.2	0.8	0.2	0.4	0.0	0.1	0.1

表 1. 新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 279 樣本中 32 種重金屬含量敘述統計表
Table 1. Statistics of 32 heavy metal contents in 279 samples in Hsinchu city coastal wildlife refuge and Touqian estuary

station	Mo	Zr	Sr	Rb	Th	Pb	As	Hg	Zn	W	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Sc	Ca	K	S	Ba	Cs	Te	Sb	Sn	U	Se	Cd	Ag	Pd		
1	1.86	261.69	63.76	40.87	7.27	15.69	10.36	5.23	39.63	36.93	17.08	30.86	76.27	1326.24	410.02	58.92	46.89	1947.03	6.08	3033.31	7024.94	524.12	332.08	60.32	112.25	28.28	35.84	0.02	0.43	4.25	0.63	1.15		
2	3.10	211.68	59.01	41.86	8.63	15.97	11.29	5.87	38.95	43.88	17.73	16.30	71.79	13630.02	274.60	70.12	47.61	2400.17	7.32	1897.82	7534.03	433.65	334.24	62.97	98.07	0.00	0.00	4.75	1.14	2.39				
3	1.73	205.42	76.75	58.21	11.98	20.63	11.38	12.66	55.49	33.76	24.91	30.99	78.00	15305.59	218.10	53.03	45.03	2406.84	13.04	3963.50	8158.75	633.65	335.00	65.73	92.01	22.64	33.68	0.45	0.00	4.99	4.38	0.77		
4	0.95	191.35	134.52	50.46	10.93	15.82	15.19	14.19	53.07	23.03	22.06	45.45	99.36	16417.25	393.65	60.74	60.32	2080.74	14.20	14826.56	7276.98	747.27	356.08	70.07	103.62	23.79	36.61	4.74	0.00	7.95	0.16	1.03		
5	4.08	417.00	81.59	58.38	13.70	18.32	10.25	6.63	68.83	51.12	34.13	20.19	92.29	14756.38	191.15	64.99	81.90	3152.22	5.59	554.175	9334.96	558.47	332.92	54.34	94.89	16.17	28.12	0.21	0.40	3.55	0.00	2.89	2.35	
6	2.24	470.43	84.29	58.62	14.80	21.15	12.16	4.61	63.44	51.19	33.48	23.25	156.01	16818.78	283.36	64.77	67.50	2723.21	7.10	3942.31	9551.68	790.50	383.95	65.89	87.61	18.59	34.87	0.25	0.00	5.06	2.89	2.35		
7	2.35	369.96	79.64	58.34	10.16	20.39	7.95	5.46	59.05	33.92	22.78	26.00	87.95	13100.56	186.47	68.88	64.32	2866.88	4.17	1720.63	9293.14	248.59	348.64	52.71	84.48	19.51	25.04	0.98	0.00	3.90	0.00	0.00		
8	3.45	453.53	88.03	76.62	14.38	28.60	11.58	11.43	105.14	25.71	36.76	24.91	134.96	14960.07	245.79	79.08	68.33	3414.14	5.83	1992.79	10335.37	703.32	338.84	28.48	31.11	1.23	0.45	0.00	0.00	3.90	0.00	0.00		
9	4.61	453.48	70.37	46.24	13.80	12.61	12.91	6.13	45.29	23.40	31.63	31.59	75.47	11182.92	177.34	91.73	65.33	2821.24	1.10	1721.30	8048.37	356.93	352.43	55.36	96.47	18.17	25.97	1.78	0.00	3.98	2.01	0.27		
10	3.16	525.48	68.41	48.89	17.90	14.79	12.39	8.07	47.75	44.62	25.13	26.41	100.35	13830.30	226.63	127.61	49.26	3513.12	6.55	2992.69	8732.86	366.74	344.22	54.10	96.11	19.16	25.80	0.30	1.69	2.84	0.00	0.00		
11	4.79	446.99	75.79	52.34	12.07	19.38	8.64	2.56	49.65	47.03	26.44	23.28	23.43	9388.89	134.69	65.84	61.25	2695.46	6.21	754.04	8609.38	415.47	334.33	59.59	78.17	15.21	24.56	2.92	0.60	3.48	0.21	0.22		
12	3.58	398.07	73.22	55.91	15.29	24.52	8.20	11.36	86.44	27.92	26.95	19.55	94.75	12167.71	177.21	66.34	61.25	2695.46	6.21	1478.78	9277.41	593.52	344.67	51.93	80.18	20.75	26.48	6.40	0.66	3.48	1.88	2.15		
13	4.59	388.67	72.38	57.97	12.73	19.16	9.51	5.49	187.07	33.73	30.60	43.36	68.00	12392.23	204.18	67.80	48.58	3117.32	6.61	1662.32	9713.65	631.12	335.55	48.65	75.85	13.49	27.13	3.87	0.00	4.76	0.27	0.66		
14	3.59	295.36	80.25	75.76	15.73	29.06	14.81	5.48	108.78	41.57	42.90	22.60	179.02	21975.24	272.63	87.64	87.82	3429.29	4.45	1273.64	10999.21	939.60	334.88	38.61	54.96	9.85	20.94	5.00	0.00	3.97	0.00	0.52		
15	4.49	354.12	84.99	68.41	13.14	27.14	10.90	6.71	177.20	45.27	39.62	25.03	107.18	15158.07	237.43	72.93	79.85	3219.18	4.46	1507.11	9931.81	639.18	327.50	53.79	72.85	10.90	25.38	4.78	0.88	2.91	1.21	0.00		
16	3.21	349.46	77.21	64.74	13.45	22.05	9.04	9.20	145.18	63.32	41.12	30.16	88.20	15446.11	169.68	75.83	66.54	3137.70	2.63	958.61	10577.31	756.76	327.58	49.08	62.17	10.13	29.58	8.11	0.00	4.48	0.00	1.83		
17	2.88	515.33	64.64	47.33	9.06	14.88	7.05	8.51	36.70	26.38	22.14	25.28	23.43	8923.09	106.71	59.88	55.38	2748.92	1.74	608.56	8352.07	632.11	323.82	38.59	88.43	24.86	29.92	0.00	0.12	5.50	3.49	4.49		
18	3.86	431.51	65.96	55.44	10.15	16.84	7.69	3.23	52.68	43.49	30.12	28.57	36.39	11907.95	196.78	78.18	46.37	2668.38	6.28	740.12	9648.57	651.78	357.40	61.12	78.46	22.67	33.51	0.76	2.00	5.57	1.90	1.73		
19	4.18	566.68	56.69	43.20	9.97	14.16	6.89	6.29	41.15	58.66	26.66	8.28	44.87	8830.45	117.80	60.96	54.43	2491.27	1.52	562.85	7866.87	516.32	334.66	55.68	81.42	17.80	30.58	3.48	0.75	5.04	0.00	0.56		
20	1.73	238.74	73.37	71.58	14.23	21.56	11.15	9.09	86.09	21.82	40.79	27.15	75.68	19103.21	154.92	69.09	55.29	2954.35	3.07	883.04	11374.77	928.44	262.06	38.05	41.06	8.91	17.15	5.16	1.29	0.29	0.00	0.00		
21	5.11	601.19	80.94	56.20	16.46	31.75	8.84	6.62	84.96	39.44	57.04	33.72	116.68	16833.90	294.07	80.36	55.79	3788.62	7.27	3967.71	9429.20	971.01	320.07	50.28	66.84	13.13	39.54	2.08	0.00	1.80	0.00	0.02		
22	4.88	459.59	100.14	74.29	12.96	26.23	13.81	4.81	85.87	47.93	73.38	24.86	104.82	20436.50	289.02	77.71	59.86	3081.47	11.29	3385.22	11184.47	632.41	326.16	46.50	83.01	9.28	25.86	2.76	0.15	2.82	0.00	0.00		
23	3.40	433.45	67.05	53.34	12.39	18.03	9.64	7.59	78.22	23.57	58.14	37.66	55.23	14477.26	277.26	92.22	82.36	2990.43	1.81	1317.18	9791.24	913.45	319.33	53.80	94.79	22.71	26.28	5.15	0.00	4.92	2.79	1.06		
24	2.23	340.45	56.50	44.56	10.47	17.79	7.38	5.33	59.63	32.16	45.25	16.18	113.30	10811.82	164.30	59.61	45.47	2481.70	1.14	1092.07	8599.45	1228.38	337.57	70.29	107.16	28.34	34.02	4.97	0.00	8.94	0.65	2.01		
25	3.69	470.26	72.32	57.88	13.67	23.32	10.55	14.51	62.72	29.83	46.17	43.47	106.11	13059.43	116.68	88.20	48.74	2783.63	4.96	794.82	9368.11	922.14	312.86	50.48	77.78	17.68	27.23	3.59	0.04	0.00	0.50	1.69		
26	4.70	282.94	87.67	90.36	21.16	34.29	13.52	6.35	130.20	29.81	81.34	28.92	149.41	27051.90	481.43	82.01	78.71	3730.92	8.91	1709.61	12656.12	895.14	344.17	46.71	73.03	8.85	25.55	5.39	0.28	5.82	0.00	1.68		
27	2.74	452.49	65.62	47.46	12.34	20.54	7.20	8.43	148.17	25.86	40.21	30.12	81.66	12826.65	179.13	58.82	43.54	2527.73	4.71	1346.56	8455.65	536.82	348.90	65.98	106.80	20.67	30.98	0.13	0.78	8.19	1.26	2.17		
28	1.86	305.86	93.56	89.27	18.52	36.72	15.42	13.51	144.60	47.10	78.21	16.84	166.81	26191.88	546.13	91.24	63.45	3661.39	9.84	2608.87	12285.41	967.88	341.54	49.36	65.36	21.03	30.44	1.47	1.04	1.80	1.02	1.20		
29	3.12	298.35	87.35	112.67	23.05	87.71	18.26	2.58	271.05	42.51	106.28	40.25	216.51	34466.13	634.95	101.42	97.34	3831.49	8.35	1915.09	13712.06	685.82	364.84	61.32	101.55	24.22	29.13	2.37	0.27	5.62	2.98	0.76		
30	4.42	240.74	91.99	114.46	22.57	48.62	22.67	12.90	141.99	37.12	98.24	43.78	265.91	32965.72	892.63	93.92	105.44	4143.79	10.64	2072.29	14959.70	736.78	337.26	44.15	64.24	14.25	30.65	1.72	1.36	0.75	0.00	1.31		
31	4.51	306.80	93.47	107.60	17.00	36.51	11.79	14.94	24.03	92.82	50.61	196.69	32974.31	478.84	86.38	105.47	68.66	3980.70	15.55	1766.92	13707.73	1501.32	324.60	36.37	42.53	7.14	22.31	0.00	0.00	1.73	0.00	0.00		
32	3.75	242.83	81.47	103.53	21.00	39.97	16.62	10.55	128.58	47.94	75.22	29.60	138.48	28679.76	535.83	96.38	105.47	3724.67	10.15	3196.32	13707.73	1501.32	324.60	36.37	42.53	7.14	22.31	0.00	0.00	1.73	0.00	0.00		
33	4.80	322.70	93.02	74.82	15.83	26.38	13.20	13.14	98.38	11.97	45.33	30.88	86.79	19848.27	403.11	64.56	58.26	2889.69	10.73	3695.55	10111.49	983.25	300.53	36.62	46.59	6.39	19.54	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00		
34	3.39	259.33	99.49	103.70	21.83	43.25	15.38	12.28	145.82	29.96	89.10	49.97	226.36	29660.33	701.56	103.83	68.16	3523.49	15.44	3404.60	12972.36	1367.94	291.65	32.68	21.39	41.11	22.75	2.01	1.59	0.24	0.00	0.04		
35	4.08	361.75	88.05	76.03	16.43	31.86	10.33	7.40	140.82</																									

玉山國家公園地景變遷之時空分析

Spatial and Temporal Analysis of Landscape Changes in Yushan National Park

黃靜宜*

Jing-Yi Huang*

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集镇民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

*通訊作者：lily@tesri.gov.tw

*Corresponding author: lily @tesri.gov.tw

摘 要

瞭解並掌握地景變遷過程是保護區經營管理的重要工作。本研究以玉山國家公園為研究區域，結合遙測、地理資訊系統與地景生態學方法，進行 1990~2013 年間的地景變遷分析，並利用單因子多變量變異數分析考驗研究區內不同流域間地景的差異性。研究結果顯示，國家公園成立後，地景發展極為穩定，且區內高屏溪、濁水溪與秀姑巒溪流域範圍之穩定地景均保有相同的穩定度，但在歷年天然災害的干擾下，卻造成不同流域間，非穩定地景之「退化」與「新生干擾」類型存在差異性，其中以高屏溪流域受到的影響最顯著，主要原因乃係受到較高頻度及強度之天然災害影響所致，尤其以溪流兩側為主要影響區位，然「退化」與「新生干擾」對生態系的影響，則有待未來更進一步的監測及研究。

Abstract

Landscape changes in Yushan National Park from 1990 to 2013 were analyzed using remote sensing, geographic information system, and landscape pattern analysis. Results show that “stable landscapes”

maintained substantial stability across the Gaoping, Jhuoshuei and Siouguluan river basins. However, multivariate analysis of variance showed that the condition of “unstable landscapes” differed significantly amongst these river basins. Comparisons of landscape changes brought about by natural disasters among these three river basins revealed that disasters with higher frequency and intensity had led to differences in “degradation” and “new disturbance” of “unstable landscape”, especially around both sides of Gaoping River.

關鍵詞：保護區、地景生態學、遙感探測、地理資訊系統、天然干擾

Key words: protected area, landscape ecology, remote sensing, geographic information systems, natural disasters

收件日期：2015 年 01 月 16 日 接受日期：2015 年 07 月 24 日

Received: January 16, 2015

Accepted: July 24, 2015

前 言

維護生態環境資源為目前世界各國正努力落實之永續目標，國家公園之設置與經營管理乃為重要策略之一。國家公園是指具有國家代表性之自然區域或人文史蹟，臺灣自 1961 年起便開始推動國家公園與自然保育，1972 年制定國家公園法，其第 1 條明訂國家公園設立的目的是在於「保護國家特有之自然風景、野生物及史蹟，並供國民之育樂及研究」，因此，任一區域被劃設為國家公園，必有其特殊性或代表性的景觀與生物多樣性，為世人所須加以保護的自然資源。為達成國家公園永續經營之目標，蒐集園區內相關地理資訊與時空資料，並建立土地長期監測計畫，係研擬經營管理策略所不可或缺之重要工作。

地景(landscape)係一塊具有明顯可辨之

特徵土地，特別視為某些自然作用下的產物(何 2009)，而地景生態學(landscape ecology)著重於探討地景於空間上的大小、種類、排列與配置等結構特徵，以及解讀其背後所代表之意義(Forman 1995)。一般而言，地景的結構特徵會隨著時間的推進而發生變遷，並且具有其特殊之方向性，例如地震與颱風的侵襲使原本覆蓋完整的森林植被轉變為裸露地，因此，唯有透過不同時間與空間的動態分析，才能理解地景變遷的內涵與機制(Antrop 1998)，進一步釐清發生變遷的區域、程度與原因為何(Griffiths and Mather 2000)。有關大尺度的地景變遷研究中，遙測(remote sensing)技術可供大範圍、多時性及數值化的環境監測資訊，搭配地理資訊系統(geographical information system, GIS)與地景生態學理論的應用與分析，係探討各種地景變遷議題的最佳研究模式，亦是最快速、最

有效率之方法(Mondal and Southworth 2010; Pôças *et al.* 2011; Wasige *et al.* 2013; Russell and Ward 2014)。

臺灣屬高災害風險地區，近 20 年國內發生的重大天然災害至今仍記憶猶新，舉凡 1999 年 921 大地震、1996 年賀伯、2001 年桃芝、2004 年敏督莉、2009 年莫拉克等颱風，以及所挾帶的超大豪雨，使中部山區出現大面積的崩場地，自然環境嚴重受創(陳 2006；謝等 2010；呂及何 2013)。玉山國家公園於 1985 年設立，為臺灣典型高山生態系之代表，其地理位置位處中部山區，勢必可能改變國家公園轄區內之地景原貌，如 921 大地震造成玉山主群峰有明顯的崩塌情形，而莫拉克颱風亦重創南部園區(何及廖 2000；周 2000；林 2012)，迄今聯外道路及多條登山步道仍封閉未開放。然而，至今可供參考之全區地景變遷相關文獻或研究報告仍鮮少，有鑑於此，本研究以玉山國家公園作為研究區域，結合衛星遙測、GIS 與地景生態學等學理，利用不同時期的時空動態分析，探討國家公園設立後，近 20 餘年來的地景變遷，期研究成果可供為未來土地規劃與自然資源經營管理之參考。

材料與方法

一、研究區概述

玉山國家公園位居臺灣本島之中央地帶，東隔花東縱谷與東部海岸山脈相望，西鄰阿里山山脈，南面包括南橫公路部分路段及關山，北面以東埔村及郡大山為界，北迴歸線通過園區塔塔加附近，轄區範圍分屬南投、嘉義、花蓮及高雄等 4 縣市，幅員遼闊，面積廣達 103,121.4 ha，為全臺陸域面積最大的國家公園。全區之地勢陡峻且坡度高，以高山及河谷為主要地形，海拔落差在 300 m 至 3,952 m 之間，氣溫隨著高度上升而遞減，形成溫帶、寒帶兩種氣候型，海拔 3,500 m 以上地區，年平均溫約 5°C，而海拔 2,500 m 地區，年平均溫約 10°C，雪期由 12 月至翌年 4 月，惟降雪日不多，雨量豐沛，年雨量 3,000 至 4,700 mm，雨季較集中於 5 至 9 月。區內水系發達，支流眾多，分屬濁水溪、高屏溪及秀姑巒溪 3 大河流域範圍(如圖 1)。植群型自低海拔之闊葉林，以至高海拔之針葉林、高山寒原，其依序變化明顯可見，依其形相及主要優勢種，可分為高山植群帶、冷杉林帶、鐵杉雲杉林帶、櫟林帶及楠櫟林帶。在土地利用方面，僅北側南投縣信義鄉東埔村第一鄰為原住民保留地外，全區面積仍以林地占最大比例。

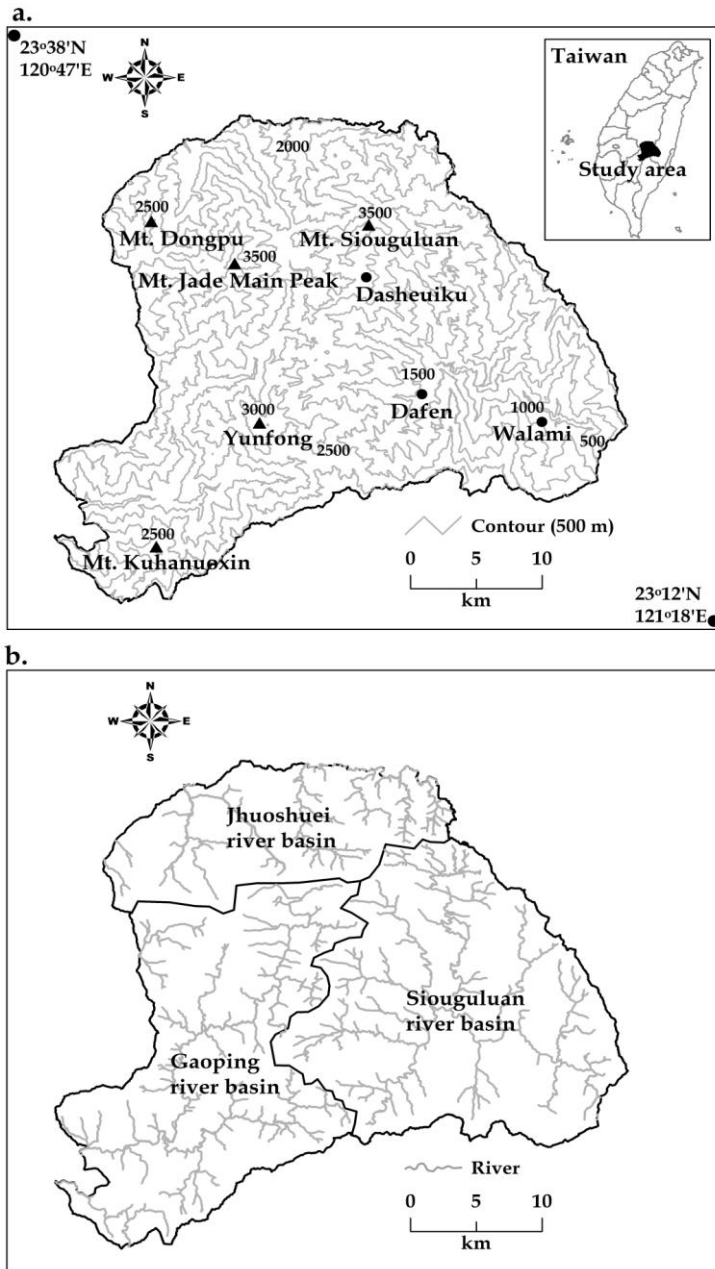


圖 1. (a)研究區地理位置圖，(b)流域範圍。

Fig. 1. (a) General geographical features of this study site and (b) river basin areas.

二、研究方法

(一) 衛星影像處理

本研究主要採用美國國家地質調查所(United States Geological Survey, USGS) 網站所下載之 Landsat 衛星影像為研究材料, 影像選取年份為玉山國家公園成立初期之 1990 年(7 月 6 日)、中期之 2001 年(9 月 14 日)以及近期之 2013 年(8 月 6 日)等 3 幅影像, 每一像元符合地面取樣距離(ground sampling distance, GSD)30 m, 所有影像皆經 USGS 完成幾何校正(level 1T), 其中 2013 年之 Landsat 8 影像輻射解析度力(radiometric resolution)係以 16 bit 型態儲存資料, 為利後續多期影像之分析比較, 本研究統一將其轉換為 8 bit 型態。首先, 以超圓方向餘弦轉換法(hyperspherical direction cosine)降低研究區內高山地形效應的影響(謝及鄭 1995; Warner and Chen 2001), 另以偽恆定地物法(pseudo invariant features)消弭大氣分子及浮懸物質造成之雜訊與干擾(呂及鍾 2007; 黃及林 2014)。研究過程中之遙測影像處理與資料分析程序均利用 Erdas Imagine 與 ArcGIS 軟體予以完成。

(二) 地景分類

預設研究區之地景類型為森林、草原及裸露地, 並蒐集與 Landsat 影像日期相近之地真(ground truth)資料, 做為影像分類與準確度評估參考之用, 其中包含 1995 年林務局第 3 次森林資源調查製作之土地利用圖、2001 年農林航空測量所出版之彩色航空照片, 以及瑞峻科技公司於雲端服務平臺所提供之 2013 年 Worldview 2 號影像(GSD=50 cm), 另利用全球衛星定位儀進行訓練樣區(training set)與檢核點之現地調查。地景分類採用混合式分類法(hybrid classification)進行, 即組合非監督性分類(unsupervised classification)與監督性分類

(supervised classification)兩種方法, 先以非監督性分類法中的反覆自我組織資料分析法(iterative self-organizing data analysis techniques algorithm), 將研究區概略粗分為 20 種地景類型, 隨後將光譜特徵相似之類型予以合併, 並參考其對應區域之地真資料, 選取均質之訓練樣區, 再以監督性分類之最大似法(maximum likelihood)進行全幅影像之分類演算, 建立森林、草原、裸露地等 3 種地景類型。研究區內水體面積甚小, 此類型地景本研究予以忽略, 另將分類結果遭雲霧及雲影遮蔽之區位排除, 不列入後續分析範圍。

分類結果之準確度評估, 係以分層逢機取樣, 於各年份之分類影像, 抽取 550 個檢核點, 逐一與地真及現地資料進行比對, 判斷各樣點分類正確與否, 並依所產生之誤差矩陣(error matrix), 計算其生產者準確度(producer's accuracy, PA)、使用者準確度(user's accuracy, UA)、總體準確度(overall accuracy, OA)及 kappa 統計值, 以評估其分類準確度(Congalton and Story 1986; Congalton 1991)。

經由影像分類所獲得之多時期地景類型, 可提供有效的地景變遷量化資訊, 透過分析地分類型在時間軸上的動態軌跡, 有助於瞭解地景變遷與地景破碎化的情形 (Southworth *et al.* 2004; Mondal and Southworth 2010)。本研究建立之地景變遷類型數量依下列公式計算求算(Petit *et al.* 2001)：

$$m_t = m_c^t \quad (1)$$

式中 m_t 為變遷類型之數量, m_c 為地景類型之數量, t 為分析期別數, 分析之地景類型或期別數量愈多, 所組成之地景變遷類型也愈多, 就本研究預設之地景類別(森林、草原與裸露地)

及分析期別(1990、2001 與 2013 年)而言，即可產生 27 種變遷類型。為利後續分析與解釋，再依表 1 規則進行重組與歸類，將其簡化為 8 類變遷類型，分別命名為穩定裸露地(stable bare soil)、穩定草原(stable grass)、穩定森林(stable forest)、穩定非森林(stable non-forest)、

恢復(regrowth)、退化(degradation)、次生演替(secondary succession)及新生干擾(new disturbance)等 8 類地景變遷類型；前 4 類本研究稱為穩定地景(stable landscape)，後 4 類則稱為非穩定地景(unstable landscape)。

表 1. 1990、2001 與 2013 年地景變遷類型

Table 1. Landscape change categories for 1990, 2001 and 2013

Landscape change categories	Description
Stable bare soil	Bare soil on all three dates
Stable grass	Grass on all three dates
Stable forest	Forest on all three dates
Stable non-forest	Non-forest on all three dates, but changed from bare soil to grass or vice versa
Regrowth	Non-forest in 1990 and forest in 2013 irrespective of 2001
Degradation	Forest in 1990 and non-forest in 2013 irrespective of 2001
Secondary succession	Forest in 1990 and 2013, but non-forest in 2001
New disturbance	Non-forest in 1990 and 2013, but forest in 2001
Non-forest=bare soil or grass	

(三) 變遷偵測

地景之結構往往與其生態功能之表現習習相關，因此，地景結構的量化常是研究地景變遷或評估地景功能的首要工作，依據地景生態學之觀點，本研究將重新歸類之地景變遷類型視為地景結構之最小單元「嵌塊體(patch)」，利用地景指標(landscape metrics)量化地景結構。「流域(river basin)」以山稜為界，是由多個不同結構、功能的生態系所組成，透過內部的水文循環與生態過程等機制，自成一個獨立

而完整的系統，適合作為生態研究的基本單元(Lotspeich 1980; 龐及陳 2007)，因此，本研究以流域範圍作為地景分析單元，將玉山國家公園切割為濁水溪、高屏溪及秀姑巒溪流域等 3 大區域，計算每一流域範圍內，每一嵌塊體大小(patch size, PS)、形狀指數(shape index, SI)及歐基里德最近相鄰度(euclidean nearest neighbor, ENN)等 3 種指標，所有指標皆使用套裝軟體 Fragstats 3.3 進行運算，演算公式如下(McGarigal and Marks 1995)：

$$PS = a_{ij} \left(\frac{1}{10,000} \right) \quad (2)$$

式中 a_{ij} 為 i 類 j 個嵌塊體面積(m²)， $PS > 0$ ，單位為 ha。

$$SI = \frac{0.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \quad (3)$$

式中 p_{ij} 為 i 類 j 個嵌塊體周長(m)， a_{ij} 為 i 類 j 個嵌塊體面積(m²)， $SI \geq 1$ ，無單位，當 SI 為 1 時，表示嵌塊體為正方形；值愈增加，代表愈呈現不規則狀態

$$ENN = h_{ij} \quad (4)$$

式中 $ENN > 0$ ， h_{ij} 為同一地景類型中，任一嵌塊體與相鄰嵌塊體的最近距離，單位為 m。

完成地景指標演算後，續以 SPSS 統計軟體進行單因子多變量變異數分析(multivariate analysis of variance, MANOVA)，藉以瞭解不同

流域範圍之地景變遷類型在結構上是否有顯著差異存在，當該變遷類型之 $p < 0.01$ 時，即表示在不同流域範圍間，3 種地景指標中至少有 1 種指標的平均數達到差異顯著性，反之則無。凡經 MANOVA 整體考驗，達到差異顯著性之地景變遷類型，則進一步進行 Tukey test 事後多重比較，以找出 3 個指標在不同流域範圍間的差異程度。

結 果

本研究衛星影像分類結果共產生 1990、2001 及 2013 年等 3 時期之地景類型圖，其中包含森林、草原與裸露地 3 種地景類型，表 2 為各期影像分類準確度評估結果，各時期之 OA 值均達 94% 以上，總體 kappa 統計值則達 0.85 以上，以各別地景類型而言，森林準確度最佳(PA 與 UA 皆高於 96%)，草原與裸露地較森林略低，PA 與 UA 分別介於 84~91% 及 85~91%，為分類誤差之主因

表 2. 1990、2001 與 2013 年影像分類後之準確度評估

Table 2. Accuracy assessment on the land cover maps from 1990, 2001 and 2013

Classified data	1990		2001		2013	
	PA	UA	PA	UA	PA	UA
Forest	96.96	97.42	97.19	96.74	97.85	97.62
Grass	87.30	85.94	84.13	84.13	91.04	87.14
Bare soil	88.14	86.67	86.67	89.66	85.94	91.67
OA		94.91		94.55		95.64
OK		0.86		0.85		0.89

UA: user's accuracy (%); PA: producer's accuracy (%); OA: overall accuracy (%); OK: overall kappa value.

依式 1 所列公式求算，本研究所產生之 3 種 3 期地景類型，其組合共有 27 種變化，圖 2 為依表 1 規則進行適當之重組與歸納的 8 種結果。整體而言，研究區絕大部分之地景類型均維持穩定不變，經計算面積後發現(表 3)，穩定地景的面積約占全區總面積之 92%，其中又

以「穩定森林」類型所占比例為最大(約 87%)，而「穩定裸露地」或「穩定草原」均不及 3%。非穩定地景部分，應是受到天然災害之擾動所造成，其中以「恢復」類型面積較大(近 4%)，「退化」類型次之(近 3%)，而「次生演替」及「新生干擾」則不及 1%。

表 3. 研究區內各地景變遷類型面積與百分比統計

Table 3. Area and proportions of landscape change categories within study area

	Landscape change categories	Area (ha)	Proportion (%)
Stable landscape	Stable bare soil	2,008.62	2.01
	Stable grass	2,551.05	2.55
	Stable forest	87,479.40	87.36
	Stable non-forest	100.44	0.10
	Regrowth	3,727.80	3.72
Unstable landscape	Degradation	2,868.84	2.86
	Secondary succession	976.41	0.98
	New disturbance	428.76	0.43

Non-forest=bare soil or grass

就非穩定地景之空間分布狀況而言，經套疊研究區內之海拔高(圖 1a)、水系與流域範圍(圖 1b)，結果顯示「恢復」與「次生演替」兩類型之分布多超過海拔 3,000 m 以上，並且位於「穩定森林」周邊居多，另秀姑巒河流域範圍內的溪流兩側發生率亦高，反之，濁水溪及

高屏河流域範圍則在遠離溪流 1.5 km 以上區域之發生率才較為明顯；「退化」與「新生干擾」類型多座落海拔 1,000 m 以下且距離溪流 300 m 以內之區域，尤以高屏河流域範圍分布最多。

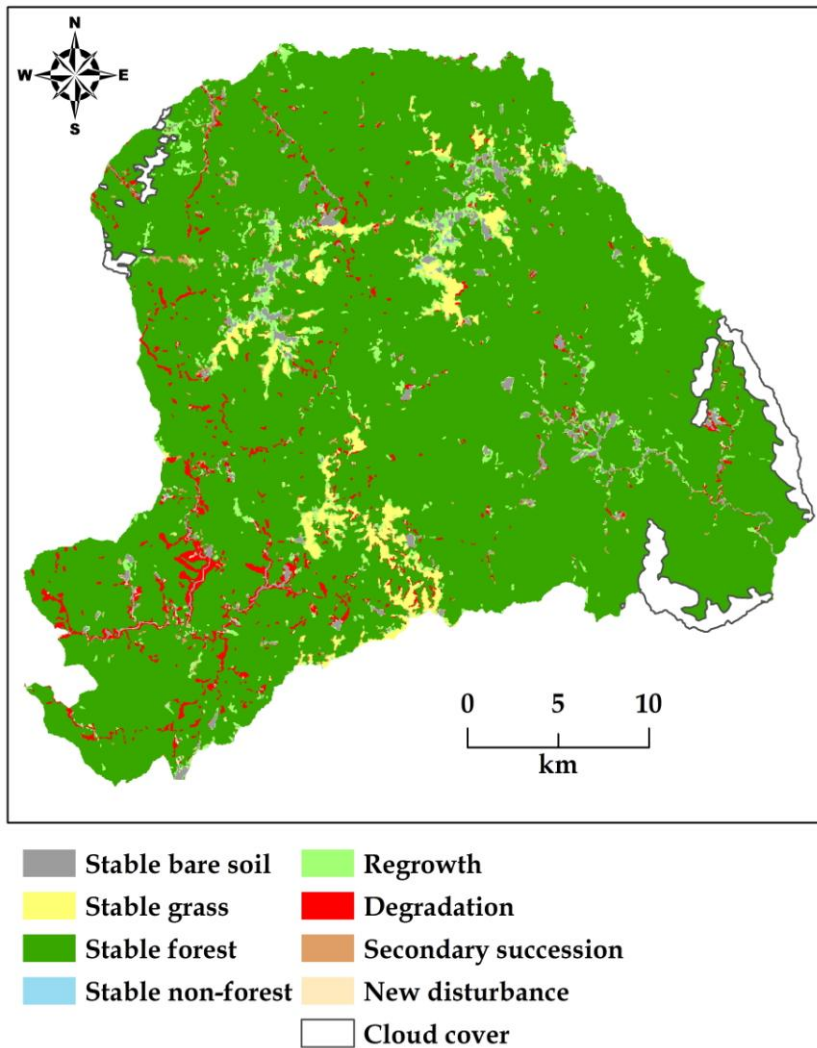


圖 2. 研究區 1990 年至 2013 年之地景動態變化。

Fig2. Distribution of landscape change categories from 1990 to 2013 across the park

本研究利用 PS、SI 及 ENN 等 3 種地景指標進行玉山國家公園內，3 大流域地景結構之量化，經由 MANOVA 分析所得之 Wilks' Λ 與 F 統計量，可觀察 3 大流域間地景結構是否有顯著差異性存在，Wilks' Λ 愈小或 F 統計量愈大，表示流域範圍間差異愈顯著。由表 4 考驗結果可知，屬於穩定地景的 4 種變遷類型，所

有地景指標皆無顯著性差異，即表示 3 個流域範圍之穩定地景保有相同穩定度。在非穩定地景中，「恢復」與「次生演替」類型未達顯著性差異，「退化」與「新生干擾」類型則達顯著性差異，兩者 Wilks' Λ 各別為 0.978 及 0.980，轉換為 F 統計量分別為 5.565 及 4.123，由此顯示，天然災害之擾動確實對玉山國家公

園區域內部分地景造成改變。

進一步將具差異顯著性之「退化」與「新生干擾」類型挑出，進行 Tukey test 事後多重比較，結果如表 5 所示，高屏河流域「退化」類型之 PS 與 SI 兩種指標，皆明顯大於濁水溪及秀姑巒溪，而 ENN 則無顯著差異，因此可發現，受天然災害擾動後，高屏河流域之地景退化情形最明顯，並出現許多大而不規則的非森林嵌塊體。就「新生干擾」類型來看，高屏

河流域的 PS 明顯大於濁水溪，秀姑巒溪與其他兩者則無顯著差異；SI 部分在各流域範圍之事後比較中，並無差異性存在；ENN 方面，高屏溪是明顯小於秀姑巒溪，濁水溪與其他兩者則無顯著差異，由此可知，較近期的天然災害仍以高屏河流域受到的影響較顯著，形成的非森林嵌塊體不僅面積較大，分散情況也較均勻。

表 4. 研究區內不同流域地景結構之單因子多變量變異數分析

Table 4. Multivariate analysis of variance of patch size, shape index and Euclidean nearest neighbor across Jhuoshuei, Gaoping and Siouguluan river basin

Change categories	Wilks' Λ	Multivariate F	p -Value
Stable bare soil	0.992	0.598	0.732
Stable grass	0.983	0.731	0.625
Stable forest	0.985	0.332	0.920
Stable non-forest	0.981	0.595	0.735
Regrowth	0.996	1.489	0.177
Degradation	0.978	5.565	0.000
Secondary succession	0.993	2.30	0.032
New disturbance	0.980	4.123	0.000

表 5. PS、SI、ENN 之 Tukey's 事後多重比較結果

Table 5. Post-hoc Tukey's tests at p -Value < 0.01 in patch size (PS), shape index (SI) and Euclidean nearest neighbor (ENN)

Change categories	River basin	PS	SI	ENN
Degradation	Jhuoshuei	1.36 ^a	1.32 ^a	205.75 ^a
	Gaoping	2.85 ^b	1.40 ^b	177.00 ^a
	Siouguluan	0.84 ^a	1.26 ^a	199.89 ^a
New disturbance	Jhuoshuei	0.29 ^a	1.17 ^a	216.78 ^{ab}
	Gaoping	0.38 ^b	1.19 ^a	181.80 ^a
	Siouguluan	0.34 ^{ab}	1.20 ^a	246.14 ^b

Within a column mean values followed by the same letter do not differ significantly

討 論

本研究之目的在於瞭解天然災害對玉山國家公園自然地景的影響，因此選用國家公園成立(1985年)後之衛星影像作為研究材料，經地景分類結果可知，1990、2001與2013年等3期Landsat影像，所分類之森林、草原與裸露地等3種地景類型，其生產者與使用者準確度均高於84%以上，總體準確度與kappa統計值分別達90%及0.85以上(表2)，已符合前人研究建議之影像分類標準(Thomlinson *et al.* 1999; Foody 2002)，並適於進行更深入的地景轉移及結構量化分析(Nagendra *et al.* 2008; Kuemmerle *et al.* 2009)。

研究區因受國家公園法及相關法令的規範與限制，許多資源利用與土地開發等人為干擾行為亦受到嚴格的管控(玉山國家公園管理處 2012)，且由黃及林(2014)的研究中也證實園區內人為干擾對地景變遷的影響並不顯著，在此前提之下，研究期間之地景變遷可歸因於天然災害干擾或自然演替的結果。依據表1完成重組與歸納之地景變遷類型分布圖(圖2)可發現，研究區在國家公園成立後，地景穩定度極高，即使在非穩定地景中，「恢復」及「次生演替」類型也占相當的比例(58.8%)，顯見在國家公園的庇護下，不僅可達到自然地景維持的效益外，就連遭受擾動過之森林地景亦具有良好的自我恢復能力。

從非穩定地景之空間分布來看，大致可發現其空間分配與海拔高及溪流距離具有相依性，其中「恢復」與「次生演替」兩類型地景中，以座落於3,000 m以上區位者居多，經由現場查核比對，應是玉山圓柏(*Juniperus Squamata*)或玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)，以及其他先驅性樹種入侵

定殖於緩坡或平坦之草原，並轉移為矮盤灌叢的結果，另一可推論原因為921地震形成高海拔崩場地之植生恢復(黃及林 2014)，且因災後未受影響之「穩定森林」，可供作為「恢復」與「次生演替」之散植體或繁殖體來源，因此，其恢復力以緊鄰「穩定森林」周邊區位較佳。

值得注意的是，「恢復」與「次生演替」類型之嵌塊體可沿著秀姑巒溪流域溪流兩側分布，然此情形卻少見於濁水溪及高屏溪流域，出現於濁水溪及高屏溪流域溪流兩側之變遷類型以「退化」與「新生干擾」類型為最多，回顧研究期間(1990~2013年)侵襲研究區之天然災害，推測其原因應係不同流域範圍遭受天然干擾之頻率與強度不同所致。從MONOVA分析結果亦可發現，天然干擾確實造成不同流域間「退化」與「新生干擾」類型的差異性(表4)，經由事後比較結果(表5)亦可得知，研究區中之「退化」與「新生干擾」類型皆以高屏溪流域最為顯著，不僅原有森林嵌塊體，被大而不一規則的非森林嵌塊體所取代，就連近十餘年恢復中的新生森林嵌塊體也再度遭到破壞，尤其以溪流兩側分布最為明顯，由此可見溪流兩側是極易受到天然災害影響的區位，而颱風則是造成溪流兩側地景變遷的主因(呂及何 2013)。另由相關研究亦可得知濁水溪及高屏溪流域受到颱風或地震等天然干擾之頻率及強度確實高於秀姑巒溪流域(周 2000；何及廖 2000；謝等 2010)，尤其近期發生的莫拉克颱風更是以高屏溪流域上游為主要降雨集中地，流域內地形陡峭、地質脆弱，再加上連續不斷的極端強降雨沖刷，以致於溪流兩旁產生許多大面積且不一規則之新增崩場地(謝等 2010；蔡等 2014)，且多數位處一般管制區內，往後若再遭擾動，則存在範圍擴增的可能性，為免影響遊憩安全，建議持續進行園區內崩塌

地長期監測，以做為坡地災害預警之參考。

整體而言，國家公園成立後，高屏河流域受天然災害的影響明顯大於其他兩流域，若以地景生態學的觀點論之，「退化」與「新生干擾」使原有的森林棲地喪失或縮減，可能導致生物多樣性的衰退(Turner 1996; Fahrig 2003; Echeverría *et al.* 2007)，而非森林嵌塊體的散布，也可能造成森林地景破碎化與邊緣效應(edge effect)的產生，進而改變其物理環境特性並降低生物族群間基因交換的機率(Andrén 1997; Baskent 1999)。然而，干擾對生態系而言，並非全然為負面影響，適當的擾動可促使物種多樣性的提升，是物種演化或演替階段的過程(Forman 1995; Nuttle *et al.* 2013)，至於現階段「退化」與「新生干擾」地景對生物多樣性的確切影響以及該兩類型地景往後的恢復程度，則有待未來長期的監測與研究。

引用文獻

- 玉山國家公園管理處。2012。玉山國家公園第三次通盤檢討計畫書。玉山國家公園管理處。
- 何立德、廖汝銘。2000。大鐵杉-塔塔加鞍部-玉山群峰地區之崩塌地初步調查。環境與世界 4: 93-103。
- 何立德。2009。地景多樣性與地景保育。科學發展 439: 22-29。
- 呂明倫、何健鎔。2013。烏石坑地區受天然災害引起之地景變遷分析。臺灣生物多樣性研究 15: 275-285。
- 呂明倫、鍾玉龍。2007。以 SPOT 衛星植生指標推估南仁山次生林之林分結構特徵。臺灣林業科學 22: 183-92。
- 周天穎。2000。玉山國家公園九二一震災及賀伯颱風災後環境變遷遙測分析研究計畫。玉山國家公園委託研究報告。66 頁。
- 林慶偉。2012。玉山國家公園園區地質監測及設施環境安全性整體評估規劃。玉山國家公園委託研究報告。119 頁。
- 陳添水。2006。桃芝與敏督利颱風對濁水溪植被面積變遷之影響-以濁水溪下游西濱至中沙大橋河段及清水溪南雲至龍門大橋河段為例。特有生物研究 8: 57-72。
- 黃靜宜、林文和。2014。應用遙測技術評估玉山國家公園之植生退化潛勢。臺灣生物多樣性研究 16: 379-391。
- 蔡光榮、陳穎慧、江介倫、陳怡睿、陳昆廷。2014。極端氣候變遷下高屏河流域水文與地文環境之變異性調查分析。中國鑛冶工程學會會刊 225: 45-61。
- 謝正倫、黃敏郎、蔡在宗、張維恕。2010。運用福衛二號影像進行莫拉克颱風崩塌地判釋。中華防災學刊 2: 35-42。
- 謝漢欽、鄭祈全。1995。福山地區 SPOT 多期影像植生綠度分析。林業試驗所研究報告季刊 10: 105-120。
- 龐元勳、陳右達。2007。結合「整合性流域管理」和「生態系統管理」觀念之永續性國土規劃：以頭前河流域為例。都市與計劃 34: 193-217。
- Andrén H. 1997. Habitat fragmentation and changes in biodiversity. *Ecological Bulletins* 46: 171-181.
- Antrop, M. 1998. Landscape change: Plan or chaos? *Landscape and Urban Planning* 41: 155-161.
- Baskent, E. Z. 1999. Controlling spatial structure of forested landscapes: a case study towards landscape management.

- Landscape Ecology 14: 83-97.
- Congalton, R. G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 37: 35-46.
- Congalton, R. G. and M. Story. 1986. Accuracy assessment: A user's perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 55: 1303-1309.
- Echeverría, C., A. C. Newton, A. Lara, J. M. R. Benayas and D. A. Coomes. 2007. Impacts of forest fragmentation on species composition and forest structure in the temperate landscape of southern Chile. *Global Ecology and Biogeography* 16: 426-439.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic* 34: 487-515.
- Foody, G. M. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment* 80: 185-201.
- Forman, R. T. T. 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Griffiths, G. S. and P. M. Mather. 2000. Remote sensing and landscape ecology: Landscape patterns and landscape change. *International Journal of Remote Sensing* 21: 2537-2539.
- Kuemmerle, T., D. Müller, P. Griffiths and M. Rusu. 2009. Land use change in Southern Romania after the collapse of socialism. *Regional Environmental Change* 9: 1-12.
- Lotspeich, F. B. 1980. Watershed as the basic ecosystem: This conceptual framework provides a basis for a natural classification system. *Water Resource Bulletin*. 16: 581-586.
- McGarigal, K. and B. J. Marks. 1995. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report PNW-GTR-351, Portland.
- Mondal, P. and J. Southworth. 2010. Protection vs. commercial management: Spatial and temporal analysis of land cover changes in the tropical forests of Central India. *Forest Ecology and Management* 259: 1009-1017.
- Nagendra, H., S. Pareeth, B. Sharma, C. M. Schweik and K. R. Adhikari. 2008. Forest fragmentation and regrowth in an institutional mosaic of community, government and private ownership in Nepal. *Landscape Ecology* 23: 41-54.
- Nuttle, T., A. A. Royo, M. B. Adams and W. P. Carson. 2013. Historic disturbance regimes promote tree diversity only under low browsing regimes in eastern deciduous forest. *Ecological Monographs* 83: 3-17.
- Petit, C., T. Scudder and E. Lambin. 2001. Quantifying processes of land-cover change by remote sensing: Resettlement and rapid land-cover changes in south-eastern Zambia. *International Journal of Remote Sensing* 22: 3435-3456.
- Pôças, I., M. Cunha and L. S. Pereira. 2011. Remote sensing based indicators of changes in a mountain rural landscape of Northeast Portugal. *Applied Geography* 31: 871-880.
- Russell, J. M. and D. Ward. 2014. Remote

- sensing provides a progressive record of vegetation change in northern KwaZulu-Natal, South Africa, from 1944 to 2005. *International Journal of Remote Sensing* 35: 904-926.
- Southworth, J., H. Nagendra, L. A. Carlson and C. Tucker. 2004. Assessing the impact of Celaque National Park on forest fragmentation in western Honduras. *Applied Geography* 24: 303-322.
- Thomlinson, J. R., P. V. Bolstad and W. B. Cohen. 1999. Coordinating methodologies for scaling landcover classifications from site-specific to global: steps towards validating global map products. *Remote Sensing of the Environment* 70: 16-28.
- Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33: 200-209.
- Warner, T. A. and X. Chen. 2001. Normalization of Landsat thermal imagery for the effects of solar heating and topography. *International Journal of Remote Sensing* 22: 773-788.
- Wasige, J. E., T. A. Groen, E. Smaling and V. Jetten. 2013. Monitoring basin-scale land cover changes in Kagera Basin of Lake Victoria using ancillary data and remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 21: 32-42.

台灣殼斗科植物多樣性與鄰近地區的關係及其在東亞地區的地理分布

Fagaceae Species of Taiwan Relates to That of Neighboring Regions and Their Distributions in East Asia

廖啟政* 陳怡加

Chi-Cheng Liao*, Yi-Jia Chen

中國文化大學生命科學系 11114 台北市士林區華岡路 55 號

Department of Life Science, Chinese Culture University

*通訊作者：hunter_yyl@yahoo.com.tw

Corresponding author: hunter_yyl@yahoo.com.tw

摘 要

本研究分析東亞地區殼斗科植物多樣性及台灣殼斗科植物在東亞地區的地理分布趨勢，探討中國西南地區作為植物在第四紀冰河時期的“避難所”，是否對於台灣植物多樣性的貢獻比東亞熱帶地區重要。本研究主要由 Global Biodiversity Information Facility (GBIF)、台灣植物誌及中國植物誌等收集資料，比對之後得到東亞地區殼斗科植物 8 屬 465 種。將東亞地區除了台灣以外分為 7 個地理區，結果發現，東亞地區以北緯 20~30 度之間的中國華南地區殼斗科物種多樣性最高，有 7 屬 285 種。值得注意的是，物種多樣性由亞熱帶地區往熱帶及溫帶地區下降。其它 5 個地理區，包括熱帶地區的中南半島、馬來群島、華中地區、東北亞及華北地區的物種多樣性皆較華南地區低，且華北及熱帶的新幾內亞分別只有 7 種及 12 種。台灣的殼斗科植物有 4 屬 46 種，除特有種 11 種外，與華南的共有種 33 種最多。且與熱帶的馬來群島及新幾內亞的共有種數相當低，分別只有 1 及 0 種。此外，台灣殼斗科物種的分布範圍，以涵蓋台灣到中國西南地區的物種最多。台灣殼斗科植物與中國西南方的相關性最高，可能是氣候及生態條件類似及陸橋連接所致；與熱帶地區的相關性低，則可能是殼斗科植物短距離傳播的特性及台灣與熱帶島嶼之間的海洋隔離所造成。

Abstract

The present study is a biogeographical distribution analysis of plant species in Taiwan and floristic relationships between Taiwan and neighboring areas in East Asia. Using Fagaceae species, we attempted to find out which area, tropical area or refuge in southwest China, is more important to the species richness of Taiwan. Floristic data were mainly downloaded from Global Biodiversity Information Facility (GBIF), and comparisons were made based on floristic checklists of GBIF and data from Flora of China and Flora of Taiwan. Consequently, eight genus and 465 species of Fagaceae were observed in East Asia. East Asia excluding Taiwan was divided into seven biogeographical areas to compare the differences of floristic compositions. Among the seven biogeographical areas, southern China between 20 and 30 °N latitude possessed the highest species richness of Fagaceae, with seven genus and 285 species observed. Surprisingly, species richness was not highest in tropical Asia but decreased from subtropical toward tropical and temperate areas. Species richness of the other five biogeographical areas, including Indochina (4 genus, 127 species), Malay Archipelago (3 genus, 53 species), central China (6 genus, 99 species), Northeast Asia (6 genus, 43 species) and northern China (2 genus, 7 species), was lower than that of southern China. New Guinea possessed the lowest species richness of Fagaceae in Southeast Asia with only three genus and 12 species observed. There are four genus and 46 species in Taiwan. Among them, 11 are endemic species. Similarity index was highest between Taiwan and southern China, and was lowest between Taiwan and tropical areas. In conclusion, Taiwan and southern China have the highest floristic relationships, and most of the Fagaceae species in Taiwan are distributed from Taiwan to southern China. Ecological similarity and land bridge between Taiwan and China were probably responsible for the close floristic relationship between these two areas, whereas dispersal characteristics of Fagaceae species were probably related to the low relationship between Taiwan and tropical areas.

關鍵詞：生物地理分布、東亞地區、殼斗科、物種多樣性、台灣

Keywords: Biogeographical distribution, East Asia, Fagaceae, Species richness, Taiwan

收件日期：2015 年 02 月 03 日 接受日期：2015 年 07 月 24 日

Received: February 3, 2015

Accepted: July 24, 2015

前 言

台灣島是由菲律賓海板塊推擠歐亞大陸板塊所形成的島嶼，約在距今 200 萬至 300 萬年前形成 3,000 至 4,000 公尺的高山 (Liew *et al.*, 2004; Teng, 1990; Teng, 2007)。在地質史的第四紀時期，全球溫度劇烈變化，冰期與間冰期交互出現，造成海平面上升或下降，以及海岸線的改變(Chen *et al.*, 2005; Hsieh *et al.*, 2006; Lambeck and Chappell, 2001; Liew and Hsieh, 2000; Wei, 2002)。冰期時，全球溫度降低，海平面下降，台灣與大陸之間有陸橋相連(Lin, 1963)，台灣地區的植物組成受到大陸地區植物相的影響，並且隨著第四紀的氣候變遷，重要的植物組成也隨著改變(Liew *et al.*, 2006a; Liew *et al.*, 2006b; Wei, 2002)。

台灣的維管束植物多樣性相當高，共有 235 科 419 屬 4339 種(Huang, 1996)。過去有許多台灣的植物學者致力於瞭解台灣植物多樣性的可能起源，並將台灣的植物多樣性與鄰近地區作比較(Chiang and Schaal, 2006; Feroz and Hagihara, 2008; 柳楨, 1968; 耿煊, 1956; 劉棠瑞 and 照屋全治, 1980; 劉業經 *et al.*, 1983)。近年來，越來越多的研究探討台灣植物多樣性與鄰近地區的關係，相關的研究指出台灣南端的植物組成與菲律賓較相近(Li and Keng, 1950)，台灣北部則與琉球及日本的植物組成較為相近(謝長富, 2005)，也有研究指出了中國西南地區與台灣之間有許多物種的間斷分布現象(叶建飞 *et al.*, 2012; 陈之端 *et al.*, 2012)。

在東亞地區，被子植物物種多樣性由低緯度往高緯度降低，呈現緯度梯度上的物種多樣性變異，這可能與東亞地區的歷史及生態因子有關(Guo *et al.*, 1998; Qian, 2002; Qian and

Ricklefs, 2000; Qian *et al.*, 2003a)，也可能與中國西南方的高物種多樣性有關。在地質史的第三紀時期，印度次大陸推擠歐亞大陸，形成了喜馬拉雅山脈，由於山脈的海拔非常高，地形非常複雜，因此提供了多樣化的生態環境，所以在第四紀冰期的時候，有許多的植物退縮到這個地區，形成生物的“避難所”(Guo *et al.*, 1998; Qian, 2002; Qian and Ricklefs, 2000; Qian and Ricklefs, 2004; Tiffney, 1985; Wen, 1999)。冰期過後，全球平均溫度升高，這些古老的植物或者是演化所產生的新種，由避難所往周圍地區傳播 (Qian, 2002; Qian *et al.*, 2003a)，形成了緯度梯度上的物種多樣性變化。已經有相關的研究證實“避難所”假說(Qian and Ricklefs, 2004; Qian *et al.*, 2005; Qian *et al.*, 2003a)。由於台灣的緯度與中國西南方的“避難所”緯度相近，因此，在冰期時，植物藉由陸橋傳播到台灣來的可能性非常高。

雖然過去有許多植物學者的研究，得以瞭解台灣植物多樣性與鄰近地區的相關性。然而，本研究希望能夠更深入的研究台灣植物多樣性在東亞地區的地理分布，探討台灣植物物種的可能來源，及台灣植物多樣性與中國西南方植物避難所的相關性。然而，台灣地區所有植物種類多樣性與鄰近地區的相關性，是歷史及生態等多種因素的影響。歷史因子如分類群的起源、過去地質史的分布範圍、第四紀冰期與間冰期交替、陸橋出現與消失等；而生態因子則包括現在的氣候、分類群喜好的生態環境、生活型、傳播方式等。植物多樣性又是不同譜系的複雜組合，有不同的歷史過程，也有不同的生活型、傳播方式及不同的喜好環境。使用台灣所有的植物來探討與鄰近地區的相關性，將顯得過於龐雜。因此，本研究嘗試利用被子植物的一個單系群—殼斗科，研究殼斗

科物種在東亞地區的分布趨勢，藉以探討台灣植物多樣性的可能來源。

使用同科物種做為研究材料的優勢在於他們是演化上的一個單位(Xiang *et al.*, 2004)，且相對而言，具有相近的生態特性(Donoghue, 2008)，減少了歷史及生態因子的複雜度。殼斗科物種是東亞地區闊葉林的重要組成分子(Fang and Yoda, 1991; Ohsawa, 1993)，也是台灣山地森林中的重要組成樹種(Chen, 1996; Hsieh *et al.*, 1997; Hsieh *et al.*, 1998; Liao *et al.*, 2013; Su, 1984)。殼斗科植物在東亞地區可以由熱帶分布到溫帶(Ohsawa, 1993)，在台灣的分佈可以由海平面到達海拔 2,500 公尺的山區(Huang, 1996; Liao *et al.*, 2013; Su, 1984)。多樣性高且緯度跨度及海拔跨度大，是適合研究植物多樣性及地理分布的材料。

本研究要釐清的問題包括：一、殼斗科物種在東亞地區的物種多樣性分布趨勢；二、台灣殼斗科物種與鄰近地區的相關性；三、台灣殼斗科物種受到中國西南方植物避難所的影響有多高？四、台灣殼斗科物種除了避難所以外，是否有可能由熱帶往北傳播到台灣島？由殼斗科物種的研究成果，可以進一步建立台灣植物多樣性來源的可能假說。

材料與方法

一、資料下載及整理

近年來，有越來越多的研究分析大尺度的物種多樣性分布趨勢，這方面的研究能夠進行，主要是因為網路的快速發展，有些網站累積大量的物種分布資料，例如全球生物多樣性資料庫(Global Biodiversity Information Facility, GBIF Data Portal, <http://www.gbif.org/>) 是一個免費的網站，提供大量的物種分布資料供學者

研究。有越來越多的學者利用 GBIF 網站的資料進行大尺度的研究(Beck *et al.*, 2014; Guralnick *et al.*, 2007; Hortal *et al.*, 2007; Ingwersen and Chavan, 2011)。本研究由此網站下載東亞地區的殼斗科植物分布資料，緯度及經度分別介於南緯 54 度到北緯 65 度及東經 78 度至 180 度之間。此網站所列此範圍的殼斗科植物共有 22,445 筆資料。由此網站下載的壓縮檔(*.rar)解壓縮成為 txt 檔，再以 excel 軟體打開後另存新檔，以利後續資料整理

自 GBIF 取得的原始資料有 65 個欄位，將不需要使用的欄位去除後剩下 30 個欄位。由此檔案製作第一次的殼斗科植物名錄，得到 11 屬 488 種。但檢視 488 筆學名資料，卻發現內容有許多錯誤。有資料輸入錯誤者，例如：學名相同但大小寫不同、相同學名但有命名者及缺乏命名者、字母拼錯、只有屬名而無種名、屬名與學名中間空兩格，或者是分類方面的問題，包括異名(synonym)等。因此，需要針對錯誤的學名進行修正。為了修正學名，將學名一一放入 GBIF 網站、國際植物學名索引(International Plant Name Index, IPNI)或 Tropicos 進行查詢，將學名輸入錯誤者校正，異名更正為正確學名。除此之外，本研究將分析的分類層級定為物種層級，故亞種或變種的資料改為種階層的資料。

距離台灣較遠的區域，包括俄羅斯、印度、澳洲及紐西蘭等地區，由於植物種類與台灣島的相關性較低，不列入本次分析，將其物種資料刪除。位於海上的錯誤位點也予以刪除。經過學名校正及資料處理後，剩餘 8 屬 293 種 19,558 筆分布資料。

由於台灣的植物多樣性與中國大陸地區的相關性相當高，為取得充分的資料，將中國植物誌(Flora of China, FOC)的文字資料，轉

化為資料表格，表格中的欄位包含科名、屬名、種名及生活型等資料，並建立中國每一省的植物名錄，瞭解每一物種在中國的分布趨勢。FOC 的資料經過轉換後，得到中國的殼斗科植物共 7 屬 279 種 (Chen *et al.*, 2011)。

由 GBIF 下載建立的台灣殼斗科物種名錄，與台灣植物誌第二版 (Flora of Taiwan, FOT) 第六冊及 FOC 所建立的台灣植物名錄，物種數目及使用的學名不盡相同。本研究將三個名錄進行比對，以 GBIF 的名錄為主，與 FOT 及 FOC 的名錄進行整併，並針對每一個分類群，列出不同的分類意見。GBIF 的資料是由

全球各研究機構上傳的資料，資料錯誤的情況難以避免，甚至可能出現 FOT 及 FOC 都沒有出現的物種，卻在 GBIF 的名錄中出現。有這種情況出現的時候，為了客觀維護資料的完整性，避免錯誤的增刪資料，本研究仍然將 GBIF 的學名予以保留，並且加註，以待後續更詳盡的科學證據及分類處理。

二、資料整合及分析

使用 DIVA-GIS 軟體(Hijmans *et al.*, 2001) 將殼斗科物種分布資料導入，製作殼斗科在東亞地區的物種分布圖 (圖 1)。

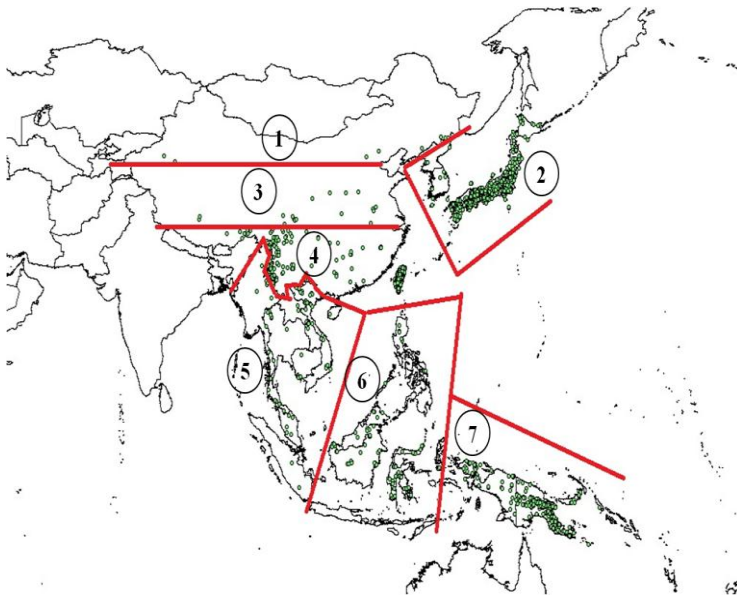


圖 1. 東亞 7 個地理分區及殼斗科物種分布圖。(1) 華北；(2) 東北亞；(3) 華中；(4) 華南；(5) 中南半島；(6) 馬來群島；(7) 新幾內亞。資料由 GBIF, Global Biodiversity Information Facility 取得)。

Fig. 1. The seven biogeographical areas in East Asia and species distribution of Fagaceae. (1) northern China; (2) Northeast Asia; (3) central China; (4) southern China; (5) Indochina; (6) Malay Archipelago; (7) New Guinea. (data obtained from GBIF, Global Biodiversity Information Facility).

爲了計算台灣島的殼斗科物種與鄰近地區的相關性，將台灣以外的東亞地區分成 7 個地理區（圖 1），各區域的名稱、緯度及涵蓋範圍如表 1。其中，東北亞地區的琉球群島，由於島嶼面積很小，故不列入分析。華北、華中及華南三個地區則是依據各省分中心點的緯

度進行分區(Qian *et al.*, 2003b)。台灣則是由於離島沒有資料位點，故只有本島的資料。海南島爲海島地形且與中南半島及海南群島的緯度相近，故列入東南亞地區。將 GBIF、FOT 及 FOC 取得的植物分布資料，依據表 1 的 8 個區域，製作各區名錄。

表 1. 東亞地理分區的名稱、代號，區域緯度及區域描述

Table 1. Name, abbreviation, latitude and ranges of Taiwan and other seven biogeographical areas in East Asia.

Biogeographical area and abbreviation	Latitude	Ranges of biogeographical area
台灣 (Taiwan)	22~25 °N	台灣本島
華北 (Northern China)	40~50 °N	黑龍江、吉林、遼寧、內蒙古、新疆
東北亞 (Northeastern Asia)	30~45 °N	包含日本及韓國地區，但不包含琉球群島
華中 (Central China)	30~40 °N	安徽、甘肅、河北、湖北、江蘇、寧夏、青海、陝西、山東、山西、西藏
華南 (Southern China)	21~30 °N	福建、廣東、廣西、貴州、湖南、江西、四川、雲南、浙江
中南半島 (Indochina)	6 °S~28°N	中南半島、海南島及蘇門答臘島
馬來群島 (Malay Archipelago)	10 °S~19 °N	婆羅洲、菲律賓群島、西里伯斯、蘇門答臘、加里曼丹島、蘇拉威西島及爪哇島
新幾內亞島 (New Guinea)	11 °S~10 °N	新幾內亞島

各區域的殼斗科植物名錄製作出來以後，將台灣的植物名錄與其他 7 區進行比對，得到兩個區域的所有共有種。再依據下列公式計算相似性指數(Similarity index, $SI=2C/(A+B)$ ，其中 A 及 B 爲兩個地理區所有的物種數，C 爲兩區的共同物種數。由相似性指數可以判斷台灣島與周圍鄰近地區的相關性。

結果

一、學名比對

雖然 FOT 中台灣的殼斗科原生植物有 6 屬 49 種，然而經過三個名錄比對的結果，則只有 4 屬 46 種。FOT 中的 3 個屬，在 GBIF 有不同的分類處理。FOT 中 *Cyclobalanopsis* 的種類，GBIF 處理爲 *Quercus* 屬；FOT 中屬於 *Pasania* 及 *Limlia* 的種類，GBIF 皆處理爲 *Lithocarpus* 屬。因此，GBIF 的名錄中，台灣的殼斗科植物只有 4 個屬。除此之外，GBIF 及 FOT 對於部分分類群也有不同的分類處理方式（表 2）

表 2.台灣殼斗科物種名錄及其在東亞地區的分布趨勢。台灣殼斗科物種以 GBIF 名錄為主，並參照臺灣植物誌(FOT, Flora of Taiwan)及中國植物誌(FOC, Flora of China)。

Table 2. Distribution patterns of Fagaceae species of Taiwan in East Asia. The checklist of Fagaceae species in Taiwan derived from the GBIF was compared with Flora of Taiwan (FOT) and Flora of China (FOC).

*Species list of Fagaceae in Taiwan (Derived from GBIF)	Only in Asia	Native or endemic in Taiwan	Distribution Type	Latitudinal ranges in Asia	Distribution areas in Asia
<i>Castanopsis carlesii</i> FOT: <i>Castanopsis cuspidata</i> FOC: <i>Castanopsis carlesii</i>	No	Native	II	20~31 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis cuspidata</i> FOT: same name FOC: absent	No	Native	III	22~37 °N	Taiwan, Japan
	註：FOT 將 <i>C. carlesii</i> 列為 <i>C. cuspidata</i> 的異名，GBIF 則兩個學名都是接受名，且有不同的地理分布範圍				
<i>Castanopsis eyrei</i>	No	Native	II	22~33 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis fabri</i>	Yes	Native	II	20~30 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis fabri</i> FOT: <i>Castanopsis kusanoi</i> FOC: absent	No	Native	IV	22~25 °N	Taiwan, China
	註：FOT 認為 <i>C. kusanoi</i> 是特有種，但是 GBIF 認為 <i>C. kusanoi</i> 是 <i>C. fabri</i> 的異名，FOC 則沒有該種的紀錄				
<i>Castanopsis fargesii</i>	Yes	Native	II	20~30 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis formosana</i> FOT: <i>Castanopsis formosana</i> FOC: <i>Castanopsis jucunda</i>	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis indica</i>	No	Native	IV	12~30 °N	Taiwan, China, SE Asia
<i>Castanopsis kawakamii</i>	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis purpurella</i> FOT: absent FOC: absent	Yes	--	II	20~30 °N	Taiwan, China
	註：FOT 及 FOC 都沒有該種的紀錄，但是 GBIF 有多個位點在台灣				
<i>Fagus hayatae</i>	Yes	Native	II	24~32 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus amygdalifolius</i>	Yes	Native	IV	22~25 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus areca</i> FOT: absent FOC: same name	Yes	--	IV	19~25 °N	Taiwan, China
	註：FOT 沒有該種的紀錄，FOC 有該學名出現但沒有分布到台灣，GBIF 有 1 個位點在台灣				
<i>Lithocarpus brevicaudatus</i> FOT: <i>Pasania hancei</i> FOC: <i>Lithocarpus brevicaudatus</i>	No	Native	II	22~30 °N	Taiwan, China
	註：在 FOT 中以 <i>P. hancei</i> 為接受名，GBIF 及 FOC 中， <i>L. brevicaudatus</i> 及 <i>L. hancei</i> 都是接受名				
<i>Lithocarpus corneus</i> FOT: <i>Pasania cornea</i> FOC: same name	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus dodonaeifolius</i> FOT: <i>Pasania dodoniifolia</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan

表 2. 台灣殼斗科物種名錄及其在東亞地區的分布趨勢。台灣殼斗科物種以 GBIF 名錄為主，並參照臺灣植物誌(FOT, Flora of Taiwan)及中國植物誌(FOC, Flora of China)。

Table 2. Distribution patterns of Fagaceae species of Taiwan in East Asia. The checklist of Fagaceae species in Taiwan derived from the GBIF was compared with Flora of Taiwan (FOT) and Flora of China (FOC).

*Species list of Fagaceae in Taiwan (Derived from GBIF)	Only in Asia	Native or endemic in Taiwan	Distribution Type	Latitudinal ranges in Asia	Distribution areas in Asia
FOC: same name					
<i>Lithocarpus elegans</i>	No	Native	V	35 °S~30 °N	Taiwan, China, SE Asia, Australia
FOT: absent	註：FOT 沒有該種的記錄，FOC 有該學名出現但沒有分布到台灣，GBIF				
FOC: <i>Lithocarpus grandifolius</i>	有 1 個位點在台灣且認為 <i>L. grandifolius</i> 及 <i>L. collettii</i> 為 <i>L. elegans</i> 的異				
<i>Lithocarpus collettii</i>	名				
<i>Lithocarpus formosanus</i>	Yes	Endemic	VI	20~25 °N	Taiwan
FOT: <i>Pasania formosana</i>					
<i>Lithocarpus glaber</i>	Yes	Native	I	22~36 °N	Taiwan, Japan, China
FOT: <i>Pasania glabra</i>					
FOC: <i>Lithocarpus glaber</i>					
<i>Lithocarpus hancei</i>	No	Native	II	20~35 °N	Taiwan, China
FOT: <i>Pasania hancei</i>					
FOC: same name					
<i>Lithocarpus harlandii</i>	No	Native	II	22~32 °N	Taiwan, China
FOT: <i>Pasania harlandii</i>					
<i>Pasania chiaratuangensis</i>	註：FOC 及 GBIF 認為 <i>P. chiaratuangensis</i> 為 <i>L. harlandii</i> 的異名				
FOC: same name					
<i>Lithocarpus howii</i>	Yes	Native	IV	18~25 °N	Taiwan, Hainan
FOT: absent	註：FOT 沒有該種的記錄，FOC 有該種出現但沒有分布到台灣，GBIF 有				
FOC: same name	1 個位點在台灣				
<i>Lithocarpus jenkinsii</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
FOT: absent	註：FOT 沒有該種的記錄，FOC 有該種出現但沒有分布到台灣，GBIF 有				
FOC: <i>Lithocarpus jenkinsii</i>	1 個位點在台灣				
<i>Lithocarpus kawakamii</i>	No	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
FOT: <i>Pasania kawakamii</i>					
FOC: same name					
<i>Lithocarpus konishii</i>	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, Hainan
FOT: <i>Pasania konishii</i>	註：FOT 處理為特有種，但 GBIF 及 FOC 認為海南島有該種分布				
FOC: same name					
<i>Lithocarpus lepidocarpus</i>	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, SE Asia
註：FOT 處理為特有種，GBIF 有一個位點在越南，FOC 則認為越南的物					
種可能是錯誤鑒定					

表 2. 台灣殼斗科物種名錄及其在東亞地區的分布趨勢。台灣殼斗科物種以 GBIF 名錄為主，並參照臺灣植物誌(FOT, Flora of Taiwan)及中國植物誌(FOC, Flora of China)。

Table 2. Distribution patterns of Fagaceae species of Taiwan in East Asia. The checklist of Fagaceae species in Taiwan derived from the GBIF was compared with Flora of Taiwan (FOT) and Flora of China (FOC).

*Species list of Fagaceae in Taiwan (Derived from GBIF)	Only in Asia	Native or endemic in Taiwan	Distribution Type	Latitudinal ranges in Asia	Distribution areas in Asia
<i>Lithocarpus litseifolius</i> FOT: <i>Pasania synbalanos</i> FOC: <i>Lithocarpus litseifolius</i>	Yes	Native	II	20~30 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus nantoensis</i> FOT: <i>Pasania nantoensis</i> FOC: <i>Lithocarpus nantoensis</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Lithocarpus shinsuiensis</i> FOT: <i>Pasania shinsuiensis</i> FOC: <i>Lithocarpus shinsuiensis</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Lithocarpus taitoensis</i> FOT: <i>Pasania taitoensis</i> FOC: <i>Lithocarpus taitoensis</i>	Yes	Native	IV	22~25 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus uraianus</i> FOT: <i>Limlia uraina</i> FOC: <i>Castanopsis uraiana</i>	Yes	Native	IV	22~25 °N	Taiwan, China
<i>Quercus championii</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis championii</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis championii</i>	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, Hainan, China
<i>Quercus gilva</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis gilva</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis gilva</i>	Yes	Native	I	21~36 °N	Taiwan, Japan, China
<i>Quercus glauca</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis glauca</i> <i>Cyclobalanopsis globosa</i> <i>Cyclobalanopsis repandifolia</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	No	Native	I	12~37 °N	Taiwan, Japan, China
<i>Quercus hypophaea</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis hypophaea</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis hypophaea</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Quercus longinux</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis longinux</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan

表 2. 台灣殼斗科物種名錄及其在東亞地區的分布趨勢。台灣殼斗科物種以 GBIF 名錄為主，並參照臺灣植物誌(FOT, Flora of Taiwan)及中國植物誌(FOC, Flora of China)。

Table 2. Distribution patterns of Fagaceae species of Taiwan in East Asia. The checklist of Fagaceae species in Taiwan derived from the GBIF was compared with Flora of Taiwan (FOT) and Flora of China (FOC).

*Species list of Fagaceae in Taiwan (Derived from GBIF)	Only in Asia	Native or endemic in Taiwan	Distribution Type	Latitudinal ranges in Asia	Distribution areas in Asia
FOC: <i>Cyclobalanopsis longinux</i>					
<i>Quercus morii</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis morii</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis morii</i>	No	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Quercus myrsinifolia</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i>	No	Native	I	20~37 °N	Taiwan, Japan
<i>Quercus pachyloma</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis pachyloma</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis pachyloma</i>	Yes	Native	IV	22~25 °N	Taiwan, China
<i>Quercus salicina</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis salicina</i> FOC: absent	No	Native	III	22~37 °N	Taiwan, Japan 註：FOC 認為台灣的 <i>C. salicina</i> 應該是 <i>C. stenophylloides</i> 的異名
<i>Quercus serrata</i> FOT: <i>Quercus glandulifera</i> FOC: <i>Quercus serrata</i>	No	Native	I	22~42 °N	Taiwan, Japan, China
<i>Quercus sessilifolia</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i>	No	Native	I	22~37 °N	Taiwan, Japan, China
<i>Quercus spinosa</i> FOT: same name <i>Quercus tatakaensis</i> FOC: <i>Quercus spinosa</i>	No	Native	II	22~35 °N	Taiwan, China
<i>Quercus stenophylloides</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan 註：FOT 及 FOC 都認為是特有種，但是 GBIF 有一個位點在中國大陸
<i>Quercus tarokoensis</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Quercus variabilis</i>	No	native	I	22~39 °N	Taiwan, Japan, China

*：只列出 GBIF 中的學名，代表台灣植物誌與中國植物誌有相同的學名

二、物種多樣分布趨勢

由所得的資料顯示，東亞的殼斗科植物共有 8 屬 465 種 20,664 筆資料，且物種多樣性並非在熱帶地區最高，而是由熱帶沿著緯度梯度

先增加，在亞熱帶地區物種多樣性達到最高，然後往高緯度地區，物種數目下降（表 3）。亞熱帶地區緯度介於 21 至 30 度的華南地區物種多樣性最高，共有 7 屬 285 種

表 3. 東亞各地理區的殼斗科物種多樣性，及台灣與鄰近地區的共有種數及相似性指數

Table 3. Species richness of Fagaceae in East Asia and the common species and similarity index between Taiwan and neighboring areas in East Asia.

Area	Genus	Species	Endemic species	Ratio of endemic	Common species	Similarity index
Taiwan	4	46	11	23.91%	--	--
Northern China	2	7	0	0.00%	6	18%
Northeastern Asia	6	43	22	51.16%	17	33%
Central China	6	99	13	13.13%	23	29%
Southern China	7	285	147	51.58%	36	21%
Indochina	4	127	48	37.80%	19	20%
Malay Archipelago	3	53	43	81.13%	1	2%
New Guinea	3	12	9	75.00%	0	0

東南亞地區殼斗科物種多樣性較高的地區是中南半島，中南半島的地理位置與華南地區相當近，但也只有 127 種。菲律賓及新幾內亞等海島地區，則殼斗科物種多樣性更低，分別只有 53 及 12 種。華中及東北亞地區的物種數也較華南為低。殼斗科物種多樣性最低的區域是華北地區，僅有 7 種，且沒有一種是特有種，代表華北地區的殼斗科種類皆為與華中、華南或東亞地區共有的物種。華北地區及東北亞地區，其面積遠大於台灣，然而殼斗科的物種多樣性卻比台灣島低。

值得注意的是，殼斗科物種多樣性在東亞地區有非常特殊的分布趨勢，一是亞熱帶地區的物種多樣性比熱帶及溫帶地區都高；另一個趨勢是大陸地區明顯比島嶼地區多樣性高，尤其是在日本、台灣、新幾內亞都是資料紀錄非

常豐富的地區，但是物種數皆比華南地區低。華南地區應該是殼斗科在東亞地區，生物多樣性最高的區域。

三、台灣殼斗科物種多樣性與鄰近地區的相關性

由相似性指數的計算結果，可以了解台灣島植物多樣性與鄰近地區關係。由表 3 的結果可以知道台灣與華南的共有種數最高，有 36 種。然而由於中國華南地區有高達 285 種殼斗科植物，因此相似性指數只有 0.21。中國華南地區的殼斗科物種數是東亞最高的地區，同時也是與台灣共有種最高的地區，台灣與熱帶地區的馬來半島及新幾內亞，共有種相當低，分別只有 1 種及 0 種，台灣島的殼斗科物種多樣性與熱帶地區的相關性非常低。

四、台灣殼斗科物種在東亞地區的分布趨勢

台灣的殼斗科物種，有 11 種特有種，只分布在台灣地區，將這些特有種的分布類型定為 Type VI。其他的 35 種，可以區分為 5 種分布類型（圖 2 及表 2）。Type I 分布在北緯 20 至 40 度之間，包括台灣、中國大陸及東北亞的日本地區；Type II 的分布範圍主要是在北緯 40 度以南，但是沒有在東北亞（亦即日本

地區）地區出現，且除了台灣以外，沒有在其他海島出現。Type III 的分布範圍只有侷限在台灣及日本。Type IV 則是分布在北緯 20 到 30 度之間，只有出現在台灣與中國大陸。台灣的殼斗科物種大部分分布在北緯 20 度以北，只有 1 種可以分布到熱帶的中南半島及馬來群島，因而將這 1 種歸類至 Type V。

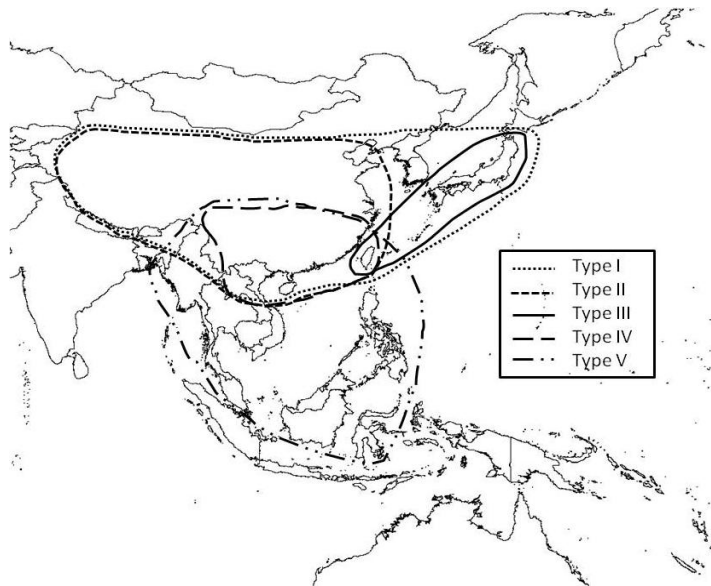


圖 2. 台灣 35 種殼斗科非特有種，在東亞地區的 5 種地理分布類型，台灣殼斗科特有種歸類為 Type VI。

Fig. 2. The five biogeographical distribution patterns of 35 non-endemic Fagaceae species of Taiwan.

Endemic species of Taiwan was

整體而言，台灣的殼斗科物種在東亞的 5 種分布類型中，除了 Type III 以外，有 4 種地理分布類型與中國西南方有關；且台灣的殼斗科物種，只有 1 種是台灣與熱帶島嶼的共有種，與東北亞的共有種數目也相當少。因此，可以說，台灣的殼斗科物種與大陸地區，尤其是中國的華南地區有密切的關係，與熱帶或溫帶島嶼的相關性，則相對較低。

討論

許多研究指出，熱帶地區的物種多樣性非常高，由熱帶沿着緯度梯度往高緯度地區，物種多樣性越來越低，形成了緯度梯度上的物種多樣性梯度變化(Gentry, 1988; Pianka, 1966)。有許多假說在解釋緯度梯度上的物種多樣性變化，其中之一是被子植物演化歷史的耐寒假

說(Zanne *et al.*, 2013)。此假說認為被子植物的祖先可能是生長在溫暖地區的木本植物，因此，被子植物多樣性最高的區域是在熱帶地區，並且在地質史的演化過程，物種由熱帶往溫帶地區擴散，形成了緯度梯度上的物種多樣性變化。殼斗科植物在溫帶地區的物種多樣性低，應該是大部分物種不能適應溫帶的低溫所致。

雖然有許多研究都證實了被子植物或維管束植物的物種多樣性與緯度成反比的趨勢，然而殼斗科物種多樣性在東亞地區卻不是由熱帶往溫帶遞減的趨勢，而是以亞熱帶地區的物種多樣性最高，往熱帶及溫帶地區遞減。熱帶地區的殼斗科物種多樣性較中國西南方為低，這種分布趨勢很少被報導。亞熱帶物種多樣性比熱帶高的分布趨勢，雖然其形成的因素可能包括各種歷史或生態因素，然而“避難所”有可能是東亞地區殼斗科物種多樣性分布趨勢的一種可能解釋。相較於中國西南地區的避難所假說，熱帶地區的殼斗科物種多樣性明顯較低，這種地理分布趨勢是否與殼斗科的生態特性有關？或是與殼斗科的起源有關？則有待更深入的研究才能夠釐清。

東亞熱帶地區的殼斗科物種，有許多僅出現於熱帶地區的島嶼，而未在東亞的其它地區出現。中國西南方的殼斗科特有種數固然相當高，但除了中國西南方以外，東亞地區的殼斗科物種有許多僅分布在熱帶地區的海島上。例如熱帶的馬來群島，特有種比例高達 81%。而新幾內亞雖然只有 12 種，但有 9 種沒有出現在東亞的其他地區，比例也高達 75%。這些物種在東亞地區都是侷限分布的種類。這種侷限分布的趨勢，可能與殼斗科物種的傳播方式有關。殼斗科的果實體積和重量較大，成熟後主要靠重力傳播，直接落在母樹下(鄭育斌,

2008)，或者由小型哺乳動物傳播。這幾種傳播方式的距離都很短，無法越過海洋等地理界線，可能是東亞各地區殼斗科特有種數偏高，及殼斗科物種侷限分布的重要原因。

台灣殼斗科物種多樣性與中國西南方的相關性高，可能是在冰河時期，台灣與大陸之間有陸橋連接，大陸地區的殼斗科物種可以透過陸橋傳播到台灣來，反應出了中國大陸西南方的“避難所”對於台灣殼斗科物種多樣性相當重要。相對的，台灣的殼斗科物種與熱帶地區的相關性低，一方面可能是東亞熱帶地區的殼斗科物種多樣性比亞熱帶低，另一方面則可能是台灣與熱帶島嶼之間的地理隔離所造成。熱帶地區的中南半島及菲律賓群島有部分物種與台灣相似，這兩個地區都是屬於以前的古大陸，即巽他古陸的一部分(Heaney, 1991; Voris, 2000; Wang *et al.*, 2009)。而位在澳洲北部的的新幾內亞，與台灣之間完全沒有相同的物種，除了地理隔離以外，殼斗科種子的特性、傳播距離短及無法依靠海流或鳥類傳播，可能也是造成物種組成差異的原因。

台灣是位在歐亞大陸邊緣的島嶼，植物多樣性受到歐亞大陸的影響。同時，台灣的地理位置位在全球兩大植物區系—古熱帶域及泛北極域的交界(Chao *et al.*, 2010; Takhtajan, 1986)，是植物在第四紀時南北遷移的過渡帶，第四紀冰期與間冰期交互出現，使得台灣的物種多樣性相當高。同時，中國西南區作為被子植物的“避難所”，又與台灣的緯度相當，相似的氣候及生態條件，也是台灣物種多樣性高的原因。綜合而言，台灣的物種多樣性可能有來自熱帶地區或中國西南方的避難所的物種，而由台灣殼斗科物種多樣性及物種組成分析的結果顯示，中國西南方的“避難所”極有可能是台灣殼斗科物種的重要來源，地質史上第四紀

冰期的歷史因素，對於台灣殼斗科的物種組成有相當高的重要性。

殼斗科物種是台灣森林中重要的樹種組成，研究東亞殼斗科物種多樣性的地理分布趨勢，及台灣殼斗科物種與鄰近地區物種組成的相關性，可以較為深入的解析台灣殼斗科物種多樣性的可能來源。同時，以被子植物單系群為一個單位，分析台灣物種多樣性與鄰近地區的相關性，將能夠更有效的釐清台灣被子植物多樣性的起源。

誌謝

作者誠摯感謝兩位審查者提供的所有建議，以及金恆鏞教授對於英文摘要的建議及修改。並感謝中國文化大學森林保育學系蘇夢淮副教授提供寶貴的意見。行政院農業委員會特有生物研究保育中心陳志輝副研究員提供分類及學名處理的建議。中國文化大學紡織工程學系翁郁婷同學、生命科學系張芸慈同學協助整理植物名錄資料。

引用文獻

- 鄭育斌。2008。橡實世界。科學發展月刊 425: 26-35。
- 謝長富。2005。臺灣維管束植物的物種多樣性。第三屆台灣植群多樣性研討會論文集 250-264。
- 叶建飞、陈之端、刘冰、覃海宁、杨永。2012。中国西南与台湾地区维管植物的间断分布格局及形成机制。生物多样性 20: 482-494。
- 陈之端、应俊生、路安民。2012。中国西南地区与台湾种子植物间断分布现象。植物学报 47: 551-570。
- 柳楮。1968。台灣植物群落分類之研究。Vol. 166。台灣省林業試驗所報告，台北。
- 耿煊。1956。植物分類及植物地理論叢：初集。國立台灣大學農學院實驗林。pp. 119。
- 劉棠瑞、照屋全治。1980。自木本植物觀點論琉球群島與臺灣之植物地理。臺灣省立博物館科學年刊 23: 1-66。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄、呂金誠。1983。金門植群之研究。中華林學季刊 16: 113-149。
- Beck, J., M. Böller, A. Erhardt, and W. Schwanghart. 2014. Spatial bias in the GBIF database and its effect on modeling species' geographic distributions. *Ecological Informatics* 19: 10-15.
- Chao, W.C., G.Z.M. Song, K.J. Chao, C.C. Liao, S.W. Fan, S.H. Wu, T.H. Hsieh, I.F. Sun, Y.L. Kuo, and C.F. Hsieh. 2010. Lowland rainforests in southern Taiwan and Lanyu, at the northern border of Paleotropics and under the influence of monsoon wind. *Plant Ecol* 210: 1-17.
- Chen, C.H. 1996. Forest vegetation analysis on the *Machilus-Castanopsis* zone of northwest Taiwan. Master thesis, Department of Forestry, National Taiwan University.
- Chen, T., X. Luo, H. Zhu, M. Charlotte, E. Friedrich, L. Henrik, F. Michele, P. Christian, Z. Wu, and P. Raven, 2011. *Rubiaceae*, 570, Vol. 19. Science Press: Beijing, China.
- Chen, W.S., S.H. Sung, L.C. Wu, H.D. Hsu, and H.C. Yang. 2005. Shoreline changes in the coastal plain of Taiwan since last Glacial

- Epoch. *Journal of Archaeology and Anthropology* 65: 40-55.
- Chiang, T.Y. and B.A. Schaal. 2006. Phylogeography of plants in Taiwan and the Ryukyu Archipelago. *Taxon* 55: 31-41.
- Donoghue, M.J. 2008. A phylogenetic perspective on the distribution of plant diversity. *PNAS* 105: 11549-11155.
- Fang, J.Y. and K. Yoda. 1991. Climate and vegetation in China V. Effects of climatic factors on the upper limit of distribution of evergreen broadleaf forest. *Ecol Res* 6: 113.
- Feroz, S.M. and A. Hagihara. 2008. Comparative studies on community ecology of two types of subtropical forests grown in silicate and limestone habitats in the northern part of Okinawa Island, Japan. *Taiwania* 53: 134-149.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann Missouri Bot Gard* 75: 1-34.
- Guo, Q., R.E. Ricklefs, and M.L. Cody. 1998. Vascular plant diversity in eastern Asia and North America: historical and ecological explanation. *Botanical Journal of the Linnean Society* 128: 123-136.
- Guralnick, R.P., A.W. Hill, and M. Lane. 2007. Towards a collaborative, global infrastructure for biodiversity assessment. *Ecol Lett* 10: 663-672.
- Heaney, L.R. 1991. A synopsis of climatic and vegetational change in Southeast Asia. *Climate Change* 19: 53-61.
- Hijmans, R., M. Cruz, E. Rojas, and L. Guarino. 2001. DIVA-GIS version 1.4: A geographic information system for the analysis of biodiversity data, manual.
- Hortal, J., J.M. Lobo, and A. JIMÉNEZ- VALVERDE. 2007. Limitations of Biodiversity Databases: Case Study on Seed-Plant Diversity in Tenerife, Canary Islands. *Conservation Biology* 21: 853-863.
- Hsieh, C.F., W.C. Chao, C.C. Liao, K.C. Yang, and T.H. Hsieh. 1997. Floristic composition of the evergreen broad-leaved forests of Taiwan. *Nat. Hist. Res.* 4: 1-16.
- Hsieh, C.F., Z.S. Chen, Y.M. Hsu, K.C. Yang, and T.H. Hsieh. 1998. Altitudinal zonation of evergreen broad-leaved forest on Mount Lopei, Taiwan. *J Veg Sci* 9: 201-212.
- Hsieh, M.L., T.H. Lai, L.C. Wu, and W.C. Lu. 2006. Eustatic sea-level change of 11 - 5 ka in western Taiwan, constrained by radiocarbon dates of core sediments. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences* 17: 353-370.
- Huang, J.C., 1996. Flora of Taiwan II. *In* C. F. Hsieh (ed.), *Introduction to the flora of Taiwan*, 1: geography, geology, climate and soils, 1-18, Vol. VI. National Taiwan University, Taipei.
- Ingwersen, P. and V. Chavan. 2011. Indicators for the Data Usage Index (DUI): an incentive for publishing primary biodiversity data through global information infrastructure. *BMC bioinformatics* 12: S3.
- Lambeck, K. and J. Chappell. 2001. Sea level change through the last glacial cycle. *Science* 292: 679-686.

- Li, H.-L. and H. Keng. 1950. Phytogeographical affinities of southern Taiwan. *Taiwania* 1.
- Liao, C.-C., M. Liu, M.-H. Su, and J.-C. Wang. 2013. Compression and overlap of unique vegetation system of subtropical mountain resembling tropical and temperate forests along elevation. *Journal of Forest Research*.
- Liew, P.M. and M.L. Hsieh. 2000. Late Holocene (2 ka) sea level, river discharge and climate interrelationship in the Taiwan region. *J Asian Earth Sci* 18: 499-505.
- Liew, P.M., M.L. Hsieh, and B.H. Shyu. 2004. An overview of coastal development in a Young Mountain Belt-Taiwan. *Quaternary International* 115-116: 39-45.
- Liew, P.M., S.Y. Huang, and C.M. Kuo. 2006a. Pollen stratigraphy, vegetation and environment of the last glacial and Holocene-A record from Taushe Basin, central Taiwan. *Quaternary International* 147: 16-33.
- Liew, P.M., C.Y. Lee, and C.M. Kuo. 2006b. Holocene thermal optimal and climatic variability of East Asian monsoon inferred from forest reconstruction of a subalpine pollen sequence, Taiwan. *Earth and Planetary Science Letters* 250: 595-605.
- Lin, C. 1963. Geology and ecology of Taiwan prehistory. *Asian Perspective* 7: 203-213.
- Ohsawa, M. 1993. Latitudinal pattern of mountain vegetation zonation in southern and eastern Asia. *J Veg Sci* 4: 13-18.
- Pianka, E.R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: review of concepts. *Am Nat* 100: 33-46.
- Qian, H. 2002. A comparison of the taxonomic richness of temperate plants in East Asia and North America. *Am J Bot* 89: 1818-1825.
- Qian, H. and R.E. Ricklefs. 2000. Large-scale processes and the Asian bias in species diversity of temperate plants. *Nature* 407: 180-182.
- Qian, H. and R.E. Ricklefs. 2004. Geographical distribution and ecological conservatism of disjunct genera of vascular plants in eastern Asia and eastern North America. *J Ecol* 92: 253-265.
- Qian, H., R.E. Ricklefs, and P.S. White. 2005. Beta diversity of angiosperms in temperate floras of eastern Asia and eastern North America. *Ecol Lett* 8: 15-22.
- Qian, H., J.S. Song, P. Krestov, Q. Guo, Z. Wu, X. Shen, and X. Guo. 2003a. Large-scale phytogeographical patterns in East Asia in relation to latitudinal and climatic gradients. *Journal of Biogeography* 30: 129-141.
- Qian, H., J.-S. Song, P. Krestov, Q. Guo, Z. Wu, X. Shen, and X. Guo. 2003b. Large-scale phytogeographical patterns in East Asia in relation to latitudinal and climatic gradients. *J Biogeogr* 30: 129-141.
- Su, H.J. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II) Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17: 57-73.
- Takhtajan, A. 1986. *Floristic regions of the world* University of California Press, California. pp.

- Teng, L.S. 1990. Geotectonic evolution of late Cenozoic arc-continent collision in Taiwan. *Tectonophysics* 183: 57-76.
- Teng, L.S. 2007. Quaternary tectonics of Taiwan. Special Publication of the Central Geological Survey (in Chinese) 18: 1-24.
- Tiffney, B.H. 1985. Perspectives on the origin of the floristic similarity between eastern Asia and eastern North America. *J Arnold Arboretum* 66: 73-94.
- Voris, H.K. 2000. Maps of Pleistocene sea levels in Southeast Asia: shorelines, river systems and time durations. *J Biogeogr* 27: 1153-1167.
- Wang, X., X. Sun, P. Wang, and K. Stattegger. 2009. Vegetation on the Sunda Shelf, South China Sea, during the Last Glacial Maximum. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 278: 88-97.
- Wei, K.Y. 2002. Environmental changes during the late Quaternary in Taiwan and adjacent seas: an overview of recent results of the past decade. *Western Pacific Earth Sciences* 2: 149-160.
- Wen, J. 1999. Evolution of Eastern Asian and Eastern North American disjunction distribution in flowering plants. *Annu Rev Ecol Syst* 30: 421-455.
- Xiang, Q.Y., W.H. Zhang, R.E. Ricklefs, H. Qian, Z.D. Chen, J. Wen, and J.L. Hua. 2004. Regional differences in rates of plant speciation and molecular evolution: a comparison between eastern Asia and eastern North America. *Evolution* 10: 2175-2184.
- Zanne, A.E., D.C. Tank, W.K. Cornwell, J.M. Eastman, S.A. Smith, R.G. FitzJohn, D.J. McGlenn, B.C. O'Meara, A.T. Moles, and P.B. Reich. 2013. Three keys to the radiation of angiosperms into freezing environments. *Nature* 506: 89-92.

阿里山山美村達娜伊谷地區蝴蝶多樣性之研究
Butterfly Diversity in Dana-iku Area, Alishan Mountain, in
Southern Taiwan

何健鎔^{1*} 陳寶樹² 劉中慧³ 劉淑芬⁴ 謝玲¹ 謝秋華⁵ 陳顯彰⁶ 何季耕⁷

Jen-Zon Ho^{1*}, Bao-Shu Chen², Zhong-Hui Liu³, Shu-Fen Liu⁴, Ling Hsieh⁵,
Qiu-Hua Hsieh⁵, Xian-Zhang Chen⁶, Ji-Geng Ho⁷

¹ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集鎮民生東路 1 號

² 逢甲大學 407 台中市西屯區文華路 100 號

³ 台中市永春國小 台中市南屯區永春東路 288 號

⁴ 台中市太平區太平國小 台中市北區太平路 74 號

⁵ 南投縣炎峰國小 54261 南投縣草屯鎮中興路 101 號

⁶ 南投縣愛蘭國小 54546 南投縣埔里鎮鐵山路 7 號

⁷ 國立屏東科技大學森林學系 912 屏東縣內埔鄉老埤村學府路 1 號

¹ Endemic Species Research Center, COA. Jiji, Nantou, Taiwan

² Feng Chia University No. 100, Wenhwa Rd., Seatwen, Taichung, Taiwan

³ Yongchun Elementary School No.288, Yongchun E. Rd., Nantun Dist., Taichung City 408, Taiwan

⁴ Taiping Elementary School No.74, Taiping Rd., North Dist., Taichung City 404, Taiwan

⁵ Yan Feng Elementary School No.101, Zhongxing Rd., Caotun Township, Nantou County 542, Taiwan

⁶ Ai Land Elementary School No.7, Tieshan Rd., Puli Township, Nantou County 545, Taiwan

⁷ National Pingtung University of Science and Technology Sec. 1, Keda Rd., Neipu Township, Pingtung County, Taiwan

*通訊作者: jenzonho@tesri.gov.tw

Corresponding author: jenzonho@tesri.gov.tw

摘 要

達娜伊谷地區在莫拉克風災後受創嚴重，昔日賞魚的棲地已無法繼續經營，為恢復當地之生態旅遊發展，擬開發新的生物資源，以供作未來社區特色之替代與景點之規劃應用。本研究之目的在於調查當地之蝴蝶資源，以作為將來規劃賞蝶的參考。調查路線於山美村產業道路及達娜伊谷地區共設置 6 條穿越線，自 2011 年 1 月至 12 月止，每月調查一次，共累記蝴蝶 5 科 147 種 6,148 隻次，分別為弄蝶科 23 種、鳳蝶科 17 種、粉蝶科 18 種、灰蝶科 26 種及蛺蝶科 63 種。其中 1 種珍貴稀有保育類及 7 種臺灣特有種。就種類數而言，以 10 月記錄到 96 種最多，9 月記錄到 89 種次之；就數量而言，以 11 月記錄到 782 隻次最多，3 月 714 隻次次之。就各物種數量而言，以沖繩小灰蝶數量最多，共記錄 662 隻次，紫蛇目蝶次之，共 395 隻次。由多樣性指數分布得知，當地蝴蝶生物多樣性之高低與蝴蝶物種數目呈正相關。就終年可見之成蝶而言，計有沖繩小灰蝶、臺灣黃蝶、黑點粉蝶、切翅單環蝶、枯葉蝶、琉球三線蝶、琉球紫蛺蝶、眼紋擬蛺蝶、紫蛇目蝶、黑樹蔭蝶及玉帶鳳蝶等 11 種。研究結果顯示，達娜伊谷地區雖鄰近中央山脈，但受到開發因素影響，以都會區出現之蝶種居多，然若能適當種植原生物種，營造蝴蝶棲地，吸引附近山區的蝴蝶前來，將是社區一大資源。本研究提出棲地之營造與經營管理之方針，並針對該區特性推廣具觀光潛力之特色蝶種，以供社區日後發展賞蝶生態旅遊之參考，期望提升阿里山國家風景區的國際形象及旅遊品質。

Abstract

Dana-iku area located in the Ali Mountain region in southern Taiwan was severely impacted by typhoon Morakot, and an eco-tourism area famous for its beautiful fish-watching habitats was destroyed. After eco-tourism recovery efforts, new biological resources were planned and developed in response to demands by the local community. The purposes of this project were to investigate the local butterfly fauna and provide suggestions on future butterfly-watching activities. Six transect lines were selected and setup along an industrial road in Shan Mei Village and Dana-iku. An inventory compiled monthly over an entire year from January to December 2011 showed a total of five families, 147 species and 6,148 individuals of butterfly. Recorded species include 23 Hesperidae species, 17 Papilionidae species, 18 species Pieridae, 26 Lycaenidae species and 63 Nymphalidae species. Among them, one was a rare species and seven were endemic. By species richness, October ranked the highest with 96 species, followed by September with 89 species recorded. By monthly abundance, November appeared to have the highest count of 782 individuals, followed by March with 714 individuals. During the studied year, *Zizeeria maha okinawana* was the most abundant species with 662 individuals recorded, followed by *Elymnias hypermnestra hainana* with 395 individuals recorded. By distribution of diversity, our index showed a positive correlation between local butterfly biodiversity and species richness. The 11 species occurred in the year were *Zizeeria maha okinawana*, *Eurema blanda arsakia*, *Leptosia nina niobe*, *Mycalesis zonata*, *Kallima*

inachus formosana, *Neptis hylas lulculenta*, *Junonia lemonias aenaria*, *Elymnias hypermnestra hainana*, *Melanitis phedima polishana*, and *Papilio polytes polytes*. The results show that although Dana-iku is close to the central mountains of Taiwan, local butterfly fauna was similar to that in metropolitan areas. Local community could be benefited from recovery action plans in which native host plants and nectar plants are planted as well as new habitats are established to attract more butterflies. In this study we propose a guideline on habitat development and open-air butterfly garden management. We also made a list of unique butterfly species that can help boost eco-tourism in the region, which can in turn enhance the image of Alishan National Scenic Area internationally.

關鍵字：蝴蝶資源、阿里山、達娜伊谷、生態社區、生態旅遊

Keywords: Butterfly resources, Ali Mountain, Dana-iku, Ecological community, Eco-tourism.

收件日期：2015 年 01 月 15 日

接受日期：2015 年 07 月 24 日

Received: January 15, 2015

Accepted: July 24, 2015

前 言

臺灣島位處季風盛行地區，天氣變化萬千；得天獨厚的地理位置加上特殊的地形變化，形成豐富的林相資源，徜徉蒼鬱森林間的生物物種也極具多樣化，據估計約有 15-20 萬種生物。因此早期在十六世紀葡萄牙航海家即稱讚臺灣為「福爾摩沙」的美譽(王 1987)。臺灣屬於島嶼地區，在長期與亞洲大陸隔絕下，特有種生物之種類也頗多，以蝴蝶為例，約有 400 種，其中特有種約佔十分之一(徐 2001)，且數量極多，因此素有「蝴蝶王國」之美譽。然在地質年代中，臺灣島屬於非常年輕的島嶼，僅有幾百萬年歷史，因位於板塊活動頻繁區域，因此大小地震經年不斷，加上每年夏秋之際易遭颱風侵襲，所夾帶之豪雨量極易造成山坡地沖刷導致山崩、土石流，也使得山

林地形樣貌不斷改變，造成生物物種組成產生變化。

在鄒族母語裡「達」的意思是忘記，「娜」的意思是難過、憂愁，「伊谷」的意思是地方(柯 2002)。在 1970 年代前，山美村由於位處交通不便的谷地環境，少有外人進出活動，但在阿里山公路開通後，大量的茶園、山葵種植，山坡地開發利用超限，同時，大量遊客湧入阿里山山區，使得當地生態受到嚴重威脅。為發展生態觀光，山美村民於 1989 年成立了「山美觀光發展委員會」，嚴格禁止以任何方式獵捕、破壞生態環境。隔年 10 月，在村民大會中取得各氏族、長老的同意，在各氏族將傳統魚場貢獻出來之下，通過達娜伊谷生態保育計畫，並訂下村民自制公約。1994 年為了提昇管理效率，將管理權移交由剛成立的「山美社區發展協會」，以社區型態來經營山美的觀光事

業。1995年2月達娜伊谷自然生態公園正式成立，並對外開放及收取費用，做為地方發展運作的基金(羅 2000；倪 2000；廖 2002)。

自1995年成立該公園至今已約16年，原為鄒族為發展觀光而進行生物資源管理與保育，針對鮎魚(*Onychostoma barbatula*)進行復育。1998年嘉義縣政府曾委託特有生物研究保育中心出版「魚鄉—達娜伊谷溪流動、植物資源解說手冊」，內文中曾述及當地蝴蝶記錄7科71種，另外為阿里山國家風景區管理處於2007年進行的調查案共記錄蝴蝶5科13亞科41種。由於調查的頻度之不同，因此當地之蝴蝶資源尚待補充與建立。

歷經九二一地震後10年，當地之生態與土地經休養生息後，恢復良好，卻再度遭受莫拉克颱風所帶來豪大雨量侵襲，使得南臺灣嚴重受創，鄰近中央山脈，依山傍水，風景秀麗之達娜伊谷自然生態園區也難逃被摧殘的命運，這個以保育鮎魚聞名國際且多年辛勤經營的園區損毀殆盡，使得社區自然資源頓時化為烏有，遊客量瞬間歸零，經濟來源頓失，居民再就業面臨窘境。為維持生計，當地原住民期望能繼續以維持生態環境的觀光遊憩經營模式，另覓社區自然資源，以吸引更多遊客共同關懷並維護這一塊土地。藉此了解社區蝴蝶資源及分布狀況，建立山美村蝴蝶基礎名錄，期能協助達娜伊谷居民針對園區內的蝶相做長期的研究與監測，以建立完整之蝴蝶名錄。並針對園區內蝴蝶資源提供管理與經營方法，推廣賞蝶生態活動，期能透過解說了解蝴蝶棲地維護之重要性，使得特色蝶種受到更好之保護，在合理的管理經營下，達永續經營之目標。

材料與方法

(一) 研究地區及環境特色描述

達娜伊谷位於嘉義縣阿里山鄉山美村東側，為河谷地形。在氣候方面，引述中央氣象局嘉義氣象站2011年之記錄資料做為參考(如表2)。其平均溫度為23.125°C，以8月份之平均溫度29°C最高，以1月份之平均溫度14.7°C最低，年降雨量為1021.7 mm。春季梅雨籠罩；夏季旺盛的西南氣流受到中央山脈的攔截，常有豐沛的降雨；夏秋之際則受颱風影響，雨量豐沛，主要降雨期為5-9月，以11月降雨量最高，為180.6 mm。冬季東北季風受到中央山脈阻隔影響，雨量較少。

本研究以山美村第六鄰的村落道路沿線及達娜伊谷部分步道為主，為了比較環境差異與蝴蝶種類分布之關係，茲將調查路線分為六條，分別進行蝴蝶資源調查(如圖1)。

1. 路線(1) 轉彎區: 約500 m。從彬彬露營區入口至達娜伊谷溪之產業道路，道路兩旁有久未利用的荒地，已有許多木本植物且雜草叢生，有大片平臺為賞螢區，而部分地區為農墾輪作區，曾種植樹豆、薑、玉米、芋頭、地瓜等作物。
2. 路線(2) 彬彬露營區: 約200 m。緊臨河道旁的河谷地，原開發為露營區。植被包括竹林、果樹、觀景植物及野生草本植物，多為陰暗區域。
3. 路線(3) 道路區: 約800 m，第六鄰汪媽媽家處至達彬彬露營區之鄉間產業道路，兩旁多為開墾的農地，多為陽光充足之區域。
4. 路線(4) 村落區: 約300 m。第六鄰村落，種植多種蝴蝶蜜源和寄主植物。
5. 路線(5) 達娜伊谷園區 A 段: 約500 m。從停車場往上右轉到一條登山步道。此處較少人為干擾，兩旁為次生林與竹林。
6. 路線(6) 達娜伊谷園區 B 段: 約500 m。沿賞

魚步道，到河谷邊。地勢較平緩，兩旁的植被為次生林。沿道兩旁種植景觀植物。

(二) 調查方式

自 2011 年 1 月至 12 月止，每月進行一次穿越線調查，每次調查 6 人次，分兩組進行，每組為 3 人。調查時間為上午 9:00 至 12:00，每條線調查時間約為 40 分鐘，記錄蝴蝶種類

及數量。調查方式為捕捉辨識法、目視法及拍照存證法。蝴蝶鑑定依據相關圖鑑為參考(白水 1960；濱野 1987；徐 1999, 2002, 2006；趙與方 2002；張 2000, 2005)。調查期間如遇易辨識之幼蟲也予以記錄，以瞭解在此區內有繁殖之物種。本文內之蝴蝶物種使用中文名，學名請參考本文之附錄說明

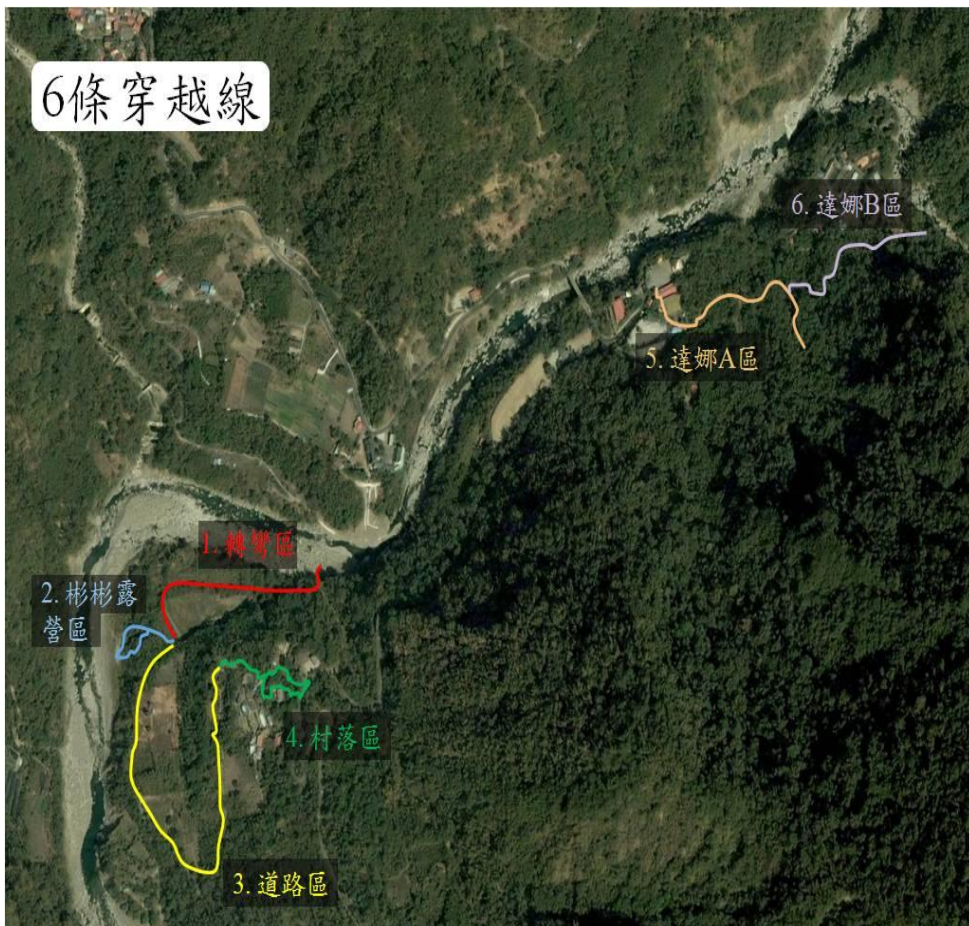


圖 1. 阿里山山美村設置 6 條蝴蝶穿越線調查路線。

Figure 1. Six transect lines were setup for monthly butterfly inventory survey in Shan Mei Village, Ali Mountain area.

(三) 生物多樣性指數之運用

本研究採納物種豐富度(species richness)及香農－韋納指數(Shannon-Wiener index)，探討瞭解阿里山山美村達娜伊谷地區蝶相月間變化。物種豐富度為一群聚中物種的數目(McIntosh 1967)，可用以得知蝶種在月間的變動模式。然而，高物種豐富度不代表高生物多樣性，生物多樣性的高低須同時考量物種數目及觀察個體分屬各個物種的比例是否均勻，越均勻代表生物多樣性越高。考量觀察個體分屬各個物種的比例，香農－韋納指數為常用之指數，是以訊息理論為基礎建構出之異質性無母數測量值(Margalef 1957, 1958)，且不論樣本數大或小均適用(van Dyke 2008)。香農－韋納指數的公式為：

$$H = - \sum_{i=1}^S (p_i) (\ln p_i) \quad (\text{Shannon 1948})$$

(四) 氣象因子資料之蒐集

其中，H 為香農－韋納指數之多樣性測量

值，S 為物種豐富度， p_i 代表屬於第 i 個物種之抽樣個體占總樣本數之比例， $\ln p_i$ 為 p_i 之自然對數。本研究調查結果以物種豐富度指數來觀察蝴蝶物種多寡於月間的變化，以香農－韋納指數觀察蝶相在月間的群聚組成。

結果與討論

(一) 達娜伊谷地區蝶相之組成

自 2011 年 1 月至 12 月調查期間，完成 12 次穿越線調查，記錄蝴蝶種類 5 科 147 種 6,148 隻次。以分科記錄而言，鳳蝶科 17 種 674 隻次、粉蝶科 18 種 1,037 隻次、蛺蝶科 63 種 2,439 隻次、小灰蝶科 26 種 1,734 隻次及弄蝶科 22 種 264 隻次，各科種類數與個體數百分比如表 1 所示(蝴蝶名錄如附錄 1)。其中台灣鳳蝶、琉璃紋鳳蝶、台灣綠蛺蝶、大波紋蛇目蝶、白條斑蔭蝶、渡氏烏小灰蝶、大黑星弄蝶及細帶黃斑弄蝶等 8 種為台灣特有種；黃裳鳳蝶則被列為保育類物種之一；屬稀有種之嘉義小蛇目蝶，雖然於 1908 年就被發表命名，然其生活史及寄主植物至今尚有文獻探討。

表 1. 阿里山山美村各科蝴蝶隻次與所占百分比(2011 年 1 月至 12 月)

Table 1. Percentage and abundance of each butterfly family in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

Family name	Species		Individuals	
	Number	%	Number	%
Papilionidae	17	11.565	674	10.965
Pieridae	18	12.245	1037	16.867
Nymphalidae	63	42.857	2439	39.671
Lycaenidae	26	17.687	1734	28.204
Hesperiidae	23	14.966	264	4.294
Total	147	100.00	6148	100.00

表 2. 中央氣象局嘉義氣象站 2011 年部分氣象統計資料

Table 2. Meteorological report in 2011 by the Central Weather Bureau Chiayi Station.

Items	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean
Temperature (°C)	14.7	16.9	18	22.7	25.6	28.7	28.7	29	27.5	24.8	23.1	17.8	23.125
Precipitation (mm)	25.7	19.9	49.7	4.6	150	148.5	175.1	112.8	109.5	25.8	180.6	19.5	1021.7*
Relative humidity (%)	80	81	77	74	80	76	76	75	77	80	83	78	78.08

*: Accumulation

(二) 各月份之氣象因子、蝴蝶種類及統計數量
當地的環境因子以中央氣象局嘉義測候站的資料，加以分析整理，詳如表2，供作基礎參考資料。蝴蝶各月份種類數暨隻次統計如表3。種類數以10月記錄到96種最多，9月記錄到89種次之，而最少之月份為12月份，僅33種。數量以11月記錄到782隻次最多，3月714隻次次之，而最少之月份為1月份，僅245隻。各物種數量最多前10名之優勢種依序為沖繩小灰蝶、紫蛇目蝶、琉璃波紋小灰蝶、黑點粉蝶、淡黃蝶、台灣黃蝶、切翅單環蝶、波紋小灰蝶、琉球三線蝶及白波紋小灰蝶。以上優勢蝶種豐盛之原因均與其寄主植物在調查區內分布有關，如沖繩小灰蝶之寄主植物為調查區內常見之黃花酢漿草(*Oxalis corniculata*)，該種植物因植株矮小，即使除草也較不易受太大影響，加上果實以彈力方式擴散繁殖，易成小群落分布，且成蝶飛行範圍幾乎會在寄主植物附近。較常在陰暗區域活動之紫蛇目蝶，其寄主植物為棕櫚科，在調查區內極為常見。黑點粉蝶飛行緩慢，也幾乎會在調查區內之寄主植物蔞菜(*Cardamine flexuosa*)及平伏莖白花菜(*Cleome ruidosperma*)附近飛舞。波紋小灰蝶幾乎也於本身所寄主之多種豆科植物附近出沒。調查區內之白波紋小灰蝶也常於寄主植物

之野薑花(*Hedychium coronarium*)、月桃(*Alpinia zerumber*)附近徘徊。琉球三線蝶活動範圍內也不難見到其寄主植物豆科山葛(*Pueraria montana*)及欒(*Zelkova serrata*)。切翅單環蝶之寄主植物為禾本科(*Gramineae*)，在調查區內分布也極為普遍。活動範圍較為廣泛之台灣黃蝶，調查區內也不難找到其寄主植物阿勃勒(*Cassia fistula*)。而喜愛在陽光下快速飛行之淡黃蝶，其寄主植物阿勃勒(*Cassia fistula*)、翼柄決明(*Senna alata*)等觀賞花木於調查區內亦有種植。優勢種中小灰蝶科就有4種，蛺蝶科有3種，粉蝶科有3種，其中小灰蝶科及蛺蝶科之種類均易受到寄主植物之分布影響，可見優勢種蝶種與其寄主植物之分布與否具有密切之關係。

就終年可見之成蝶，計有沖繩小灰蝶、臺灣黃蝶(*Eurema blanda arsakia*)、黑點粉蝶(*Leptosia nina niobe*)、切翅單環蝶(*Mycalesis zonata*)、枯葉蝶(*Kallima inachus formosana*)、琉球三線蝶(*Neptis hylas lulculenta*)、琉球紫蛺蝶(*Hypolimnas bolina kezia*)、眼紋擬蛺蝶(*Junonia lemonias aenaria*)、紫蛇目蝶、黑樹蔭蝶(*Melanitis phedima polishana*)及玉帶鳳蝶(*Papilio polytes polytes*)等11種。

表 3. 阿里山山美村各月份之蝴蝶種類數及數量(2011 年 1 月至 12 月)

Table 3. Species richness and butterfly count in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

科別	種名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總計	
灰蝶科	三星雙尾燕蝶					1	1	6	5	2	2			17	
	小白波紋小灰蝶	25	23	12	4	2	1	2			15	37	10	131	
	凹翅紫小灰蝶			1										1	
	臺灣琉璃小灰蝶	3	2	3		1		1	2	3	6	4		25	
	臺灣黑星小灰蝶				1					1	5	9	1	17	
	白尾小灰蝶											1		1	
	白波紋小灰蝶	1	3	4	2		6	17	19	17	28	39	13	149	
	白紋黑小灰蝶							1	1					2	
	沖繩小灰蝶	22	36	63	141	210	53	84	23	11	6	10	3	662	
	角紋小灰蝶	2	1	1							2	6	1	13	
	波紋小灰蝶	16	18	34	36	3	9	4		3	19	25	1	168	
	恆春小灰蝶				1				2	26	2	3	2	36	
	紅邊黃小灰蝶		1	4						2	4	4	4	19	
	埔里波紋小灰蝶								2					2	
	埔里琉璃小灰蝶		2										2	4	
	姬波紋小灰蝶			31	2		3	6	1	2	14	2		61	
	姬黑星小灰蝶	1	2	1					1		2	9	7	1	24
	琉璃波紋小灰蝶	5	17	6	1					1			71	190	291
	迷你小灰蝶	3	2			7		1			4	4	4	25	
	淡青長尾波紋小灰蝶		1								1		21	3	26
	棋石小灰蝶		11	13	3	4	8	2		1	1	6	1	50	
	渡氏烏小灰蝶							1							1
	紫燕蝶		1												1
達邦琉璃小灰蝶	1													1	
銀斑小灰蝶	1		1								2			4	
墾丁小灰蝶								3						3	
灰蝶科種類數合計		11	14	13	9	7	8	14	9	13	15	17	10	26	
灰蝶科數量合計		80	120	174	191	228	82	132	80	53	120	250	224	1734	
弄蝶科	大白紋弄蝶										1			1	
	大黑星弄蝶			1										1	
	臺灣單帶弄蝶	1		3	1	4			9	3	9	4	1	35	
	臺灣絨毛弄蝶												1	1	
	臺灣黃斑弄蝶			2		1	1		4	3	2	1		14	
	玉帶弄蝶			1		1	1		2	3	4			12	
	白弄蝶					2		1	1	2	2	1		9	
	尖翅褐弄蝶	1									1	1		3	
	竹紅弄蝶		1	2	1					2		2	2		10
	埔里紅弄蝶	2	1	1	1	4	3	25	4	5	2	2		48	
	姬單帶弄蝶										10	4		14	
	狹翅弄蝶			1	1					2					4

表 3. 阿里山山美村各月份之蝴蝶種類數及數量(2011 年 1 月至 12 月)

Table 3. Species richness and butterfly count in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

科別	種名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總計
	狹翅黃星弄蝶									1	1			2
	淡綠弄蝶	3	1	4		1			1	2		2		14
	黑弄蝶	2	2	4	2	2			4	2	7	14	3	42
	黑星弄蝶							2	5	5	6	3		21
	黑紋弄蝶			5					4	1	1	1		12
	達邦褐弄蝶			2	1		1	1				1		6
	褐弄蝶			1										1
	墨子黃斑弄蝶									1	1	2		4
	鐵色絨毛弄蝶			1		1					1	3	2	8
	鸞褐弄蝶					1	1							2
	香蕉弄蝶					1								
弄蝶科種類數合計		4	4	12	6	11	5	4	10	12	15	14	4	23
弄蝶科數量合計		7	6	27	7	15	8	7	57	29	53	41	7	264
粉蝶科	水青粉蝶											1		1
	臺灣粉蝶					1	2	3	11	2	2			21
	臺灣紋白蝶	17	54	40	11	3		2			1	3	2	133
	臺灣黃蝶	4	9	18	4	6	12	15	32	15	14	60	14	203
	星黃蝶										1			1
	紅肩粉蝶								3					3
	紅紋粉蝶	2	1	4	1	1		1	6	2				18
	紅點粉蝶			2										2
	紋白蝶	3	63	38	17	8		3					2	134
	淡色黃蝶			1		3			1		1	2		8
	淡紫粉蝶			9	2	3	1			2	2			19
	荷氏黃蝶		8	19	5	2		1	2		1	1	2	41
	斑粉蝶					1	2							3
	黑點粉蝶	41	28	13	4	1	2	5	8	23	32	45	18	220
	端紅蝶			1	2	2			3	2	3	3		16
	端黑黃蝶		1		1									2
	銀紋淡黃蝶		12	8		3	7	73	58	24	20	3		208
	雌白黃蝶						1	2	1					4
粉蝶科種類數合計		5	8	11	9	12	7	9	10	7	10	8	5	18
粉蝶科數量合計		67	176	153	47	34	27	105	125	70	77	118	38	1037
蛺蝶科	大波紋蛇目蝶			1	2	1			1					5
	小三線蝶	1	1		1	2			2		1			8
	小波紋蛇目蝶		7	19	6	5		8	6	6	11	12	1	81
	小青斑蝶		1		2	2						1		6
	小紋青斑蝶			13	5	1	5	6	8	5	8	8		59
	小蛇目蝶	1		1		4			1	1	2	3	3	16
	小紫斑蝶		2	6	3		2	13	29	47	36	7		145

表 3. 阿里山山美村各月份之蝴蝶種類數及數量(2011 年 1 月至 12 月)

Table 3. Species richness and butterfly count in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

科別	種名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總計
	切翅單環蝶	24	9	9	2	10	2	2	14	19	15	32	54	192
	孔雀青蛺蝶		1				1							2
	孔雀蛺蝶			5		2	1		1		1			10
	臺灣三線蝶		1	5	3		4	3	2	6	6	5		35
	臺灣小紫蛺蝶						2	5	1	1		1		10
	臺灣波紋蛇目蝶			22	21	13	11	12	18	2	14	14	5	132
	臺灣單帶蛺蝶	1		6			2	1	2	3	2	1		18
	臺灣黃斑蝶		3	2	2	1								8
	臺灣黑蔭蝶					1					1			2
	臺灣綠蛺蝶								1	1				2
	永澤黃斑蔭蝶			2	4	4	1	3	3	8	10	2		37
	玉帶黑蔭蝶	1		1							1		1	4
	玉帶蔭蝶									4	1		1	6
	白三線蝶	2	1	2		1		3		6	2	1		18
	白條斑蔭蝶				2			5		10	11			28
	白蛺蝶								1					1
	石牆蝶	8	6	14	2	4	3	12	3	6	11	12		81
	金三線蝶				1				1	3		1		6
	長鬚蝶		1								1			2
	青斑蝶									1				1
	枯葉蝶	1	1	5	5	3	10	20	11	11	7	5	1	80
	紅星斑蛺蝶							2				1		3
	紅蛺蝶									2	1			3
	紅擬豹斑蝶		1											1
	姬小紋青斑蝶	1	6	15	3	4	2	1	6	4	7	7		56
	姬蛇目蝶						1			1				2
	姬黃三線蝶		2	5	2		1	1	2	1	1	3		18
	泰雅三線蝶			2							1			3
	琉球三線蝶	7	11	22	10	18	13	7	12	9	25	23	5	162
	琉球青斑蝶		1						1		3			5
	琉球紫蛺蝶	1	3	5	8	6	1	10	11	9	13	12	2	81
	琉璃蛺蝶	1		2		1	1		5	4	2	2		18
	豹紋蝶			1	6	5	5	8	11	9	7	13		65
	淡紋青斑蝶			1		3	2	4	2	4	2	8		26
	眼紋擬蛺蝶	6	6	5	2	7	10	16	12	16	12	3	2	97
	細蝶							1	1	8	7			17
	單帶蛺蝶		1	6	1			3	4	1	6	3		25
	單環蝶			2	2	5	4	2	2	1	1	5		24
	斯氏紫斑蝶			1	4	1		2	3			1		12
	紫蛇目蝶	15	21	31	30	44	22	19	36	40	53	74	10	395

表 3. 阿里山山美村各月份之蝴蝶種類數及數量(2011 年 1 月至 12 月)

Table 3. Species richness and butterfly count in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

科別	種名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總計
	紫單帶蛺蝶									1				1
	黃三線蝶	2	8	15	4	4	2	4	4	2	6	4		55
	黃斑蛺蝶				1									1
	黃蛺蝶	3	5	4	3	1		1	3	1	3	4		28
	黑脈樺斑蝶								1	1	2	1		5
	黑樹蔭蝶	4	6	8	3	6	3	2	4	10	17	9	31	103
	黑擬蛺蝶	6	9	15	15	6	4	10	8	6	14	4		97
	圓翅紫斑蝶				2					1	3			6
	嘉義小蛇目蝶					1					1	1	1	4
	端紫斑蝶		2	3			2	3	2	8	10	15		45
	雌紅紫蛺蝶		2											2
	雌褐蔭蝶		3	4					1	1	1			10
	鳳眼方環蝶								1		3			4
	樺斑蝶	2	9	5	4	7	4	10	5	4	4	10		64
	樹蔭蝶					1								1
	環紋蝶							3	1	1				5
蛺蝶科種類數合計		19	29	36	32	32	28	33	42	43	45	36	13	63
蛺蝶科數量合計		87	130	265	161	174	121	202	243	285	346	308	117	2439
鳳蝶科	大紅紋鳳蝶		1	1					1	1				4
	大鳳蝶		3	1	7	4	3	7	14	7	14	14		74
	臺灣白紋鳳蝶			1		1		4	11	10	7	1		35
	臺灣鳳蝶			16	1		1			1				19
	臺灣麝香鳳蝶			1		1	1	1	1					5
	玉帶鳳蝶	1	6	7	3	10	1	6	14	13	16	11	1	89
	白紋鳳蝶			16		1		3	1		2	2		25
	青帶鳳蝶		3	15	7	3	8	26	32	15	15	5		129
	青斑鳳蝶		1				1	3	2	1				8
	紅紋鳳蝶	1	1	3	2	1	2	3	6	2	2	5		28
	烏鴉鳳蝶			1	1		3	1	1	2	4	1		14
	琉璃紋鳳蝶		1	8		1		1	4	2	1	4		22
	無尾白紋鳳蝶			1	4	3		2	19	14	6	1		50
	黃裳鳳蝶			7	2		2			1				12
	黑鳳蝶		1	13	4	6		4	17	7	13	11		76
	綠斑鳳蝶	2	11	4	2	4	3	9	6	13	18	10		82
	麝香鳳蝶		2											2
鳳蝶科種類數合計		3	10	15	10	11	10	13	14	14	11	11	1	17
鳳蝶科數量合計		4	30	95	33	35	25	70	129	89	98	65	1	674
各月種類數總計		42	65	87	66	73	58	73	85	89	96	86	33	147
各月數量總計		245	462	714	439	486	263	517	634	526	694	782	387	6149

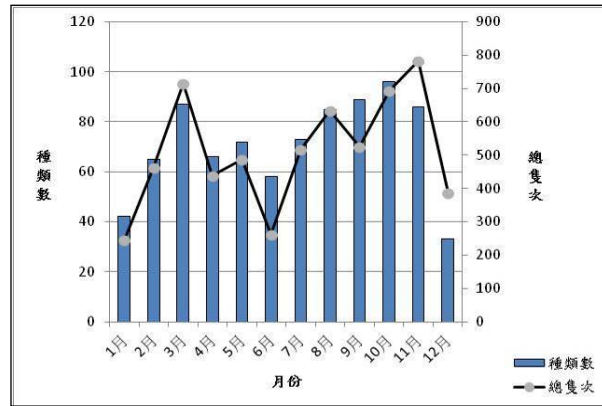


圖2. 阿里山山美村各月份之蝴蝶種類數量及總隻次(2011年1月至12月)

Figure 2. Species richness and monthly butterfly count in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

(三) 各路線蝴蝶種類及隻次統計

以分段記錄而言，由表4之調查結果顯示，種類數最多者為路線(5)達娜伊谷園區A段及路線(6)達娜伊谷園區B段，均為108種，其次為路線(3)道路區94種，最少者為路線(2)彬彬露營區僅有76種，遙遙不及其他路線；而數量最多者為路線(4)村落區1,181隻次，其次為路線(5)達娜伊谷園區A段1,134隻次，最少者為路線(2)彬彬露營區519隻次。路線(2)彬彬露營區在蝴蝶種類數及數量上最少，遙遙不及其他路線，其主要是因為該區大部分屬於陰暗區域，喜歡在陽光下活動之蝴蝶較少出現，且蜜源植物較少之緣故。路線(4)村落區因種植大量蜜源植物，吸引多數蝴蝶前往吸蜜，因此數量較為其他區域多，可見得若能適當種植蜜源及寄主植物，對於營造蝴蝶棲地將會有所助益。

由表5之調查結果得知，山美村6條調查路線中，前5名之優勢蝶種，鳳蝶科有1種、粉蝶科有4種、蛺蝶科有6種、小灰蝶科有5種，而弄蝶科並沒有在前5名之種類。其中沖繩小灰蝶及紫蛇目蝶兩種蝴蝶，分別記錄到5次。以各調查路線出現較多之前3名優勢種蝶種而言，路線(1)轉彎區較優勢之蝶種分別為琉璃

波紋小灰蝶213隻次、沖繩小灰蝶117隻次、波紋小灰蝶77隻次，其主要原因在於鄒族居民在此區大量種植此3種蝴蝶幼蟲之寄主植物樹豆，此外，亦有黃野百合生長，因此無形中提供灰蝶科蝴蝶幼蟲棲息及繁殖之環境。路線(2)彬彬露營區因陰暗區域較多，其他科之蝶種分布較少，故較優勢之蝶種偏向於蛇目蝶類，分別為紫蛇目蝶66隻次、切翅單環蝶37隻次、台灣黃蝶32隻次。路線(3)道路區沿途較多荒廢地，自生性植物生長較為旺盛，較優勢之蝶種分別為沖繩小灰蝶298隻次、黑點粉蝶80隻次、紫蛇目蝶73隻次。路線(4)村落區種植較多的蜜源植物，尤其是腺葉澤蘭(*Eupatorium amabile*)及高士佛澤蘭(*Eupatorium tashiroi*)，較優勢之蝶種分別為小紫斑蝶110隻次、淡黃蝶90隻次、沖繩小灰蝶68隻次。路線(5)達娜伊谷園區A段，種植較多之棕櫚科植物，且步道兩旁有較多禾本科植物，較優勢之蝶種分別為紫蛇目蝶84隻次、沖繩小灰蝶67隻次、切翅單環蝶61隻次。路線(6)達娜伊谷園區B段，因種植較多棕櫚科植物，且大部分屬於陰暗區域，較優勢之蝶種分別為沖繩小灰蝶103隻次、紫蛇目蝶86隻次、切翅單環蝶62隻次。

表4. 阿里山山美村各穿越線調查之蝴蝶種類數及隻次(2011年1月至12月)

Table 4. Butterfly species richness and monthly count at each transect line in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

Family	Species	Line (1) 轉彎區	line (2) 彬彬 露營區	line (3) 道路區	line (4) 村落區	line (5) 達娜伊谷園 區 A 段	line (6) 達娜伊谷園 區 B 段	Total
灰蝶科	三星雙尾燕蝶	2	1		1	7	6	17
	小白波紋小灰蝶	14	4	46	9	15	43	131
	凹翅紫小灰蝶					1		1
	臺灣琉璃小灰蝶	2	5	2	6	4	6	25
	臺灣黑星小灰蝶	5	1	2		2	7	17
	白尾小灰蝶				1			1
	白波紋小灰蝶	17	24	10	20	24	54	149
	白紋黑小灰蝶				1		1	2
	沖繩小灰蝶	117	9	298	68	67	103	662
	角紋小灰蝶			1	6	1	5	13
	波紋小灰蝶	77	2	62	16	7	4	168
	恆春小灰蝶	3	2	3	21	5	2	36
	紅邊黃小灰蝶			1		6	12	19
	埔里波紋小灰蝶					2		2
	埔里琉璃小灰蝶		1	3				4
	姬波紋小灰蝶	6	4	11	1	24	15	61
	姬黑星小灰蝶	1	2	2		16	3	24
	琉璃波紋小灰蝶	213	9	23	21	12	13	291
	迷你小灰蝶			1	24			25
	淡青長尾波紋小 灰蝶	21	1		3	1		26
	棋石小灰蝶		11		2	30	7	50
	渡氏烏小灰蝶					1		1
	紫燕蝶					1		1
	達邦琉璃小灰蝶	1						1
	銀斑小灰蝶					4		4
	墾丁小灰蝶				1		2	3
灰蝶科種類數合計		13	14	14	16	20	16	26
灰蝶科數量合計		479	76	465	201	230	283	1734
弄蝶科	大白紋弄蝶		1					1
	大黑星弄蝶	1						1
	臺灣單帶弄蝶	8		9	11	6	1	35
	臺灣絨毛弄蝶			1				1
	臺灣黃斑弄蝶	5	2	3	1	1	2	14
	玉帶弄蝶	2		3	3	3	1	12
	白弄蝶	1	2	2		1	3	9

表4. 阿里山山美村各穿越線調查之蝴蝶種類數及隻次(2011年1月至12月)

Table 4. Butterfly species richness and monthly count at each transect line in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

Family	Species	Line (1) 轉彎區	line (2) 彬彬 露營區	line (3) 道路區	line (4) 村落區	line (5) 達娜伊谷園 區 A 段	line (6) 達娜伊谷園 區 B 段	Total
	尖翅褐弄蝶	1		1			1	3
	竹紅弄蝶	5		1	1	2	1	10
	埔里紅弄蝶	3	2	4	26	6	7	48
	姬單帶弄蝶	3		1	8	1	1	14
	狹翅弄蝶	1				2	1	4
	狹翅黃星弄蝶		1		1			2
	淡綠弄蝶	5	3	1	4		1	14
	黑弄蝶		2	3	7	16	14	42
	黑星弄蝶	1	1	5		11	3	21
	黑紋弄蝶	1		2	4	2	3	12
	達邦褐弄蝶					5	1	6
	褐弄蝶		1					1
	墨子黃斑弄蝶	3				1		4
	鐵色絨毛弄蝶	1		3		1	3	8
	鸞褐弄蝶				1	1		2
	香蕉弄蝶				1			1
弄蝶科種類數合計		15	9	14	12	15	15	23
弄蝶科數量合計		41	15	39	67	59	43	264
粉蝶科	水青粉蝶			1				1
	臺灣粉蝶	2	2	1	11	2	3	21
	臺灣紋白蝶	56	8	36	6	11	16	133
	臺灣黃蝶	51	32	31	28	22	39	203
	星黃蝶		1					1
	紅肩粉蝶			1	1		1	3
	紅紋粉蝶	2	1	3	11	1		18
	紅點粉蝶	1					1	2
	紋白蝶	60	11	25	26	12		134
	淡色黃蝶					4	4	8
	淡紫粉蝶	1		2	1	9	6	19
	荷氏黃蝶	5	3	9	4	12	8	41
	斑粉蝶				1	1	1	3
	黑點粉蝶	19	16	80	53	24	28	220
	端紅蝶	1		3	11	1		16
	端黑黃蝶			1			1	2
	銀紋淡黃蝶	23	9	24	90	19	43	208
	雌白黃蝶						4	4

表4. 阿里山山美村各穿越線調查之蝴蝶種類數及隻次(2011年1月至12月)

Table 4. Butterfly species richness and monthly count at each transect line in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

Family	Species	Line (1) 轉彎區	line (2) 彬彬 露營區	line (3) 道路區	line (4) 村落區	line (5) 達娜伊谷園 區 A 段	line (6) 達娜伊谷園 區 B 段	Total
粉蝶科種類數合計		11	9	13	12	12	13	18
粉蝶科數量合計		221	83	217	243	118	155	1037
蛺蝶科	大波紋蛇目蝶		1			4		5
	小三線蝶		2	1		2	3	8
	小波紋蛇目蝶	2	11	6	11	41	10	81
	小青斑蝶				1	1	4	6
	小紋青斑蝶	8		4	20	20	7	59
	小蛇目蝶	2	4		2	4	4	16
	小紫斑蝶	13	1	8	110	9	4	145
	切翅單環蝶	12	37	7	13	61	62	192
	孔雀青蛺蝶	2						2
	孔雀蛺蝶	10						10
	臺灣三線蝶	6	1	7	5	7	9	33
	臺灣小紫蛺蝶	1		2		3	4	10
	臺灣波紋蛇目蝶	25	15	12	13	46	21	132
	臺灣單帶蛺蝶			2	5	6	5	18
	臺灣黃斑蝶	1		2		2	3	8
	臺灣黑蔭蝶				1	1		2
	臺灣綠蛺蝶						2	2
	永澤黃斑蔭蝶	3	12	6	4	9	3	37
	玉帶黑蔭蝶				2		2	4
	玉帶蔭蝶	1	2			1	2	6
	白三線蝶	2	2	7	5	1	1	18
	白條斑蔭蝶		3	3	4	7	11	28
	白蛺蝶					1		1
	石牆蝶	7	2	8	11	40	13	81
	金三線蝶					5	1	6
	長鬚蝶			1			1	2
	青斑蝶						1	1
	枯葉蝶	6	13	1	7	27	26	80
	紅星斑蛺蝶	2					1	3
	紅蛺蝶					2	1	3
	紅擬豹斑蝶	1						1
	姬小紋青斑蝶	7	4	7	13	16	9	56
	姬蛇目蝶					1	1	2
	姬黃三線蝶				1	8	9	18

表4. 阿里山山美村各穿越線調查之蝴蝶種類數及隻次(2011年1月至12月)

Table 4. Butterfly species richness and monthly count at each transect line in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

Family	Species	Line (1) 轉彎區	line (2) 彬彬 露營區	line (3) 道路區	line (4) 村落區	line (5) 達娜伊谷園 區 A 段	line (6) 達娜伊谷園 區 B 段	Total
	泰雅三線蝶					2	1	3
	琉球三線蝶	30	6	23	23	44	36	162
	琉球青斑蝶				4	1		5
	琉球紫蛺蝶	22	25	19	8	4	3	81
	琉璃蛺蝶	1	6	3		4	4	18
	豹紋蝶	9	9	4	11	16	16	65
	淡紋青斑蝶	3		3	20			26
	眼紋擬蛺蝶	7	12	8	37	19	14	97
	細蝶	2	1	3	1	6	4	17
	單帶蛺蝶	1	2	3	1	13	5	25
	單環蝶	1		2	1	10	10	24
	斯氏紫斑蝶	2		1	7	2		12
	紫蛇目蝶	57	66	73	29	84	86	395
	紫單帶蛺蝶						1	1
	黃三線蝶	6	3	3	2	22	19	55
	黃斑蛺蝶	1						1
	黃蛺蝶	20	1	3	1	1	2	28
	黑脈樺斑蝶	1		1	2		1	5
	黑樹蔭蝶	6	19	3	6	37	32	103
	黑擬蛺蝶	3	16	9	14	20	35	97
	圓翅紫斑蝶	1			3	2		6
	嘉義小蛇目蝶					1	3	4
	端紫斑蝶	13	2	2	16	3	9	45
	雌紅紫蛺蝶				2			2
	雌褐蔭蝶	1	2			5	2	10
	鳳眼方環蝶				1	3		4
	樺斑蝶	6	8	5	37	2	6	64
	樹蔭蝶		1					1
	環紋蝶	1	1	1			2	5
	蛺蝶科種類數合計	41	32	36	39	48	49	63
	蛺蝶科數量合計	305	290	253	454	626	511	2439
鳳蝶科	大紅紋鳳蝶		1		2		1	4
	大鳳蝶	4	8	4	15	13	30	74
	臺灣白紋鳳蝶				8	13	14	35
	臺灣鳳蝶			4	4	5	6	19
	臺灣麝香鳳蝶				2	1	2	5

表4. 阿里山山美村各穿越線調查之蝴蝶種類數及隻次(2011年1月至12月)

Table 4. Butterfly species richness and monthly count at each transect line in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

Family	Species	Line (1) 轉彎區	line (2) 彬彬 露營區	line (3) 道路區	line (4) 村落區	line (5) 達娜伊谷園 區 A 段	line (6) 達娜伊谷園 區 B 段	Total
	玉帶鳳蝶	6	9	17	38	10	9	89
	白紋鳳蝶	2		5	5	7	6	25
	青帶鳳蝶	25	15	20	25	22	22	129
	青斑鳳蝶			2	5		1	8
	紅紋鳳蝶	5	1	4	15	2	1	28
	烏鴉鳳蝶	1	2	6	3	1	1	14
	琉璃紋鳳蝶	1	1	2	3	4	11	22
	無尾白紋鳳蝶	5	8	10	8	8	11	50
	黃裳鳳蝶		1	2	9			12
	黑鳳蝶	10	6	15	22	11	12	76
	綠斑鳳蝶	4	2	16	52	4	4	82
	麝香鳳蝶		1	1				2
鳳蝶科種類數合計		10	12	14	16	13	15	17
鳳蝶科數量合計		63	55	108	216	101	131	674
各路線種類數合計		90	76	91	95	108	108	147
各路線數量合計		1109	519	1082	1182	1134	1123	6149

表5. 阿里山山美村各路線之前5名優勢蝶種種類及隻次(2011年1月至12月)

Table 5. Top five dominant species and monthly butterfly count at each transect line in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

排序	路線(1) 轉彎區		路線(2) 彬彬露營區		路線(3) 道路區		路線(4) 村落區		路線(5) 達娜伊谷園區 A 段		路線(6) 達娜伊谷園區 B 段	
	中文名	數量	中文名	數量	中文名	數量	中文名	數量	中文名	數量	中文名	數量
1	琉璃波紋小灰蝶	213	紫蛇目蝶	66	沖繩小灰蝶	298	小紫斑蝶	110	紫蛇目蝶	84	沖繩小灰蝶	103
2	沖繩小灰蝶	117	切翅單環蝶	37	黑點粉蝶	80	銀紋淡黃蝶	90	切翅單環蝶	61	銀紋淡黃蝶	43
3	波紋小灰蝶	77	台灣黃蝶	32	紫蛇目蝶	73	沖繩小灰蝶	68	沖繩小灰蝶	67	紫蛇目蝶	86
4	紋白蝶	60	琉球紫蛺蝶	25	波紋小灰蝶	62	黑點粉蝶	53	台灣波紋蛇目蝶	46	切翅單環蝶	62
5	紫蛇目蝶	57	白波紋小灰蝶	24	小白波紋小灰蝶	46	綠斑鳳蝶	52	琉球三線蝶	44	白波紋小灰蝶	54

(四) 生物多樣性指數

生物多樣性指數結果顯示，物種豐富度與香農－韋納指數的分布模式相似，最大值均出現在10月而最小值在12月，且於3月及10月達兩次較明顯之數值高峰。相異點出現在5月，在考量個體分布比例時，香農－韋納指數之數值從3至5月持續下降、隨後緩緩上升至10月；若僅考量物種數目(物種豐富度)，數值雖在3月下降但隨即於4月上升，其後再下降至6月後同樣持續上升至10月(圖3)。運用多樣性指數觀察月間蝴蝶群聚組成變化須盡可能符合下列假設前提，包括對該地區蝶種數目已有相當程度之瞭解，以及調查頻度足以確保每隻觀察到的蝴蝶個體在族群中之抽樣機率相同(曹等2013)。本研究自2011年1月至12月，每月進行一次穿越線調查，為期一年的調查時間是否已將當地所有蝶種予以記錄？調查時間和頻度是否足夠？持續監測或增加調查頻度、比較年間差異，應有助於瞭解當地蝶相的實際組成。

本研究調查結果指出物種豐富度指數與香農－韋納指數有相似的分布模式，顯示每個月觀察到之蝴蝶個體分布於各物種的比例相近(即某物種僅觀察到少數個體的情形鮮少發生)，當地蝴蝶物種數目略可代表其生物多樣性。

(五) 寄主植物記錄

就調查期間，所記錄到蝴蝶曾產卵或已有幼蟲之寄主植物，含人工栽培及自生者共有 14 科 27 種，利用調查區內植物之蝴蝶種類共 5 科 28 種，其中鳳蝶科 7 種，粉蝶科 3 種，蛺蝶科 10 種，小灰蝶科 5 種，弄蝶科 3 種，如表 6。

(六) 氣象因子資料之蒐集

將下載之資料，攜回研究室分析與統計結果，山美村達娜伊谷地區之日均溫、最高均溫、最低均溫、平均濕度、最高濕度、最低濕度及降雨量詳如附錄 2。第六鄰巴雅依氣象因子調查結果詳如附錄 3。這是完整的環境因子資料，可以供作今後棲地保育之參考與應用。

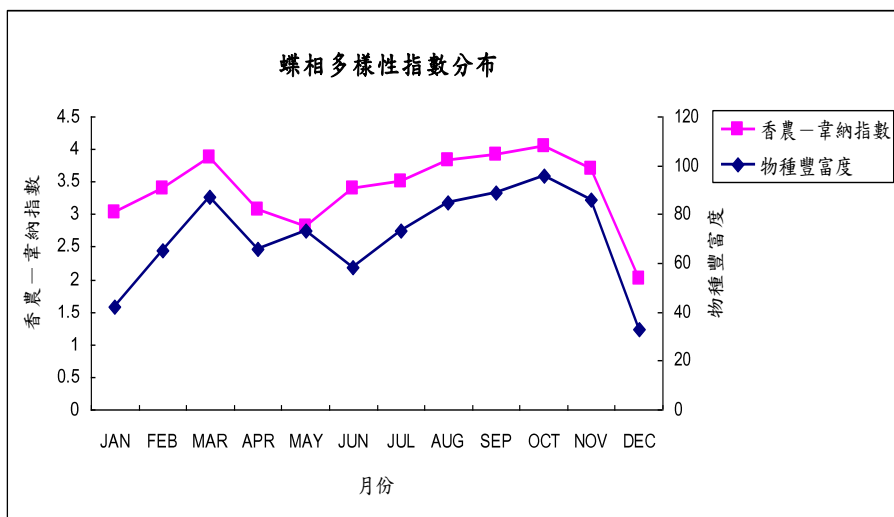


圖3. 阿里山山美村各月份蝴蝶香農－韋納指數及物種豐富度分布(2011年1月至12月)。

Figure 3. Shannon-Wiener index and butterfly species richness in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

表 6. 阿里山山美村各路線記錄之蝴蝶寄主植物(2011 年 1 月至 12 月)

Table 6. Butterfly host plants at each transect line in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

Common name	Scientific name	line (1) 轉彎區	line (2) 彬彬 露營區	line (3) 道路區	line (4) 村落區	line (5) 達娜伊谷 園區 A 段	line (6) 達娜伊谷 園區 B 段
芸香科	Rutaceae						
飛龍掌血	<i>Toddalia asiatica</i>				玉帶鳳蝶		
柚子	<i>Citrus grandis</i>				大鳳蝶		
柑橘類	<i>Citrus reticulata</i>				黑鳳蝶		
食茱萸	<i>Fagara ailanthoides</i>			烏鴉鳳蝶			
豆科	Leguminosae= Fabaceae						
菜豆	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.			小白波紋 小灰蝶			
阿勃勒	<i>Cassia fistula</i> L.						淡黃蝶
黃野百合	<i>Crotalaria pallida</i>	波紋小灰蝶					
番蝴蝶	<i>Caesalpinia gilliesii</i>				荷氏黃蝶		
薯蕷科	Dioscoreaceae						
恆春薯蕷	<i>Dioscorea doryphora</i>			玉帶弄蝶			
禾本科	Gramineae=Poaceae						
五節芒	<i>Miscanthus floridulus</i>		黑樹蔭蝶				
大黍	<i>Panicum maximum</i>						切翅單環蝶
桂竹	<i>Phyllostachys makinoi</i>			雌褐蔭蝶		玉帶蔭蝶. 鳳眼方環 蝶.白條斑 蔭蝶	
芭蕉科	Musaceae						
香蕉	<i>Musa sapientum</i>			香蕉弄蝶	香蕉弄蝶		
桑科	Moraceae						
烏榕	<i>Ficus virgata</i>				石牆蝶	石牆蝶	
薜荔	<i>Ficus pumila</i>				石牆蝶		
蕁麻科	Urticaceae						
水麻	<i>Debregeasia orientalis</i>					細蝶	
樟科	Lauraceae						
香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>				青帶鳳蝶		

表 6. 阿里山山美村各路線記錄之蝴蝶寄主植物(2011 年 1 月至 12 月)

Table 6. Butterfly host plants at each transect line in Shan Mei Village, Ali Mountain area, from January to December, 2011.

Common name	Scientific name	line (1) 轉彎區	line (2) 彬彬 露營區	line (3) 道路區	line (4) 村落區	line (5) 達娜伊谷 園區 A 段	line (6) 達娜伊谷 園區 B 段
大葉楠	<i>Machilus japonica</i>		青帶鳳蝶	青帶鳳蝶			
榆科	Ulmaceae						
石朴	<i>Celtis formosana</i>			豹紋蝶	豹紋蝶	豹紋蝶	
胡椒科	Piperaceae						
荖藤	<i>Piper betle</i>						綠斑鳳蝶
夾竹桃科	Apocynaceae						
華他卡藤	<i>Dregea volubilis</i>					淡紋青斑蝶	
馬兜鈴科	Aristolochiaceae						
港口馬兜鈴	<i>Aristolochia zollingeriana</i>					黃裳鳳蝶	
白花菜科	Capparaceae						
平伏莖白花菜	<i>Cleome rutidosperma</i>			黑點粉蝶			
酢漿草科	Oxalidaceae						
黃花酢漿草	<i>Oxalis corniculata</i>	沖繩小灰蝶					
薔薇科	Rosaceae						
薄瓣懸鉤子	<i>Rubus piptopetalus</i>			白弄蝶			
玫瑰花	<i>Rosa hybrida</i>					台灣琉璃小 灰蝶	

結 論

本次調查六條路線蝶相組成略有差異，除寄主、蜜源植物的分布影響外，初步觀察與人為干擾程度有所關連，舉例而言，紫蛇目蝶、紋白蝶、波紋小灰蝶、琉璃波紋小灰蝶、沖繩小灰蝶...等蝶種，明顯因農墾環境或栽培作物而受益成為優勢種，至於受干擾程度有待進一步研究。經營管理上，因此區環境為農墾與自然林木混雜，建議可選定目標蝶種用人工栽種食草植物以吸引並擴大族群。另外緣邊可設置

腐果區誘引，增加觀察機會，但要特別注意解說教育，避免遊客對誘引的蝶進行干擾與捕捉行為。步道兩旁的蜜源有可加強的空間，以增加聚蝶效果，但由於地處山林，建議以原生種為宜，並建立春夏秋冬四季的蜜源，亦可藉此宣導環境教育。

山美村進行調查之初期，研究人員曾建議及協助山美村第 6 鄰種植蜜源植物，以便吸引附近蝴蝶，未來可規劃一處戶外蝴蝶生態園，雖該區海拔在 500 m 以下，然因近中央山脈，居於地利之便，經 12 次蝴蝶調查共記錄到 146

種，其中 1 種保育類及 8 種台灣特有種。從調查之蝴蝶資源中，除了特有種及保育類外，另選擇體型較大、外表亮麗，且較易吸引他人目光之蝶種，做為具觀光潛力之特色蝶種。依序為鳳蝶科之綠斑鳳蝶；粉蝶科之紅肩粉蝶、紅紋粉蝶；蛺蝶科之石牆蝶、枯葉蝶、紫蛇目蝶；小灰蝶科之角紋小灰蝶、棋石小灰蝶。期望社區居民針對特色蝶種做深入之生態觀察及研究，以增加解說素材。並能製作解說圖卡，完整介紹生活史及特性，促使社區能朝向賞蝶生態旅遊發展之目標前進。

此次調查記錄之種類雖甚多，然之前曾記錄之寬青帶鳳蝶、江崎黃蝶、姬雙尾蝶、樺蛺蝶、三線蝶、台灣小波紋蛇目蝶、台灣棋石小灰蝶及小紋褐弄蝶等 8 種，於此次調查中均未記錄到(彭仁傑，1998)。因此建議當地之鄒族居民可以針對園區內一些蝶況較佳之區域，進行長期調查與監測，並除此之外，以嘉義為命名之嘉義小蛇目蝶，為 7 種眉眼蝶中體型最大、數量也最稀少，嘉義山區為其分布地點之一，且其生活史至今尚未知曉，若能透過當地居民實地探究並予以觀察記錄，對於社區發展將更具意義。

非調查時間也於鄰近地區發現局部分佈的稀有種霧社燕小灰蝶 (*Everes argiades hellotia*) 有穩定族群之分布，倘若能適當保留葎草 (*Humulus scandens*) 繁殖區域，盡可能維護特殊蝶種之棲息環境，將有利於未來學術界之觀察研究。除此之外，適時規劃出版當地蝴蝶解說專書，做為輔助原住民發展賞蝶生態旅遊之方針，使原住民精神生活品質足以提升，達到寓教於樂的目的。

誌 謝

本年度調查能順利完成，感謝山美村社區發展協會提供各項調查工作行政事務之協助，以及楊詩韻、高命道、朱凱文與莊信然等友人協助提供美食，同時也感謝阿里山國家風景區管理處提供之協助。

參考文獻

- Google- 台灣全圖 <http://maps.google.com.tw/maps?hl=zh-TW&tab=ll>
- 王鑫。1987。台灣特殊地理景觀。行政院文化建設委員會出版。台北市。
- 中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/>
- 白水隆。1960。原色台灣蝶類大圖鑑。日本保育社出版。
- 阿里山國家風景區管理處。2007。圓潭生態資源解說資源調查報告書
- 柯金源。2002。山美-達娜伊谷的傳奇。P11。
- 倪超倫。2000。花蓮縣秀林鄉銅門村野生動物管理制度之研究。國立台灣大學農業經濟研究所碩士論文。
- 徐培峰。1999。臺灣蝶圖鑑第一卷。國立鳳凰谷鳥園。
- 徐培峰。2001。臺灣蝶類多樣性與保育。謝豐國、林政行、顧世紅編。跨世紀臺灣昆蟲研究之進展研討會論文集259-262頁。國立自然科學博物館。
- 徐培峰。2002。臺灣蝶圖鑑第二卷。國立鳳凰谷鳥園。
- 徐培峰。2006。臺灣蝶圖鑑第二卷。國立鳳凰谷鳥園。
- 張永仁。2000。臺灣賞蝶圖鑑。晨星出版社，208頁。
- 張永仁。2005。蝴蝶100。遠流出版社，224頁。
- 彭仁傑等。1998。魚鄉達娜伊谷溪流流域動植物

- 資員解說手冊。嘉義縣政府出版。
- 嘉義旅遊網-阿里山鄉http://travel.echiayi.tw/index_m.php?ptype=map_main&id=62
- 廖于璋。2002。分權管理制度在保護區經營管理上之應用—以宜蘭縣無尾港水鳥保護區為例。國立東華大學環境政策研究所碩士論文。
- 趙仁方、方懷聖。2002。臺東縣蝴蝶。臺東縣政府，280頁。
- 濱野榮次。1987。台灣蝶類生態大圖鑑。牛頓出版社。
- 羅丞書。2000。自然保育分權管理之研究(以自然資源保護區為例)。國立東華大學自然資源管理研究所。
- Margalef, D. R. 1957. Information theory in ecology (in Spanish). *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona* 23: 373-449. [查閱Wendell Hall之英文翻譯版本]
- Margalef, D. R. 1958. Information theory in Ecology. *General Systematics* 3: 36-71.
- McIntosh, R. P. 1967. An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology* 48: 392-404.
- Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal* 27: 379-423. [同時查閱增訂版本“reprinted with corrections of pp. 379-423, 623-656”]
- Tsao, Y. J., L. Hsieh, B. S. Chen, C. H. Liu, S. F. Liu, H. C. Chen, C. H. Hsieh, S. L. Chen, J. Z. Ho and P. S. Yang. 2013. Towards an understanding of butterfly diversity and composition in an artificial habitat: A case study of the Ecology Education Park in the Endemic Species Research Institute. *Taiwan Journal of Biodiversity* (accepted)
- Van Dyke, F. 2008. Measuring biodiversity. pp. 89-95. *In*: J. Ebihara (ed.). *Conservation biology: Foundations, concepts, applications*, 2nd edition. Springer-Verlag New York, USA.

附錄 1. 2011 年阿里山山美村蝴蝶名錄

Appendix 1. Name list of butterfly investigated by transect lines in Shan Mei Village, Ali Mountain area, in 2011.

Common names	Scientific names	備註
鳳蝶科	Papilionidae	
大紅紋鳳蝶	<i>Byasa polyeuctes termessus</i> (Fruhstorfer, 1908)	
紅紋鳳蝶	<i>Pachliopta aristolochiae interpositus</i> (Fruhstorfer, 1901)	
臺灣白紋鳳蝶	<i>Papilio nephelus chaonulus</i> Fruhstorfer, 1908	
大鳳蝶	<i>Papilio memnon heronus</i> Fruhstorfer, 1903	
臺灣鳳蝶	<i>Papilio taiwanus</i> Rothschild, 1898	特有種
玉帶鳳蝶	<i>Papilio polytes polytes</i> Linnaeus, 1758	
白紋鳳蝶	<i>Papilio helenus fortunius</i> Fruhstorfer, 1908	
青帶鳳蝶	<i>Graphium sarpedon connectens</i> (Fruhstorfer, 1906)	
青斑鳳蝶	<i>Graphium doson postianus</i> (Fruhstorfer, 1908)	
烏鴉鳳蝶	<i>Papilio bianor thrasymedes</i> Fruhstorfer, 1909	
琉璃紋鳳蝶	<i>Papilio hermosanus</i> Rebel, 1906	特有種
無尾白紋鳳蝶	<i>Papilio castor formosanus</i> Rothschild, 1896	
黃裳鳳蝶	<i>Troides aeacus formosanus</i> (Rothschild, 1899)	
黑鳳蝶	<i>Papilio protenor</i> Cramer, 1775	
綠斑鳳蝶	<i>Graphium onfucius</i> (Linnaeus, 1758)	
麝香鳳蝶	<i>Byasa alcinous mansonensis</i> (Fruhstorfer, 1901)	
臺灣麝香鳳蝶	<i>Byasa impediens febanus</i> (Fruhstorfer, 1908)	
粉蝶科	Pieridae	
臺灣紋白蝶	<i>Pieris canidia</i> (Sparman, 1768)	
紋白蝶	<i>Pieris rapae crucivora</i> Boisduval, 1836	
淡黃蝶	<i>Catopsilia onfuc</i> (Fabricius, 1775)	
淡色黃蝶	<i>Eurema andersoni godana</i> (Fruhstorfer, 1910)	
水青粉蝶	<i>Catopsilia pyranthe</i> (Linnaeus, 1758)	
臺灣粉蝶	<i>Appias lyncida formosana</i> (Wallace, 1866)	
臺灣黃蝶	<i>Eurema blanda arakia</i> (Fruhstorfer, 1910)	
荷氏黃蝶	<i>Eurema hecabe</i> (Linnaeus, 1758)	
淡紫粉蝶	<i>Cepora nandina eunama</i> (Fruhstorfer, 1903)	
端黑黃蝶	<i>Eurema laeta punctissima</i> (Matsumura, 1909)	
星黃蝶	<i>Eurema brigitta hainana</i> (Moore, 1878)	
雌白黃蝶	<i>Ixias pyrene insignis</i> Butler, 1879	

附錄 1. 2011 年阿里山山美村蝴蝶名錄

Appendix 1. Name list of butterfly investigated by transect lines in Shan Mei Village, Ali Mountain area, in 2011.

Common names	Scientific names	備註
斑粉蝶	<i>Appias indra aristoxemus</i> Fruhstorfer 1908	
黑點粉蝶	<i>Leptosia nina niobe</i> (Wallace, 1866)	
端紅蝶	<i>Hebomoia glaucippe formosana</i> Fruhstorfer, 1908	
紅點粉蝶	<i>Gonepteryx amintha formosana</i> (Fruhstorfer, 1908)	
紅紋粉蝶	<i>Delias hyparete luzonensis</i> C. Felder & R. Felder, 1862	
紅肩粉蝶	<i>Delias pasithoe curasena</i> Fruhstorfer, 1908	
蛺蝶科	Nymphalidae	
小三線蝶	<i>Neptis sappho formosana</i> Fruhstorfer, 1908	
臺灣三線蝶	<i>Neptis nata lutatia</i> Fruhstorfer, 1913	
琉球三線蝶	<i>Neptis hylas lulculenta</i> Fruhstorfer, 1907	
泰雅三線蝶	<i>Neptis soma tayalina</i> Murayama & Shimonoya, 1968	
白三線蝶	<i>Athyma perius</i> (Linnaeus, 1758)	
小單帶蛺蝶	<i>Athyma selenophora laela</i> (Fruhstorfer, 1908)	
臺灣單帶蛺蝶	<i>Athyma cama zoroastes</i> (Butler, 1877)	
紫單帶蛺蝶	<i>Parasarpa dudu jinamitra</i> (Fruhstorfer, 1908)	
臺灣小紫蛺蝶	<i>Chitoria chrysolora</i> (Fruhstorfer, 1908)	
紅星斑蛺蝶	<i>Hestina assimilis formosana</i> (Moore, 1895)	
金三線蝶	<i>Pantoporia hordonia rihodona</i> Moore, 1878	
姬黃三線蝶	<i>Symbrenthia hypselis scatinia</i> Fruhstorfer, 1908	
黃三線蝶	<i>Symbrenthia lilaea formosanus</i> Fruhstorfer, 1908	
細蝶	<i>Acraea issoria formosana</i> (Fruhstorfer, 1912)	
枯葉蝶	<i>Kallima inachis formosana</i> Fruhstorfer, 1912	
紅蛺蝶	<i>Vanessa indica</i> (Herbst, 1794)	
孔雀蛺蝶	<i>Junonia onfuci</i> (Linnaeus, 1758)	
孔雀青蛺蝶	<i>Junonia orithya</i> (Linnaeus, 1758)	
石墻蝶	<i>Cyrestis thyodamas formosana</i> Fruhstorfer, 1898	
紅擬豹斑蝶	<i>Phalanta phalantha</i> (Drury, [1773])	
臺灣黃斑蛺蝶	<i>Cupha erymanthis</i> (Drury, 1773)	
琉球紫蛺蝶	<i>Hypolimnas bolina kezia</i> (Butler, 1877)	
琉璃蛺蝶	<i>Kaniska canace drilon</i> (Fruhstorfer, 1908)	特有種
豹紋蝶	<i>Timelaea albescens formosana</i> Fruhstorfer, 1908	

附錄 1. 2011 年阿里山山美村蝴蝶名錄

Appendix 1. Name list of butterfly investigated by transect lines in Shan Mei Village, Ali Mountain area, in 2011.

Common names	Scientific names	備註
眼紋擬蛺蝶	<i>Junonia lemonias aenaria</i> Tsukada & Kaneko, 1985	
黃蛺蝶	<i>Polygonia c-aureum lunulata</i> Esaki & Nakahara, 1923	
黑擬蛺蝶	<i>Junonia iphita</i> (Cramer, 1779)	
雌紅紫蛺蝶	<i>Hypolimnys misippus</i> (Linnaeus, 1764)	
台灣綠蛺蝶	<i>Euthalia formosana</i> Fruhstorfer, 1908	
黃斑蛺蝶	<i>Sephisia onfuci androdamas</i> Fruhstorfer, 1908	
白蛺蝶	<i>Helcyra superba takamukai</i> Matsumura, 1919	
長鬚蝶	<i>Libythea lepita formosana</i> Fruhstorfer, 1908	
小紫斑蝶	<i>Euploea tulliolus koxinga</i> Fruhstorfer, 1908	
斯氏紫斑蝶	<i>Euploea onfucius swinhoei</i> Wallace & Moore, 1866	
端紫斑蝶	<i>Euploea mulciber barsine</i> Fruhstorfer, 1904	
圓翅紫斑蝶	<i>Euploea onfuc hobsoni</i> (Butler, 1877)	
小青斑蝶	<i>Parantica swinhoei</i> (Moore, 1883)	
青斑蝶	<i>Parantica sita niponica</i> (Moore 1883)	
淡紋青斑蝶	<i>Tirumala limniace</i> (Cramer, 1775)	
小紋青斑蝶	<i>Tirumala septentrionis</i> (Butler, 1874)	
姬小紋青斑蝶	<i>Parantica aglea maghaba</i> (Fruhstorfer, 1909)	特有種
琉球青斑蝶	<i>Ideopsis onfuci</i> (Linnaeus, 1758)	
樺斑蝶	<i>Danaus chrysippus</i> (Linnaeus)	
黑脈樺斑蝶	<i>Danaus genutia</i> (Cramer, 1779)	
玉帶黑蔭蝶	<i>Lethe verma cintamani</i> Fruhstorfer, 1848	特有種
玉帶蔭蝶	<i>Lethe europa pavidata</i> Fruhstorfer, 1908	
永澤黃斑蔭蝶	<i>Neope muirheadi nagasawae</i> Matsumura, 1919	
白條斑蔭蝶	<i>Penthema formosanum</i> (Rothschild, 1898)	
黑樹蔭蝶	<i>Melanitis phedima polishana</i> Fruhstorfer, 1908	
樹蔭蝶	<i>Melanitis leda</i> (Linnaeus, 1758)	
雌褐蔭蝶	<i>Lethe chandica ratnacri</i> Fruhstorfer, 1908	
大波紋蛇目蝶	<i>Ypthima formosana</i> Fruhstorfer, 1908	
小波紋蛇目蝶	<i>Ypthima baldus zodina</i> Fruhstorfer, 1911	
臺灣波紋蛇目蝶	<i>Ypthima baldus zodina</i> Fruhstorfer, 1911	
小蛇目蝶	<i>Ypthima multistriata</i> Butler, 1883	

附錄 1. 2011 年阿里山山美村蝴蝶名錄

Appendix 1. Name list of butterfly investigated by transect lines in Shan Mei Village, Ali Mountain area, in 2011.

Common names	Scientific names	備註
嘉義小蛇目蝶	<i>Mycalesis francisca formosana</i> Fruhstorfer, 1908	
姬蛇目蝶	<i>Mycalesis suavolens kagina</i> Fruhstorfer, 1908	
切翅單環蝶	<i>Mycalesis gotama nanda</i> Fruhstorfer, 1908	
單環蝶	<i>Mycalesis zonata</i> Matsumura, 1909	
紫蛇目蝶	<i>Mycalesis sangaica mara</i> Fruhstorfer, 1908	
環紋蝶	<i>Elymnias hypermnestra hainana</i> Moore, 1878	
台灣黑蔭蝶	<i>Lethe butleri periscelis</i> (Fruhstorfer, 1908)	
鳳眼方環蝶	<i>Discophora sondaica tulliana</i> Stichel, 1905	
小灰蝶科	Lycaenidae	
三星雙尾燕蝶	<i>Spindasis syama</i> (Horsfield, 1829)	
小白波紋小灰蝶	<i>Jamides celeno</i> (Cramer, 1775)	
白波紋小灰蝶	<i>Jamides alecto dromicus</i> Fruhstorfer, 1910	
臺灣琉璃小灰蝶	<i>Acytolepis puspa myla</i> (Fruhstorfer, 1909)	
埔里琉璃小灰蝶	<i>Celastrina lavendularis himilcon</i> (Fruhstorfer, 1909)	
達邦琉璃小灰蝶	<i>Udara dilecta</i> (Moore, 1879)	
臺灣黑星小灰蝶	<i>Megisba onfuc sikkima</i> Moore, 1884	
姬黑星小灰蝶	<i>Neopithecops zalmora</i> (Butler, 1869)	
沖繩小灰蝶	<i>Zizeeria maha okinawana</i> (Matsumura, 1929)	
波紋小灰蝶	<i>Lampides boeticus</i> (Linnaeus, 1767)	
白尾小灰蝶	<i>Euchrysops cnejus</i> (Fabricius, 1798)	
白紋黑小灰蝶	<i>Spalgis epius dilama</i> (Moore, 1878)	
淡青長尾波紋小灰蝶	<i>Catochrysops panormus onfuciu</i> (Distant, 1886)	
琉璃波紋小灰蝶	<i>Jamides bochus formosanus</i> Fruhstorfer, 1909	
埔里波紋小灰蝶	<i>Nacaduba kurava therasia</i> Fruhstorfer, 1916	特有種
姬波紋小灰蝶	<i>Prosotas nora formosana</i> (Fruhstorfer, 1916)	
迷你小灰蝶	<i>Zizula hylax</i> (Fabricius, 1775)	特有種
恆春小灰蝶	<i>Deudorix epijarbas menesicles</i> Fruhstorfer, 1911	
墾丁小灰蝶	<i>Rapala varuna formosana</i> Fruhstorfer, 1911	
紅邊黃小灰蝶	<i>Heliophorus ila matsumurae</i> (Fruhstorfer, 1908)	
棋石小灰蝶	<i>Taraka onfuc thalaba</i> Fruhstorfer, 1922	特有種
角紋小灰蝶	<i>Leptotes plinius</i> (Fabricius, 1793)	

附錄 1. 2011 年阿里山山美村蝴蝶名錄

Appendix 1. Name list of butterfly investigated by transect lines in Shan Mei Village, Ali Mountain area, in 2011.

Common names	Scientific names	備註
紫燕蝶	<i>Arhopala bazalus turbata</i> Butler, 1882	
凹翅紫小灰蝶	<i>Mahathala ameria hainani</i> Bethune-Baker, 1903	
渡氏烏小灰蝶	<i>Fixsenia watarii</i> (Matsumura, 1927)	
銀斑小灰蝶	<i>Curetis acuta formosana</i> Fruhstorfer, 1908	
弄蝶科	Hesperiidae	
大白紋弄蝶	<i>Udaspes folus</i> (Cramer, 1775)	
大黑星弄蝶	<i>Seseria formosana</i> (Fruhstorfer, 1909)	
姬單帶弄蝶	<i>Parnara bada</i> (Moore, 1878)	
臺灣單帶弄蝶	<i>Borbo cinnara</i> (Wallace, 1866)	
臺灣黃斑弄蝶	<i>Potanthus onfucius angustatus</i> (Matsumura, 1910)	
細帶黃斑弄蝶	<i>Potanthus motzui</i> Hsu, Li & Li, 1990	
竹紅弄蝶	<i>Telicota ohara formosana</i> Fruhstorfer, 1911	
埔里紅弄蝶	<i>Telicota bambusae horisha</i> Evans, 1934	
狹翅弄蝶	<i>Isotheon lamprospilus formosanus</i> Fruhstorfer, 1911	
狹翅黃星弄蝶	<i>Ampittia virgata myakei</i> Matsumura 1910	
尖翅褐弄蝶	<i>Pelopidas agna</i> (Moore, 1866)	
達邦褐弄蝶	<i>Polytremis eltola tappana</i> (Matsumura, 1919)	
褐弄蝶	<i>Pelopidas mathias oberthueri</i> Evans, 1937	
臺灣絨毛弄蝶	<i>Hasora taminatus vairacana</i> Fruhstorfer, 1911	
鐵色絨毛弄蝶	<i>Hasora badra</i> (Moore, 1858)	
玉帶弄蝶	<i>Daimio tethys niitakana</i> Matsumura, 1907	
黑弄蝶	<i>Notocrypta curvifascia</i> (C. Felder & R. Felder, 1862)	
黑紋弄蝶	<i>Caltoris cahira austeni</i> (Moore, 1883)	
黑星弄蝶	<i>Suastus gremius</i> (Fabricius, 1798)	
白弄蝶	<i>Abraximorpha davidii ermasis</i> Fruhstorfer, 1914	
淡綠弄蝶	<i>Badamia exclamationis</i> (Fabricius, 1775)	
鸞褐弄蝶	<i>Burara jaina formosana</i> (Fruhstorfer, 1911)	

附錄 2. 2011 年達娜依谷地區溫度與濕度之監測。

Appendix 2. Meteorological record in Dana-iku, Ali Mountain area, in 2011.

100 年達娜伊谷	日均溫 (°C)	最高均溫 (°C)	最低均溫 (°C)	平均濕度 (%)	最高濕度 (%)	最低濕度 (%)	降雨量 (mm)
1 月上旬	17.30	23.785	14.361	84.83	95.597	61.66	11.3
中旬	14.81	22.513	9.287	89.91	100	60.006	85.5
下旬	15.69	23.713	10.443	89.04	99.375	50.632	37
2 月上旬	16.53	27.259	11.102	76.98	95.234	46.429	1.5
中旬	16.86	26.72	11.175	87.83	99.461	53.616	60.6
下旬	18.95	29.215	14.194	82.62	97.238	50.087	0
3 月上旬	18.25	27.899	13.81	84.85	98.632	34.786	29.5
中旬	19.16	30.545	14.457	84.39	97.762	49.492	9.6
下旬	17.94	31.996	13.738	87.85	99.578	54.822	54.7
4 月上旬	20.10	28.147	15.008	80.24	97.074	46.197	0
中旬	21.65	31.357	14.912	79.88	98.672	44.977	19
下旬	22.01	30.318	15.485	79.54	98.148	46.239	9.7
5 月上旬	25.40	33.835	20.436	75.84	92.968	39.249	15.1
中旬	23.09	32.175	19.175	91.34	100	57.9	314.2
下旬	23.63	30.545	19.318	89.53	100	60.12	139
6 月上旬	25.68	33.809	19.627	80.39	98.691	51.72	14.1
中旬	26.11	32.717	20.936	83.30	99.915	56.344	80.9
下旬	24.37	30.167	20.603	94.07	100	71.319	238.6
7 月上旬	25.11	31.23	19.722	88.12	100	58.919	18.3
中旬	23.39	28.221	20.913	98.29	100	79.594	778.8
下旬	24.91	31.714	19.651	91.64	100	69.651	159
8 月上旬	25.34	31.077	21.27	92.34	100	72.592	139.8
中旬	24.67	31.97	19.413	89.80	100	60.187	149.2
下旬	23.82	30.243	20.674	94.56	100	71.143	359
9 月上旬	24.41	29.34	20.841	91.84	100	73.61	79
中旬	23.98	31.382	19.96	92.56051	100	68.398	13.6
下旬	24.16	35.155	20.412	92.88903	100	63.441	72
10 月上旬	23.31	31.153	20.007	96.16149	100	68.24	130.6
中旬	22.53	28.32	18.866	96.02421	100	70.385	109.5
下旬	22.16	29.29	17.796	91.65166	100	64.561	8
11 月上旬	21.94	31.944	17.344	94.10859	100	66.79	294.4
中旬	22.20	29.54	19.294	96.89693	100	75.275	94.3
下旬	19.44	27.358	16.058	94.06348	100	70.845	3.8
12 月上旬	18.87	28.468	13.882	95.59909	100	68.516	35.4
中旬	17.81	24.774	11.783	95.42486	100	74.796	59.8
下旬	16.02	24.677	10.858	92.89961	100	65.031	30.8
1 月上旬	15.93	25.307	11.005	93.17436	100	67.565	
中旬	17.13	24.823	9.41	93.09783	100	65.036	
下旬	16.47	26.28	12.437	90.19576	100	55.679	

附錄 3. 2011 年巴雅依地區溫度與濕度之監測。**Appendix 3.** Meteorological record in Bayai, Ali Mountain area, in 2011.

100 年巴雅依	日均溫 (°C)	最高均溫 (°C)	最低均溫 (°C)	平均濕度 (%)	最高濕度 (%)	最低濕度 (%)	降雨量 (mm)
1 月上旬	17.49	25.40	13.83	83.76	96.60	53.50	11.3
中旬	14.94	26.23	8.10	88.65	100.00	45.72	85.5
下旬	15.95	28.05	9.95	88.93	100.00	45.80	37
2 月上旬	16.63	31.56	9.46	78.98	98.13	36.28	1.5
中旬	16.95	30.37	10.83	87.96	99.81	46.05	60.6
下旬	18.80	29.07	13.45	84.25	99.11	52.57	0
3 月上旬	18.31	29.39	14.10	84.55	98.98	36.47	29.5
中旬	19.16	30.77	14.24	84.86	99.10	49.87	9.6
下旬	17.90	32.00	13.50	88.55	99.89	57.84	54.7
4 月上旬	19.99	28.32	14.17	81.38	97.96	49.86	0
中旬	21.53	31.46	14.10	81.35	99.62	47.18	19
下旬	21.90	30.60	14.63	81.29	98.16	49.40	9.7
5 月上旬	25.23	33.76	19.41	78.77	94.98	44.12	15.1
中旬	23.15	32.38	18.87	92.38	100.00	59.41	314.2
下旬	23.74	30.44	18.89	90.66	100.00	61.00	139
6 月上旬	25.66	34.15	19.51	83.02	99.32	50.59	14.1
中旬	26.22	33.21	20.77	85.14	100.00	56.56	80.9
下旬	24.44	31.23	20.53	95.23	100.00	72.74	238.6
7 月上旬	24.93	32.74	19.53	91.32	100.00	64.63	18.3
中旬	23.44	28.69	20.84	98.49	100.00	78.06	778.8
下旬	24.77	32.48	19.32	94.03	100.00	69.33	159
8 月上旬	25.34	32.72	20.79	93.95	100.00	71.19	139.8
中旬	24.59	33.00	19.10	92.02	100.00	57.58	149.2
下旬	23.67	30.09	20.44	96.39	100.00	71.89	359
9 月上旬	24.14	29.14	19.87	94.82	100.00	75.62	79
中旬	23.84	31.10	19.44	94.44	100.00	70.43	13.6
下旬	24.15	33.37	20.27	94.21	100.00	67.95	72
10 月上旬	23.46	30.70	19.65	96.75	100.00	71.74	130.6
中旬	22.79	28.82	18.68	95.84	100.00	72.17	109.5
下旬	22.43	30.98	17.44	91.59	100.00	63.10	8
11 月上旬	22.07	30.37	17.03	94.64	100.00	67.13	294.4
中旬	22.18	28.20	18.94	97.78	100.00	76.02	94.3
下旬	19.39	26.60	15.08	95.18	100.00	68.28	3.8
12 月上旬	18.76	26.67	13.06	96.21	100.00	64.22	35.4
中旬	17.84	25.07	11.49	95.84	100.00	69.42	59.8
下旬	16.00	24.10	10.22	93.22	100.00	63.48	30.8
1 月上旬	15.93	24.73	10.52	93.73	100.00	54.61	
中旬	16.97	24.46	8.72	94.69	100.00	68.07	
下旬	16.34	24.68	11.57	91.14	100.00	51.62	

Cohabitation of Ectosymbiotic Branchiobdellida (Annelida, Clitellata) and Scutarielloidae (Platyhelminthes, Rhabditophora, Temnocephalida) on Atyid Shrimps in Taiwan

台灣匙指蝦類體表兩種外共生蛭蚓目及切頭類之共棲

Akifumi OHTAKA¹, Stuart R. GELDER², Shigeyuki YAMATO³,
Rung-Tsung CHEN⁴ and Machiko NISHINO⁵

大高明史^{1,*} 格爾德² 大和茂之³ 陳榮宗⁴ 西野麻知子⁵

¹Department of Natural Science, Faculty of Education, Hirosaki University, Hirosaki 036-8560, Japan.

²Department of Science, University of Maine at Presque Isle, ME 04769, USA.

³Seto Marine Biological Laboratory, Kyoto University, Shirahama, Wakayama 649-2211, Japan.

⁴Tse-Xin Organic Agriculture Foundation, Taipei, 10550, Taiwan.

⁵Biwako Seikei Sport College, Otsu, 520-0503, Japan.

¹ 弘前大學教育學院自然科學系 日本弘前市 036-8560

² 緬因州大學科學學系(普雷斯克島) 美國 ME 04769

³ 京都大學瀨戶海洋生物實驗室 日本和歌山縣白浜町 649-2211

⁴ 慈心有機農業發展基金會 台灣台北 10550

⁵ 琵琶湖成蹊體育大學 日本大津市 520-0503

*Corresponding author: ohataka@hirosaki-u.ac.jp

*通訊作者： ohataka@hirosaki-u.ac.jp

Abstract

Occurrences of two ecologically similar but normally geographically separated ectosymbionts, branchiobdellidans (Annelida) and temnocephalidans (Platyhelminthes), were studied on 458 atyid shrimps collected from five localities in Taiwan. The shrimps, *Neocaridina* spp. and *Caridina*

pseudodenticulata, carried a scutariellid temnocephalidan, *Scutariella japonica*, at three localities, while a branchiobdellidan, *Holtodrilus truncatus*, was found at two of the three localities where it co-inhabited with *S. japonica*. No negative or positive interactions toward each other were observed. Statistically significant larger numbers of branchiobdellidans were found on larger shrimps, while such a tendency was not detected in *S. japonica*.

摘 要

在台灣 5 個樣站，共採集 458 隻匙指蝦類個體，其中，3 個樣站發現兩種生態上相似但通常具地理區隔的蛭蚓目 branchiobdellidans (Annelida)，*Holtodrilus truncatus* 及切頭類 temnocephalidans (Platyhelminthes)，*Scutariella japonica* 於匙指蝦體表上共生。這 3 個樣站中的 2 個樣站，其匙指蝦類同一檢體上共棲著該 2 種體表寄生的物種。觀察這 2 種體表寄生的物種彼此並無相互影響的現象。*H. truncatus* 之數量與宿主蝦體大小有統計上顯著正相關；但 *S. japonica* 則否。

Keywords: Branchiobdellida, Temnocephalida, atyid shrimp, cohabitation, Taiwan

關鍵詞：蛭蚓目、切頭類、匙指蝦、共棲、台灣

Received: February 6, 2015

Accepted: July 24, 2015

收件日期：2015 年 02 月 06 日

接受日期：2015 年 07 月 24 日

Introduction

Freshwater crayfishes show disjunct Holarctic Astacoidea and Gondwanan Parastacoidea distributions (Hobbs 1988). Both of these taxa have ectosymbionts with a very similar obligate biology consisting of the Holarctic Branchiobdellida (Annelida: Clitellata) (Gelder and Williams 2015) and Gondwanan Temnocephalida (Platyhelminthes: Rhabditophora) (Joffe *et al.* 1998, Kawakatsu *et al.* 2007). Branchiobdellidans, or crayfish worms,

are found on astacid and cambarid crayfishes in the Nearctic and northern Neotropical (North America), Euro-Mediterranean (Europe and western Asia) and East Asian regions. However, in North America besides crayfish, a few branchiobdellidan species have adopted crabs, isopods or shrimps (Gelder *et al.* 2002, Gelder and Messick, 2006), while in southern parts of both China and Japan branchiobdellidans are found on shrimps (Liang 1963; Ohtaka *et al.* 2012). In contrast, the more diverse Temnocephalida (Joffe *et al.* 1998) consists of

two superfamilies: Temnocephaloidea (composed of three families) found in Australasia, Southeast Asia, Madagascar (Kawakatsu *et al.* 2007) and Neotropics (Martinez-Aquino *et al.* 2014), and Scutarielloidea distributed along the Alpine-Himalayan massif's southern margin (Italy–Balkan countries–Azerbaijan–India), then through both southern China and Japan (Matjašič 1990; Gelder 1999).

Most East Asian branchiobdellidans are found on endemic crayfishes across northern China, the Korean Peninsula, southeast Russia and northern Japan (Yamaguchi 1934; Timm 1991; Gelder and Ohtaka 2000; Ohtaka and Gelder 2015). However, two species on atyid shrimps occur in the southern areas of China and Japan. *Caridinophilus unidens* Liang, 1963, on *Caridina yunnanensis* Yu, 1938, is only known from its type location in Yunnan Province, China, while *Holtodrilus truncatus* (Liang, 1963) is more widely distributed on *Neocaridina* spp. in Anhui, Guangdong, Henan and Zhejiang Provinces, China (Liang 1963, Liu 1984, Ohtaka *et al.* 2012). Recent shrimp collections have reported *H. truncatus* on *Neocaridina* spp. and *Caridina pseudodenticulata* Hung, Chan and Yu, 1993, in Taiwan (Ohtaka and Chen 2010), *Caridina rubella* Fujino and Shokita, 1975, *C. rapaensis* Edmonson, 1935, and *C. typus* Milne Edwards, 1937, on Miyako Island (Fujita *et al.* 2010) and *Neocaridina* spp. in central Japan (Ohtaka *et al.* 2012; Niwa *et al.* 2005).

Scutarielloidea has one family, Scutarillidae, and only *Scutariella japonica* (Matjašič, 1990) (syn. *Cardinicola sinica* Matjašič, 1990) has

been reported on the atyid shrimps, *Caridina*, *Paratya* and *Neocaridina*, in southern China, Taiwan, Korea and Japan (Kawakatsu *et al.* 2007). Recent researches have revealed that *S. japonica* is more widely distributed than previously reported in southeast China (Ohtaka *et al.* 2012) and Japan (Kawakatsu *et al.* 2007). Although both *S. japonica* and *H. truncatus* had been reported independently on atyid shrimps in East Asia, it was not until our recent studies that both ectosymbiont species were found co-inhabiting the same shrimp host. Details of such cohabitation in southern China are given in Ohtaka *et al.* (2012), but a previous investigation in Taiwan (Ohtaka and Chen 2010) led to subsequent collections of these co-inhabiting ectosymbionts, which are now being reported here.

Material and methods

Atyid shrimps were collected from five lotic and lentic freshwater sites in Taiwan: 1) Guanyin, Taoguan County, 2) Longci, Tainan County, 3) Minchien, Nantou County, 4) Shihtan, Miaoli County and 5) Sinshe, Taichung County (Fig. 1) between 10th and 14th September 2008. *Neocaridina* spp. were found at sites 1, 3-5, and *Caridina pseudodenticulata* at sites 2 and 4, while 13 palaemonid shrimps, *Macrobrachium asperulum* (von Martens, 1868) were collected at site 4 along with the other two species. Dip-nets (mesh size, 0.5 mm) were dragged through aquatic vegetation and displaced shrimps were scooped up in the nets with the intention of

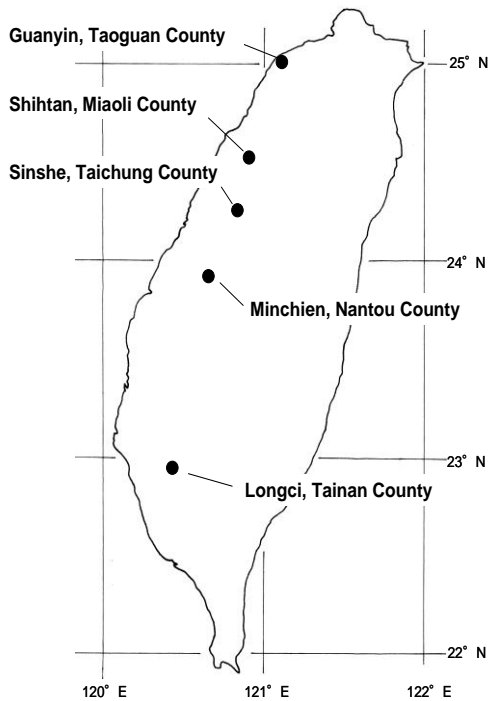


Fig.1. A map of Taiwan showing study sites.

obtaining about 100 atyids per site. Each living shrimp was placed into a 2.0 ml plastic tube filled with 5% formalin preservation solution following capture. The surface water temperature, electric conductivity (TOA CM14P) and pH (Narika α -Pack Test) were measured at each study site and recorded. Each shrimp was identified under a dissection microscope in the laboratory. Body length (from eye base to tip of telson), sex and brood condition in female *Neocaridina* spp. were recorded. All ectosymbionts on a shrimp and those in the tube's bottom debris were counted as well as the numbers and locations of attached branchiobdellidan cocoons. Scutariellids and branchiobdellidans recovered were identified

using Matjašič's (1990) key and Liang's (1963) description, respectively. Branchiobdellidans were separated into adults, where a clitellum was present, and juveniles.

Population data for specific associations were expressed in percentages, and statistical methods were used to analyze comparisons of particular aspects of the ectosymbiotic associations: "prevalence" is the percentage of hosts carrying an ectosymbiont in a locality; "abundance" indicates the number of ectosymbionts on a single host regardless of whether or not the host was infected; "mean intensity" is the mean number of ectosymbionts per infected host; and "cohabitation ratio" indicates the percentage of hosts carrying both branchiobdellidans and scutariellids in a locality. Significance of correlation between the number of ectosymbionts and body length of the host, and between individual numbers of co-inhabiting branchiobdellidans and scutariellids on a common host were tested by Spearman's correlation coefficient. In addition, the differences in numbers of ectosymbionts in relation to the sex and brood condition of the host shrimps were tested using ANOVA.

Results

Physical characteristics of collection site waters

Among the five sites studied, water temperatures ranged from 24.9 to 30.7 °C. The pH value ranged from 6.9 to 8.3, and electric conductivity from 19 to 58 $\mu\text{S cm}^{-1}$ at the study sites. These sites were regarded as freshwater

with no significant differences between them.

Geographical distribution and habitat of the ectosymbionts

A total of 458 shrimps comprising of 300 *Neocaridina* spp. and 158 *Caridina pseudodenticulata* were collected from the five sites in Taiwan (Table 1). Their body length ranged from 8.0 to 22.5 mm in *Neocaridina* spp., and 7.5 to 23.5 mm in *C. pseudodenticulata*.

Holtodrilus truncatus was found on *Neocaridina* spp. at two sites, Sinshe and Shihtan,

and also on *C. pseudodenticulata* at the latter locality (Table 1); *Scutariella japonica* occurred at Sinshe, Shihtan and Minchien. However, neither *H. truncatus* nor *S. japonica* was found at Guanyin and Longci. Specimens of *H. truncatus*, when present, were found in the host's branchial cavities as well as the ventral abdomen on of both *Neocaridina* spp. and *C. pseudodenticulata*. In contrast, *S. japonica* was only observed in the host's branchial cavities, and no ectosymbionts were seen on *Macrobrachium asperulum*.

Table 1. Summary in occurrence of ectosymbionts on shrimps from Taiwan.

Locality	Host shrimps and number examined	<i>Holtodrilus truncatus</i>		<i>Scutariella japonica</i>		Cohabiting ratio %	
		Prevalenc %	Mean intensity (range)	Prevalence %	Mean intensity (range)		
Sinshe, Taichung Co.	<i>Neocaridina</i> spp.	90	61.1	2.2(1-9)	43.3	1.7(1-5)	35.6
Minchien, Nantou Co.	<i>Neocaridina</i> spp.	10	0	0	12.0	1.1(1-2)	0
Shihtan, Miaoli Co.	<i>Neocaridina</i> spp.	12	8.3	1(1)	58.3	1.1(1-2)	8.3
"	<i>Caridina</i>	61	9.8	1.7(1-2)	88.5	5.0(1-16)	8.1
Guanyin, Taoguan Co	<i>Neocaridina</i> spp.	98	0	0	0	0	0
Longci, Tainan Co.	<i>Caridina</i>	97	0	0	0	0	0

Quantitative description of the host-ectosymbiont associations

Prevalence of *H. truncatus* on *Neocaridina* spp. in two localities was 61.1% and 8.3 %, respectively, and that on *C. pseudodenticulata* at one locality was 9.8% (Table 1). More than half of the infected *Neocaridina* spp. (N=56) carried only one branchiobdellidan (67.0%) and their highest abundance reached 9, while *C. pseudodenticulata* (N=6) carried one or two

branchiobdellidans. Body lengths of the 56 *Neocaridina* spp. supporting *H. truncatus* ranged from 9.5 to 22.5 mm, and a significantly larger number of branchiobdellidans were found on larger shrimps ($P < 0.001$). The combined populations of *H. truncatus* were 62% juveniles and 38% adult worms; there was no significant difference between the numbers of individuals on male and female *Neocaridina* spp. Each *Neocaridina* spp. (N=17) carried 1 to 13 cocoons

while *C. pseudodenticulata* (N=5) always had one. These cocoons were invariably found attached to the gills of both shrimps.

Prevalence of *S. japonica* was higher than those of *H. truncatus* at the two localities where both ectosymbionts were found, with 12% on *Neocaridina* spp. in Minchien and 88.5% on *C. pseudodenticulata* in Shihtan (Table 1). The maximum number of the scutariellids per host was found on *C. pseudodenticulata* in Shihtan with an abundance of 16 and no significant difference was found between shrimp body length and the number of *S. japonica* carried.

Cohabitation by *H. truncatus* and *S. japonica* was found at two locations, with ratios of about 8% at Shihtan and 36% at Shinshe (Table 1). As a total sympatry was found of 59% on *Neocaridina* spp. carrying *H. truncatus*, and 57% of those carrying *S. japonica*. Sympatry was found on 83% (5 out of 6) of *C. pseudodenticulata* carrying *H. truncatus* and 9% of those carrying *S. japonica*. No statistically significant difference was detected between the numbers of co-inhabiting *H. truncatus* and *S. japonica* on either shrimp species from any of the localities.

Discussion

Branchiobdellidans in the Palaearctic realm are restricted to the Euro-Mediterranean and East Asian regions, while scutariellids are distributed along the realm's southern border from Italy to Japan. Geographically the range of the two ectosymbionts overlap in the southern

Euro-Mediterranean, but their cohabitation on a host has never been reported. This could be due to a spatial separation resulting from endemic branchiobdellidans living only on crayfish hosts in surficial waterbodies while scutariellids are restricted to cave-dwelling shrimps (Gelder 1999). In contrast, the East Asian region has branchiobdellidans inhabiting atyid shrimp in the southern areas of China and Japan, which is south of the region's endemic crayfish range. Similarly, Matjašič (1990) reported and reviewed *Scutariella* species also on atyid shrimps in this southern area. However, the first sympatric occurrence in the region of *H. truncatus* and *S. japonica* was found on preserved *Neocaridina* spp. collected from Kinki District, central Japan (Niwa and Ohtaka 2006). Subsequently, the same ectosymbionts were found co-inhabiting seven localities in three southeast China Provinces (Ohtaka *et al.* 2012). These findings suggest that such a sympatric association might be more widespread in the southern part of East Asia than previously thought. Whether the same co-inhabiting association found in Japan is endemic or the result of ectosymbiont carrying hosts being translocated into the country is unknown at this time.

Based on observations (Ohtaka *et al.* 2012) in southeast China, a scutariellid-shrimp association is widespread, while that of a branchiobdellidan-shrimp combination is more restricted. Instances of co-inhabiting scutariellids and branchiobdellidans appear to be a combination of chance contacts by the hosts and other unknown factors endemic to southeast

China. The situation in Japan is more complicated as *S. japonica* (referred to as “the Temnocephaloid worm *Caridinicola*” by Kemp, 1917) on *Paratya compressa* (de Haan, 1844) was first reported at Komatsu in pools and back-waters around Lake Biwa, Japan, but no East Asian branchiobdellidans had been recorded in the area. Therefore, when *H. truncatus* and *S. japonica* were found on *Neocaridina* spp. in Kinki District, southern Honshu, Japan (Niwa *et al.* 2005; Niwa and Ohtaka 2006), the authors speculated that both ectosymbionts had been introduced from China. A similar situation appeared in Taiwan where *S. japonica* (syn. *Cardinicola indica*) on *Neocaridina denticulata sinensis* (Kemp, 1918) was reported at two localities by Lo and Wu (1991). Later, *H. truncatus* was found by Ohtaka and Chen (2010), and they suggested that this branchiobdellidan might also have been imported by shrimps from continental China. The present study is the first to report both ectosymbionts co-inhabiting shrimps in Taiwan, but like the Chinese observations (Ohtaka *et al.* 2012) sympatry was not seen at all collection sites. The first report of *H. truncatus* from Miyako Island, Japan, was made on three shrimp species (*Caridina rubella*, *C. rapaensis* and *C. typus*) from freshwater wells (Fujita *et al.* 2010), but there is no information to indicate infected shrimps were translocated from China. It is highly unlikely that phylogeographic connections of these ectosymbioses will be resolved until molecular sequencing is performed on the two ectosymbionts and hosts to demonstrate their coevolution.

Although some branchiobdellidans show a microhabitat preference on a host, the sites often change and contract or expand depending on environmental conditions. For example, *Xironogiton victoriensis* Gelder and Hall, 1990 are usually found on a signal crayfish’s chaelae but the attaching site will extend over the host’s body as its population increases (Gelder and Hall 1990; Oberkofler *et al.* 2002). A more accurate indication of microhabitat preference of branchiobdellidans is the location of their deposited cocoons. Ohtaka *et al.* (2012) found adults and cocoons of *H. truncatus* only on *Neocaridina* spp. gills in southeast China. Although similar in Taiwan, adults also congregated on the ventral abdomen of both *Neocaridina* spp. and *C. pseudodenticulata*. Niwa *et al.* (2014) found *H. truncatus* predominantly between the first pleopod and fifth pereopod, with cocoons exclusively in the branchial chambers of *Neocaridina* spp. from the Sugo River, central Japan. Specimens of *H. truncatus* on Miyako Island favored the first pair of antennae and ventral abdomen with cocoons only on the latter (Fujita *et al.* 2010). Whether these variations in microhabitat preferences are driven by some environmental forces or random behavioural traits is not known. Although *Macrobrachium asperulum* and atyid shrimps were collected from one site in Taiwan where they lived in close proximity to each other, none of the former species carried ectosymbionts. It seems clear that *M. asperulum* is an unsatisfactory host for the ectosymbionts, however, the reasons, *e.g.*, exoskeleton lacking

attractive factors, efficient host grooming behavior, or others remain to be determined in a future study.

Acknowledgements

We would like to thank Hung-Po Chen of Endemic Species Research Institute, Nantou, Taiwan, for his help during the collecting trip. Thanks are also due to Shi-Kuei Wu of University of Colorado Museum, Boulder, USA, for his guidance in planning the survey. We thank Masaharu Kawakatsu of Sapporo, Japan, for his suggestions on the taxonomy of temnocephalidans. This work was partly supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research from the Japan Society for the Promotion of Science (19310150).

References

- Fujita, Y., T. Kawahara, N. Niwa and R. S. Shokita. 2010. First record of *Holtodrilus truncatus* (Liang, 1963) (Annelida: Clitellata: Branchiobdellidae) from the Ryukyu Islands. *Biological Magazine Okinawa* 48: 25–33. (In Japanese with English abstract)
- Gelder, S. R. 1999. Zoogeography of branchiobdellidans (Annelida) and temnocephalidans (Platyhelminthes) ectosymbiotic on freshwater crustaceans, and their reactions to one another *in vitro*. *Hydrobiologia* 406: 21–31.
- Gelder S. R., and R. O. Brinkhurst. 1990. An assessment of the phylogeny of the Branchiobdellida (Annelida: Clitellata) using PAUP. *Canadian Journal of Zoology* 68: 1318–1326.
- Gelder, S.R., N. L. Gagnon and K. Nelson. 2002. Taxonomic considerations and distribution of the Branchiobdellida (Annelida: Clitellata) on the North American continent. *Northeastern Naturalist* 9: 451–468.
- Gelder, S.R. and L.A. Hall. 1990. Description of *Xironogiton victoriensis* n. sp. from British Columbia, Canada, with remarks on other species and a Wagner analysis of *Xironogiton* (Clitellata: Branchiobdellida). *Canadian Journal of Zoology* 68: 2352–2359.
- Gelder, S.R. and G. Messick. 2006. First report of the aberrant association of branchiobdellidans (Annelida: Clitellata) on blue crabs (Crustacea: Decapoda) in Chesapeake Bay, Maryland, USA. *Invertebrate Biology* 125: 51–55.
- Gelder, S. R. and A. Ohtaka. 2000. Description of a new species and a redescription of *Cirrodrilus aomorensis* (Yamaguchi, 1934) with a detailed distribution of the branchiobdellidans (Annelida: Clitellata) in northern Honshu, Japan. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 113: 633–645.
- Gelder, S. R. and B. W. Williams. 2015. Clitellata: Branchiobdellida. Pages 551–563 in J. Thorp and D. C. Rogers (editors), *Ecology and Biology: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*. Academic Press,

New York.

- Hobbs, H. H., Jr. 1988. Crayfish Distribution, Adaptive Radiation and Evolution. Pages 52 - 82 in D. M. Holdich and R. S. Lowery (editors), *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*. London: Croom Helm.
- Joffe, B. I, L. R. G. Cannon and E. R. Schockaert. 1998. On the phylogeny of family and genera within the Temnocephalida. *Hydrobiologia* 383: 263-268.
- Kawakatsu, M., S. R. Gelder, R. Ponce de León, O. Volonterio, S.-K. Wu, M. Nishino, A. Ohtaka, N. Niwa, Y. Fujita, M. Urabe, G.-Y. Sasaki, M.-y. Kawakatsu and T. Kawakatsu. 2007. An annotated bibliography of the order Temnocephalida (Plathelminthes, Rhabdocoela, "Turbellaria") from Japan, Taiwan, China and Korea, with other Far Eastern records of Temnocephalids. Kawakatsu's Web Library on Planarians (Mar. 10, 2007). <http://victorriver.com> (Temnocephalid).
- Kemp, S. 1917. Notes on Crustacea Decapoda in the Indian Museum. XI. Atyidae of the genus *Paratya* (= *Xiphocaridina*). *Records of the Indian Museum* 13: 293–306.
- Liang, Y- L. 1963. Studies on the aquatic Oligochaeta of China. I. Descriptions of new naids and branchiobdellids. *Acta Zootaxa Sinica* 15: 560–570. (In Chinese)
- Liu, S. 1984. Descriptions of two new species of the genus *Stephanodrilus* from Northeast China and notes on *St. truncatus* Liang from Guangdong Province (Oligochaeta: Branchiobdellidae). *Acta Zootaxa Sinica* 9: 351–355.
- Lo, C.-T. and S.-K. Wu. 1991. New records of two temnocephalids from Taiwan. The 7th Annual Meeting of the Chinese Society of Parasitology, 1991, p. 28 (In English with Chinese title).
- Martinez-Aquino, A., F. Brusa and C. Damborenea. 2014. Checklist of freshwater symbiotic temnocephalans (Platyhelminthes, Rhabditophora, Temnocephalida) from the Neotropics. *Zoosystematics and Evolution* 90: 147-162.
- Matjašič, J. 1990. Monography of the family Scutariellidae (Turbellaria, Temnocephalidea). Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Razred za Naravoslovne Vede Classis IV: *Historia Naturalis*, 28, Znanstvenoraziskovalni Center Sazu, Biološki Inštitut Jovana Hadžija 9: 1–166 (+pls. 1–29), Ljubljana.
- Niwa, N., J. Ohtomi, A. Ohtaka and S. R. Gelder. 2005. The first record of the ectosymbiotic branchiobdellidan *Holtodrilus truncatus* (Annelida, Clitellata) and on the freshwater shrimp *Neocaridina denticulata denticulata* (Caridea, Atyidae) in Japan. *Fisheries Science* 71: 685–687.
- Niwa, N. and A. Ohtaka. 2006. Accidental introduction of symbionts with imported freshwater shrimps. In Koike, F., M. N. Clout, M. Kawamichi, M. De Poorter and K. Iwatsuki (eds), *Assessment and Control of Biological Invasion Risk*. IUCN, Gland,

- Switzerland: 182–186.
- Niwa N., M. V. Archdale, T. Matsuoka, A. Kawamoto and H. Nishiyama. 2014. Microhabitat distribution and behaviour of Branchiobdellidan *Holtodrilus truncatus* found on the freshwater shrimp *Neocaridina* spp. from the Sugo River, Japan. Central European Journal of Biology 9: 80–85.
- Oberkofler, B., F. Quaglio, L. Füreder, M. L. Fioravanti, S. Giannetto, C. Morolliand G. Minelli. 2002. Species of Branchiobdellidae (Annelida) on freshwater crayfish in South Tyrol (northern Italy). Bulletin Francais de la Pecheet de la Pisciculture 367: 777-784.
- Ohtaka, A. and R. T. Chen. 2010. New records of a branchiobdellidan and four microdrile oligochaetes (Annelida: Clitellata) from inland waters of Taiwan. Taiwan Journal of Biodiversity 12: 97–110.
- Ohtaka A. and S. R. Gelder. 2015. Description of a new species of Branchiobdellida (Annelida : Clitellata) and comparison with other *Cirrodrilus* species in northern Honshu, Japan. Species Diversity 20 : 67-71.
- Ohtaka A., S. R. Gelder, M. Nishino, M. Ikeda, H. Toyama, Y.-D. Cui, X.-B. He, H.-Z. Wang, R.-B. Chen and Z.-Y. Wang. 2012. Distributions of two ectosymbionts, branchiobdellidans (Annelida: Clitellata) and scutariellids (Platyhelminthes: “Turbellaria”: Temnocephalida), on atyid shrimp (Arthropoda: Crustacea) in southeast China. Journal of Natural History 46: 1547–1556
- Timm, T. 1991. Branchiobdellida (Oligochaeta) from the farthest South-East of the U.S.S.R. Zoologica Scripta 20: 321–331.
- Yamaguchi, H. 1934. Studies on Japanese Branchiobdellidae with some revisions on the classification. Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series VI, Zoology 3: 177–219.

澎湖群島凶狠圓軸蟹分布調查及其棲地底質初探

Distribution of *Cardisoma carnifex* in Penghu Islands and Preliminary Study of Its Habitat Substrate

鄭文翔 施志昫*

Wen-Hsiang Cheng, Jhy-Yun Shy*

國立澎湖科技大學水產養殖系 澎湖縣馬公市六合路 300 號

Department of Aquaculture, National Penghu University of Science and Technology No.300, Liuhe Rd., Magong City, Penghu County 880, Taiwan, R.O.C.

*通訊作者：jyshy@npu.edu.tw

*Corresponding author：jyshy@npu.edu.tw

摘要

本研究敘述澎湖群島凶狠圓軸蟹的分布現況，並進行棲地土質粒徑分析及洞穴內水質鹽度測量。調查結果發現其確切棲地共 17 處，包含馬公市 1 處、湖西鄉 3 處、白沙鄉 7 處、西嶼鄉 2 處、望安鄉 4 處、以及推測棲地 9 處。在土質粒徑分析方面發現，凶狠圓軸蟹棲地土質粒徑範圍主要為極粗砂（1.000mm）及中等粗砂（0.250mm），二者合計皆占土樣總乾重的 50% 以上，反之，凶狠圓軸蟹棲地極細砂（0.125mm）含以下之粒徑分布較少，都不超過土樣總乾重的 10%。另外本調查發現其棲地水樣大多為淡水，占了總棲地的 43%，其餘海水及半淡鹹水各占了總棲地的 28.5%。

Abstract

This study is a description of the distribution of *Cardisoma carnifex* and substrate composition of its habitats in Penghu Islands, as well as an estimation of its populations in Chinglou wetlands. Totally 17

habitat sites were recorded, including one in Magong City, three in Husi Township, seven in Baisha Township, two in Siyu Township and four in Wangan Township. In addition, there were nine presumed habitats. The main particle sizes of substrates in the habitats ranged from very coarse sand (1.000mm) to medium sand (0.250mm). The summed dry-weight of both substrates was higher than 50% of the total weight of all substrate samples. On the contrary, the smaller particles that include very fine sand (0.064mm) and silt (<0.064mm) in the substrate samples were less than 10% of the total weight. In addition, salinity of most water samples in the habitat caves showed they were freshwater. However, a few of the water samples were seawater and brackish water, accounting for 43% of the total habitat, and the remaining seawater and brackish water habitat accounted for 28.5% of the total habitat.

關鍵詞：澎湖群島、凶狠圓軸蟹、分布、粒徑分析。

Keywords: Penghu Islands, *Cardisoma carnifex*, distribution, particle size analysis.

收件日期：2015 年 03 月 02 日

接受日期：2015 年 07 月 24 日

Received: March 2, 2015

Accepted: July 24, 2015

前 言

螃蟹是起源於海洋的生物，現存螃蟹也大多生活在海洋中。但隨著時間演變，許多螃蟹漸漸向陸地拓展，相較於穩定的海洋環境，螃蟹演化到陸地將面臨許多的難題，包括溫度變化、水分的取得和保存、氧氣獲得等（陳，2012）。對於陸蟹定義，不同學者持有不同的看法，Wolcott（1988）認為陸蟹是專指地蟹科（Gecarcinidae）的蟹類；施（2013）提到這些在離開水域後，仍表現出明顯的行為、形態、生理或生化之適應，並維持一定活動的蟹類均可稱為陸蟹；Burggren and McMahon（1988）則是依照陸蟹對水份的需求度做一個等級區隔，分為 Terrestrial 1 ~ Terrestrial 5（以下簡稱 T1~T5），其中 T1 等級包含了部分淡水蟹類及

海蟹中棲息於水中為主，但也可短暫於陸地活動者；T2 等級專指潮間帶蟹類中半陸生的蟹種；T3 等級指海岸蟹類及淡水蟹中，離水雖然活躍，但仍須保持身體潮濕者；T4 等級是指陸化程度最高的海蟹，露水及食物中的水分以能滿足其需求；T5 等級對水分需求和 T4 相當，為陸化程度最高的蟹類，但專指陸封型淡水蟹中少數種類。

陸蟹演化的途徑主要是由海中往潮間帶，或是從河口往溪流移動，而水分的取得和保存依據不同地區的陸蟹，會有不同的取水方式，部分陸蟹挖洞穴居，洞穴內的濕度較高可以有效降低水份流失，且大多數陸蟹屬夜行性動物，夜晚或是降雨後的活動也能有效的避免水分蒸散（Wolcott, 1988）。氧氣的獲取也是陸蟹適應陸地生活的一大難題，但其實某些陸

蟹，只要能維持鰓的表面濕潤，在空氣中一樣可以發揮氣體交換作用，而且空氣中的氧氣含量遠較水中為高，氣體交換效率也更高，因此較小的表面積就可達到相同氣體交換量。

在生殖策略方面，大約可分為兩個類群，第一類群為棲息於內陸水域環境的陸蟹，具有大型卵，並且直接發育成小螃蟹，屬於直接發育型 (direct development)；另一類群為較靠近海的陸蟹，蟹卵均附著在母蟹腹部的附肢剛毛上，孵化出浮游性的蚤狀幼蟲 (zoea)，幼蟲在海洋中進行浮游生活，經過二至六次的脫殼後成為大眼幼蟲 (megalopa)，之後再脫殼以稚蟹的形態返回陸地 (Warner, 1977)。這一類型的陸蟹依據蚤狀幼體出生的成熟程度以及經過的浮游期長短，分為普通型發育以及縮短型發育 (abbreviated development)，大部分台灣的陸蟹尚屬普通型發育。劉 (2009) 提到縮短型發育的蟹種卵徑與數量介於上述兩類蟹類之間，抱卵母蟹體型越大，卵數則越高，剛產下的卵直徑達 1 公釐，屬大型卵。卵經過約一個半月的時間孵化出蚤狀幼蟲在兩天時間內脫殼兩次成為大眼幼蟲，再經過 12 天的時間變態為稚蟹，幼蟲可完全不攝食就能完成變態過程。但縮短型發育的蟹種甚少，棲息於恆春半島的美麗岩相手蟹 (*Lithoselanium pulchrum*) 是台灣目前發現少數縮短型發育的蟹類 (李與邱, 2013)。也因為有此生殖特性，陸蟹為陸地生態系與海洋生態系中重要的能量傳遞者之一。值得一提的是，許多陸蟹會有集體降海釋幼的情形，如毛足圓盤蟹 (*Discoplax hirtipes*) (鐘, 2004)；凶狠圓軸蟹 (*Cardisoma carnifex*) (陳, 2012)，且降海釋幼的時機和環境因子有所關聯，例如月亮週期 (lunar cycle)、潮汐週期 (tidal cycle)、日夜週期 (light-dark cycle) 等環境因子所影響。陸蟹在

生態系中通常扮演消費者的角色，在有些熱帶島嶼上甚至位於生物能量金字塔的頂端 (Burggren and McMahon, 1988)。許多大型種類是熱帶地區居民的重要蛋白質及經濟來源 (Wolcott, 1988)，而陸蟹在許多熱帶島嶼具有龐大的族群，吸引眾多的關注與研究。但陸蟹會依照棲地環境及生物組成的差異而扮演碎食者及清除者等多重的生態角色，他們藉由攝食將落葉等藉由消化及排泄作用分解為較細小的食物碎屑使分解過程加速，加快生態系內養分的能量轉化及循環，可以使整體生產力大為提高。

目前全球已知的地蟹科種類共 6 屬 22 種 (Ng and Guinot, 2001)。臺灣已記錄包含凶狠圓軸蟹 (*C. carnifex*)、毛足圓盤蟹 (*D. hirtipes*)、圓形圓盤蟹 (*D. rotundum*)、顯赫表方蟹 (*Epigrapsus notatus*)、光滑表方蟹 (*E. politus*)、紫地蟹 (*Gecarcoidea lalandii*) 等 4 屬 6 種。而澎湖地區僅記錄 1 屬 2 種 (洗與鄭, 2005)，分別為凶狠圓軸蟹 (*C. carnifex*) 及毛足圓盤蟹 (*D. hirtipes*)。凶狠圓軸蟹 (*C. carnifex*) 為臺灣陸蟹中體型最大的一種，頭胸甲可達 10 公分以上，近圓扇形，前側緣圓弧狀甚為隆起，頰區具一塊近三角狀短毛區。雄性雙螯粗壯且不對稱，整體體色為淺褐色或暗褐，步足為紅褐色。一般棲息於河口或海岸濕地之灌木叢下，穴居生活，通常洞外土質水分越高代表離上次個體活動時間越近。本種蟹主要在夜間活動，為雜食性，在台灣主要分布於西部、南部、澎湖群島及東沙群島等 (李, 2009)。而 2 種中也只有凶狠圓軸蟹有較穩定的棲地及族群。所以本研究藉由野外調查記錄澎湖群島凶狠圓軸蟹的棲地分布及特性，以供給未來保育行動等有所參考依據。

材料與方法

一、分布調查

本研究時間於 2014 年 1-12 月，以澎湖群島做為調查點，包含澎湖本島及桶盤、虎井、大倉、鳥嶼、員貝、吉貝、望安、將軍澳、七美等離島，發現棲地後每個月進行至少一次的棲地追蹤，觀察各棲地環境是否有因自然或人為所致之較大規模變化。若是曾經發現個體而尚未得知詳細地點之棲地則以該地區附近可能之地點列為推測棲地。

二、棲地特性

(一) 棲地土質之粒徑

本實驗以乾篩試驗法 (Dry sieving) (行政院農業委員會 89 農糧字第 890020475 號公告) 測定凶狠圓軸蟹棲地內土質之粒徑範圍，並依分類表分類，其方法如下：

1. 於各棲地採集洞穴土樣，採樣時取被螃蟹新挖出，尚呈濕潤狀態之底土保存於標本瓶內。
2. 將適量底土置攝氏 100 度的烘箱中烘乾，取

出後靜置乾燥箱內 40 分鐘後進行分析。

3. 將底土倒入 KUANGYANG 分析篩中由孔徑 1mm、0.5mm、0.25mm、0.125mm、0.064mm 再依序套接堆疊一併處理，分別收集篩濾後之殘餘物。
4. 將底盤及頂蓋裝上，以手搖篩 (每秒 1 往復) 持續 5 分鐘。
5. 置試驗篩 2 分鐘待微細粉塵沉降，開啓頂蓋，逐層將留置於篩面或底盤之殘餘物倒出，秤重並記錄個別重量。
6. 結果以殘餘於篩面之土重佔總重之比率表示。

(二) 棲地內水分鹽度

利用 ATAGO 鹽度計來測定凶狠圓軸蟹各棲地水分鹽度來得知凶狠圓軸蟹棲地的鹽度範圍。

結果

一、澎湖群島分布現況(圖 1)

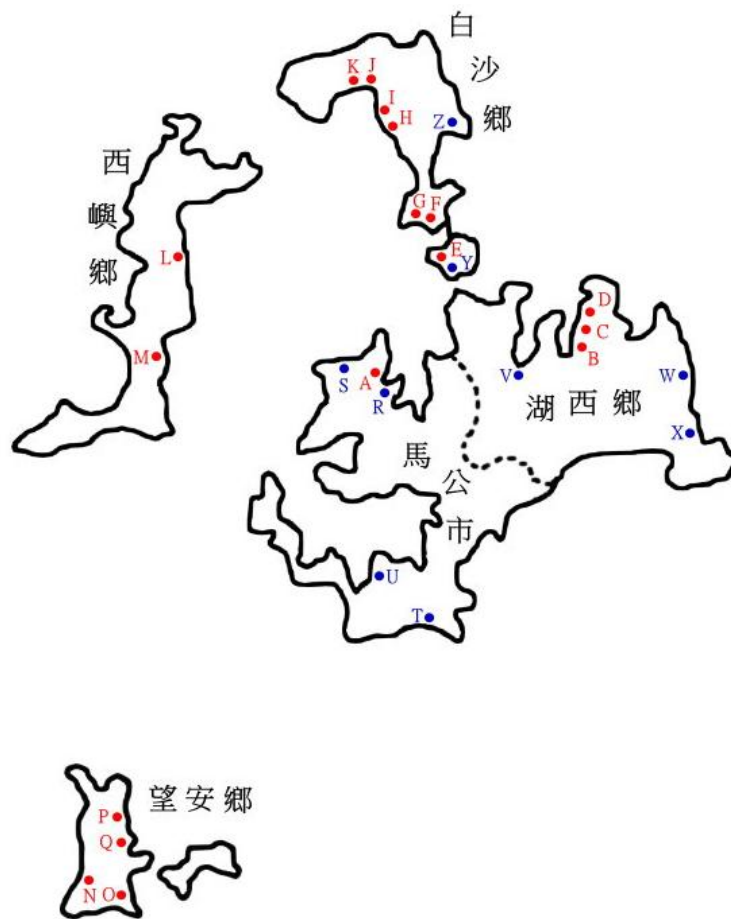


圖 1. 澎湖群島凶狠圓軸蟹分布圖。

●：確切棲地。 ★：推測棲地。

Fig1. Distribution of *Cardisoma Carnifex* in Penghu Islands.

●： Exact habitat. ★： Speculated habitat

本研究調查一共發現 17 處凶狠圓軸蟹島，詳細地點 A-Q(表 1) 確切棲地，主要分布於白沙鄉內海以及望安

表 1. 澎湖群島凶狠圓軸蟹棲地詳細位置及座標。

Table 1. Locations and coordinates of *Cardisoma Carnifex* in Penghu Islands.

樣區	地點	GPS 座標
A	西衛大排水溝旁	23°34'46.74"N 119°34'58.90"E
B	澎 13 鄉道 3 公里處旁海岸	23°35'29.21"N 119°39'03.33"E
C	青螺小廟前紅樹林	23°35'48.18"N 119°38'58.06"E
D	青螺大廟前紅樹林復育區	23°35'50.70"N 119°38'51.96"E
E	中屯海堤旁	23°36'49.11"N 119°36'01.15"E
F	城前候鳥民宿左側	23°37'24.91"N 119°35'54.24"E
G	城前候鳥民宿後方樹林	23°37'27.92"N 119°35'51.70"E
H	瓦峒潮間帶旁-南	23°38'59.86"N 119°35'10.61"E
I	瓦峒潮間帶旁-北	23°38'53.28"N 119°35'13.37"E
J	澎 8-1 鄉道 3 公里處海測	23°39'45.35"N 119°34'39.81"E
K	澎 8-1 鄉道 2.5 公里二旁	23°39'43.58"N 119°34'51.41"E
L	二崁漁港(天和養殖場)旁	23°36'21.49"N 119°31'16.57"E
M	澎 5 鄉道 4.5 公里旁	23°35'29.07"N 119°30'42.90"E
N	望安西安水庫下游	23°21'54.53"N 119°29'43.34"E
O	望安電力公司前海岸	23°21'31.97"N 119°30'27.76"E
P	望安鴛鴦窟內溝渠	23°22'54.29"N 119°30'24.56"E
Q	望安布袋港內側窪地	23°22'20.52"N 119°30'27.07"E

二、棲地特性探討

在粒徑分析的結果中發現，大多數的樣區土質粒徑分布在極粗砂（1.000mm）及粗砂（0.500mm），反觀分布在極細砂至粉泥之粒徑比例較少，甚至在粉泥粒徑都不超過總重的

10%，由此實驗推測凶狠圓軸蟹的棲地土徑介於極粗砂與中等粗砂之間(表 2)。在棲地水樣鹽度分析中發現，凶狠圓軸蟹棲地水樣大多為淡水，但也有少數棲地為海水或是半鹹水域(表 3)。

表 2. 棲地中各種粒徑土樣乾重之百分比

—：因地形限制無法取得土樣。

Table 2. Percentage of various particle sizes of dry soil in each habitat.

—: Due to topographical constraints, soil samples couldn't be obtained.

樣區	土樣粒徑 (mm)					
	>1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.064	<0.064
A	28%	30%	22%	10%	3%	7%
B	16%	22%	29%	24%	7%	2%
C	28%	23%	23%	13%	8%	5%
D	50%	30%	9%	6%	4%	1%
E	27%	25%	26%	14%	6%	2%
F	—	—	—	—	—	—
G	30%	20%	25%	16%	8%	1%
H	—	—	—	—	—	—
I	—	—	—	—	—	—
J	—	—	—	—	—	—
K	42%	17%	21%	14%	5%	1%
L	—	—	—	—	—	—
M	29%	27%	18%	13%	9%	3%
N	59%	27%	9%	3%	1%	0%
O	39%	22%	20%	12%	5%	1%
P	53%	20%	13%	2%	5%	3%
Q	10%	13%	41%	21%	9%	6%

表 3. 各棲地水樣之鹽度。

—：因地形限制無法取得水樣。

Table 3. Water salinity in each habitat.

—: Due to topographical constraints, water samples could not be obtained.

樣區	地點	鹽度 psu
A	馬公-西衛大排水溝旁	28
B	湖西-澎 13 鄉道 3 公里處旁海岸邊	30
C	湖西-青螺小廟前紅樹林	36
D	湖西-青螺大廟前紅樹林復育區	36
E	白沙-中屯海堤旁	—
F	白沙-城前候鳥民宿左側	—
G	白沙-城前候鳥民宿後方樹林	5
H	白沙-瓦峒潮間帶旁-南	0
I	白沙-瓦峒潮間帶旁-北	0
J	白沙-澎 8-1 鄉道 3 公里處靠海測	—
K	白沙-澎 8-1 鄉道 2.5 公里二旁	0
L	西嶼-二崁漁港(天和養殖場)旁	20
M	西嶼-澎 5 鄉道 4.5 公里旁	0
N	望安-西安水庫下游	5
O	望安-電力公司前海岸	30
P	望安-鴛鴦窟內溝渠	0
Q	望安-布袋港內側窪地	0

討論

一、澎湖群島凶狠圓軸蟹棲地之探討

實地調查中發現，澎湖群島凶狠圓軸蟹的棲地環境主要是分為濕地、溪流以及窪地（圖 2），在濕地中推斷因為漲退潮換水效率不佳，若是雌蟹在此降海釋幼，多數幼苗會留在濕地的範圍內而不易擴展至其他地方，例如：青螺濕地；溪流棲地主要是在出海口前的河道二側，棲息於此的個體依照常理會步行至海邊釋

幼，但棲地水位會依照季節的不同有些變化，使得溪流邊緣的棲地環境容易受外在因素影響而改變，例如：池東棲地；窪地地形的棲地範圍通常很小且洞穴數量可能不及 10，只有少數的個體在此生活，例如：中屯棲地。從此調查結果發現到，凶狠圓軸蟹對於水分需求較大但不至於連洞口都需浸至水中，只要有適合的土徑及穩定的水源即可在此生活，且其棲地並非都屬於大型棲地，在澎湖還是以小型棲地佔多數，只有青螺濕地（BCD）、城前（G）及望安

水坵 (Q) 等五處屬於大型棲地。且在調查結果發現到，澎湖群島凶狠圓軸蟹在棲地範圍內會發現到雙齒近相手蟹 (*Periseama bidens*)、臺灣厚蟹 (*Helice formosensis*)、土夸大額蟹

(*Metopograpsus thukuhar*) 及麗彩招潮 (*Uca splendida*) 等蟹類，推測凶狠圓軸蟹與上述蟹類對棲地的需求有共通的關係。



圖 2. 澎湖群島凶狠圓軸蟹棲地類型。A 濕地 (青螺)。B 溪流 (池東)。C 窪地 (中屯)

Fig2. Habitat type of *Cardisoma Carnifex* in Penghu Islands. A: Wetland (Chinglou). B: River (Chihdong). C: Depressions (Zhongtun).

此外，研究期間亦概略評估青螺濕地凶狠圓軸蟹之族群結構，發現雄蟹平均頭胸甲寬為 $8.6 \pm 1.30\text{cm}$ (N=75)，體型最大者為 11.0cm ；雌蟹平均頭胸甲寬為 $7.4 \pm 0.75\text{cm}$ (N=30)，體型最大者為 8.8cm ，其雌雄比例約為 2：5，並粗估族群量介於 260~420 個體間。

二、澎湖群島凶狠圓軸蟹推測棲地探討

目前現有的資料中有 9 處棲地屬於推測棲地，包含馬公市西衛里 R、重光里 S、井垵里 T 及山水里 U；湖西鄉成功村 V、菓葉村 W 及龍門村 X；白沙鄉中屯村 Y 及港子村 Z (表 4)。以各樣區分別敘述推測，(R) 樣區發現地點位

於澎湖科技大學海科大樓內以及室外的排水溝渠，推斷棲地是介於本校海科大樓及後方潮間帶之間，亦有可能從 (A) 樣區經由陸地進入本校。(S) 樣區發現地點位於重光里的住家門前，調查發現重光里有一處排水溝渠流至重光潮間帶，也曾經在這條溝渠的出海口發現凶狠圓軸蟹的頭胸甲殘骸，推斷其棲地位於較內陸的溝渠二側草堆中。(T) 樣區所發現的地方山水沙灘附近，推斷在附近的山水濕地公園條件是非常符合凶狠圓軸蟹在此生活的，但因為是沼澤地形調查上較為困難及危險且因地形的關係無法進入濕地範圍內觀察。(U) 樣區發現地點為井垵漁港的周邊，漁港的末端有一處樹林，樹林底層較可能為棲地位置，此地也是調查中唯一一處位於澎湖內灣的棲地。(V) 樣區則是依照陳 (2014) 的調查中推測，本人實地調查中發現附近有馬公機場的天然排水渠道，通常只有下雨時才有充沛的水源，但因為地形

的關係無法深入調查。(W) 發現地點位於菓葉漁港內的緩衝輪胎上，附近的山坡上有一處人工窪地，而這個窪地是較有可能成為凶狠圓軸蟹棲地的地方。(X) 樣區發現地點為 202 縣道龍門段，從潮間帶往內陸調查中推斷可能是位於龍門的天然排水溝渠或是樹林的底層。(Y) 樣區發現地點位於中屯國小內，但實際調查後發現有植栽工程的進行並未發現洞穴，推測可能地點為校內排水溝渠或是已遷徙。(Z) 樣區發現地點位於澎湖水族館旁溝渠內，推測較有可能的棲地為水族館旁的小型窪地。由於凶狠圓軸蟹離水後還保有相當活動能力，且對於棲地環境要求並不嚴苛，因此由前人研究以及本次的調查中推測，澎湖群島凶狠圓軸蟹分布可能相當廣泛，唯土層淺薄，少有大面積合宜之棲地，因此可能較不易形成大量族群聚集之現象。

表 4. 澎湖群島凶狠圓軸蟹推測棲地位置

Table 4. Speculated habitat locations of *Cardisoma Carnifex* in Penghu Islands.

樣區	調查方法、及發現地點	推測地點
R	目視 (澎湖科大海科大樓內)	澎湖科大排水渠道週邊
S	目視 (重光里住家門前)	重光里排水溝渠
T	目視、標本紀錄 (井垵里活動中心)	井垵漁港旁小型濕地
U	目視 (山水沙灘)	山水濕地公園
V	前人研究發現 (陳, 2014)	馬公機場排水渠道週邊
W	目視 (菓葉漁港緩衝輪胎內)	菓葉海岸線旁窪地
X	新聞報導 (202 縣道龍門段)	龍門海岸樹林底層
Y	中學科展發表 (中屯國小內)	中屯國小溝渠
Z	目視 (澎湖水族館附近溝渠)	澎湖水族館旁窪地

三、澎湖的陸蟹保育及發展

大多數的陸蟹繁殖季時會產生集體的遷移行為，由本研究發現，棲地範圍較大的三個區域中，青螺濕地（BCD）及望安水垵（Q）緊鄰路旁，因此棲地等附近的道路周邊都是陸蟹保育的重點範圍，二者中澎湖縣政府已在青螺濕地的南北側入口設立了「陸蟹出沒，減速慢行」之標語，建議望安鄉之水垵棲地亦比照設立警告牌，此外，而城前（G）棲地並未鄰近主線道，而是位於社區周邊，因此建議地方政府能更提升當地民眾的生態教育，使其能結合生態旅遊及當地牡蠣養殖產業，以達三生共榮之目標。其他緊鄰路邊的瓦硐（K）及池東（M），棲地範圍雖不大，但繁殖期間下海產卵的個體有被路殺之風險，仍宜設立適當設立警告牌以提醒用路人之注意。

在臺灣有關陸蟹的生態旅遊，目前較有規模的是墾丁國家公園管理處在暑假所推動的「夜探陸蟹」，還有「幫忙陸蟹媽媽過馬路」等活動，而澎湖之陸蟹資源，也應有條件在兼顧生態教育下成為旅遊中的一環，因此應可藉由當地民眾的生態導覽，將日間與夜間的觀光產業相互串連，發揮生態資源永續經營之效果。

引用文獻

- 李政璋、邱郁文。2013。半島陸蟹。國立海洋生物博物館。屏東縣。9-19 頁。
- 李政璋。2009。臺灣地蟹科蟹類及其幼苗分類研究。國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所碩士論文，屏東縣，1-4 頁。
- 洗宜樂、鄭明修。2005。澎湖的蟹類。行政院農委會澎湖水產試驗所。澎湖縣。239 頁。
- 施習德。2013。全球地蟹科陸蟹簡介。臺灣博物季刊 119 (3) : 22-27。
- 陳姿潔。2012。恆春半島兇狠圓軸蟹的繁殖生態。國立中山大學海洋生物研究所碩士論文。高雄市。1-10 頁。
- 陳啓章。2014。澎湖青螺及菜園濕地甲殼十足目動物相與分布研究。國立澎湖科技大學水產資源與養殖研究所碩士論文。澎湖縣。28-31 頁。
- 劉烘昌。2009。墾丁國家公園陸蟹資源調查與經營管理計畫。墾丁國家公園管理處。屏東縣。87 頁。
- 鍾奕靈。2004。毛足圓盤蟹 (*Discoplax hirtipes*) 生活史特性並應用於生態工法。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文。屏東縣。1-16 頁。
- Burggren, W. W. and B. R. McMahon. 1988. Biology of the land crabs. Pages 1-5 in W. W. Burggren and B. R. McMahon, editors. Biology of the land crabs. Cambridge University Press, New York.
- Ng, P. K. L., and D. Guinot. 2001. On the land crabs of the genus *Discoplax* A. Milne Edwards, 1867 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Gecarcinidae), with description of a new cavernicolous species from the Philippines. Raffles Bull. Zool., 49(2): 311-338.
- Warner, G. F. 1977. The biology of crabs. London: Elek Science. pp202.
- Wolcott, T. G. 1988. Ecology. Pages 55-138 in W. W. Burggren and B. R. McMahon, editors. Biology of the land crabs. Cambridge University Press, New York.

台灣小相手蟹屬(十足目：短尾下目：相手蟹科)兩種新紀錄

Two Newly Recorded Crabs of *Nanosesarma* (Decapoda: Brachyura: Sesarmidae) from Taiwan

李政璋^{1,*} 曾令光²

Jheng-Jhang Li^{1,*}, Ling-Kuang, Tseng²

¹ 國立海洋生物博物館展示組 944 屏東縣車城鄉後灣村後灣路 2 號

² 國立東華大學海洋生物研究所 944 屏東縣車城鄉後灣村後灣路 2 號

¹ Exhibition Department, National Museum of Marine Biology and Aquarium, Pingtung, Taiwan. 2 Houwan Road, Checheng, Pingtung, 944, Taiwan, R.O.C.

² Graduate Institute of Marine Biology, National Dong Hwa University. 2 Houwan Road, Checheng, Pingtung, 944, Taiwan, R.O.C.

* 通訊作者：epigrapsus@nmmba.gov.tw

* Corresponding author: epigrapsus@nmmba.gov.tw

摘要

相手蟹科的小相手蟹屬(*Nanosesarma* Tweedie, 1950)過去在臺灣僅記錄小型小相手蟹 *N. minutum* (De Man, 1887)(*N. gordonii* (Shen, 1935))一種。本文新增同屬的安德遜小相手蟹 *N. andersonii* (De Man, 1887) 與毛線小相手蟹 *N. vestitum* (Stimpson, 1858)兩種，臺灣是後者在世界分布的最南界。本文描述臺灣這三個種類的形態與生態，包含原色照片、重要特徵線繪圖與檢索表。

Abstract

Nanosesarma minutum (De Man, 1887) is the only species of *Nanosesarma* Tweedie, 1950 known thus far in Taiwan. Two additional species of con-genus, *N. andersonii* (De Man, 1887) and *N. vestitum*

(Stimpson, 1858) are newly recorded through the present study. Taiwan is the southernmost point of *N. vestitum*'s distribution in the world. The morphology, ecological notes and a key to these three species found in Taiwan are also provided.

關鍵詞：相手蟹、小相手蟹、臺灣、新紀錄

Key words: Sesarmidae, *Nanosesarma*, Taiwan, new records

收件日期：2015 年 03 月 06 日

接受日期：2015 年 07 月 24 日

Received: March 6, 2015

Accepted: July 24, 2015

前 言

小相手蟹屬(*Nanosesarma* Tweedie, 1950) 是相手蟹科裡體型最小的一群，主要棲息在中、高潮帶。Seréne and Soh (1970)曾在此屬下建立 *Nanosesarma* 與 *Beanium* 兩個亞屬，後來 Tan and Ng (1994)將此兩亞屬提升成為獨立的屬。但 Holthuis (1977)認為 Seréne and Soh 建的 *Nanosesarma* 與 *Beanium* 兩亞屬特徵差異不夠明確，無劃分出亞屬的必要，故認為 *Beanium* 是 *Nanosesarma* 的異名，此觀點也被後續更多的研究者使用(Abele, 1979; Komai *et al.*, 2004; Ng *et al.*, 2008)。世界 *Nanosesarma* 屬的校訂正由 Peter J. F. Davie 進行中(Ng and Davie, 私人通訊)。

Nanosesarma 在世界上共有 11 種(Ng *et al.*, 2008; Naderloo and Türkay, 2009)，在台灣最早被記錄的種類是戈氏小相手蟹 *N. gordonii* (Shen, 1935)，由 Fukui *et al.* (1989)記載於台北

淡水河口與屏東恆春，後續再由游祥平等(1996)與鄭明修(1997)記錄於屏東墾丁。第二種被記錄的是小型小相手蟹 *N. minutum* (De Man, 1887)，首先由 Hsueh (1996)列為台中高美溼地的蟹類之一，後來也由賴森煌等(1997)記錄於高雄港。但迄今 *N. gordonii* 已被認定為 *N. minutum* 的異名(Ng *et al.*, 2008; Naderloo and Türkay, 2009)，故台灣產小相手蟹在過去被記錄的實際上僅有一種。

本文記述另外兩種小相手蟹——安德遜小相手蟹 *Nanosesarma andersoni* (De Man, 1887) 與毛線小相手蟹 *N. vestitum* (Stimpson, 1858)。標本皆為徒手採集，並以游標尺量測頭胸甲寬(CW, carapace width, 頭胸甲左右最寬之距離)與頭胸甲長(CL, carapace length, 頭胸甲額緣中央至後緣中央之距離)，以 mm 為單位。標本存放於國立海洋生物博物館(National Museum of Marine Biology and Aquarium, NMMBA)。

台灣產小相手蟹屬(*Nanosesarma*)之種檢索表

1. 頭胸甲前側緣含眼窩外齒在內具兩枚齒，由一明顯的 V 型缺刻隔開；雄性螯足掌節背緣無梳狀隆脊，可動指背緣無列狀顆粒.....小型小相手蟹 *N. minutum*
- 頭胸甲前側緣在眼窩外齒後無側齒，或僅有小突起；雄性螯足掌節背緣有一或二列梳狀隆脊，可動指背緣有明顯列狀顆粒.....2
2. 頭胸甲寬約等於甲長，額區有三對束狀的短毛；雄性螯足掌節背緣有二列梳狀隆脊，可動指背緣的列狀顆粒為 50 枚以上.....毛線小相手蟹 *N. vestitum*
- 頭胸甲寬大於甲長，額區無束狀短毛；雄性螯足掌節背緣有一列梳狀隆脊，可動指背緣的列狀顆粒為 14 枚.....安德遜小相手蟹 *N. andersoni*

安德遜小相手蟹

Nanosesarma andersoni (De Man, 1887)

圖 1A; 圖 2A, B; 圖 3A, C; 圖 4A

Sesarma andersoni – De Man, 1887: 657; 1888: 172: pl. 12, figs. 1-4; Alcock, 1900: 418.

Nanosesarma andersoni – Tweedie, 1950: 310.

Nanosesarma (Beanium) andersoni – Seréne and Soh, 1970: 394.

Beanium andersoni – Tan and Ng, 1994: 82.

Nanosesarma andersoni– Komai et al., 2004: 45, Figs. 1D, 5.

Nanosesarma andersonii–Ng et al., 2008: 221.

檢視標本： 3♂♂: 6.6×4.6mm~7.4×5.2mm; 1♀(抱卵): 7.7×5.1mm, 3 Jul. 2014, 屏東縣萬里桐(NMMBCD004373), 李政璋採集。

形態特徵：頭胸甲倒梯形，甲寬約為甲長的 1.4 倍，著生若干短毛，分區模糊，胃區與心區略可辨識，鰓區具數條斜行隆線。額緣平直，額後分四葉，中間兩葉較寬而突起，邊緣兩葉低平；眼窩外齒銳三角型，側緣平直，往後緣收攏(圖 2A)。螯足長節腹緣內末

角突出，呈近圓形的薄葉，邊緣鋸齒狀；掌節外側面光滑，背緣有較密集的顆粒，雄性具一列由 19 枚突起組成之斜向梳狀隆脊，雌性則無；近腹緣具一列由細小顆粒組成之淺隆脊；雄性可動指背緣具 14 枚列狀排列的顆粒，越往末端漸次增大也漸平坦，雌性則無此顆粒；兩指基部咬合緣具短毛(圖 2B; 3A)。各對步足長節、腕節與前節的背、腹緣皆具長剛毛，長節寬扁，腹緣近末端擴大成薄葉狀，邊緣具鋸齒狀突起；腕節與前節背緣除長剛毛也密生短毛，前節腹緣末端具二至三枚並生的棘；指節腹緣中央具一至二枚並生的棘；第一至第三步足指節背緣無棘，第四步足指節背緣具二至三枚棘(圖 3C)。頭胸甲深褐色，帶有淺灰藍色雲狀斑塊；步足淺灰褐色，螯掌淺紫紅色，螯指白色，可動指背緣基部淺紫紅色。剛毛黑褐色(圖 1A)。雄性第一交接器筆直，末端角質突起末端稍窄長，約呈 45 度彎指向外方(圖 4A)。

棲息地：本種在日本琉球曾被發現於紅樹林的腐木孔隙中(Komai et al., 2004)，在台灣則發現於有砂石堆積的珊瑚礁海岸中潮帶。

分布：緬甸丹老群島(Mergui Archipelago)

、馬來西亞、琉球南部(Tan and Ng, 1994; Komai *et al.*, 2004)與臺灣南部(本研究)。

備註： Komai *et al.*(2004)檢視的標本在眼窩外齒後具一枚側齒遺痕小突起，但本研究檢視的標本則是完全平直；且 Komai *et al.* 的頭胸甲寬約為甲長的 1.36 倍，本研究檢視的標本為 1.42 至 1.5 倍。

Tweedie(1950)在建立 *Nanosesarma* 屬時，指名 *Sesarma andersoni* 為模式種，後來 Seréne and Soh(1970)在建立亞屬 *Nanosesarma* 與 *Beanium* 時，分別指定 *N. minutum* 與 *N. andersoni* 為模式種。但這兩個亞屬並未被後續的研究者採用，故此屬的模式種仍應為較早由 Tweedie 指定的 *N. andersoni*，而非 *N. minutum* (Tan and Ng, 1994; Holthuis, 1977; Komai *et al.*, 2004; Ng *et al.*, 2008)。

小型小相手蟹

Nanosesarma minutum (De Man, 1887)

圖 1. B-D; 圖 2. C, D; 圖 3D; 圖 4B

Sesarma minuta – De Man, 1887: 650.

Sesarma barbimana – Cano, 1889: 93.

Sesarma (Sesarma) gordonii – Shen, 1935: 27, text- fig. 7; Sakai 1939: 687-688, pl. 79, fig. 2.

Nanosesarma gordonii – Tweedie, 1950: 311; Sakai 1976: 663, pl. 223 fig. 3; Fukui *et al.*, 1989: 230, fig. 20; 黃榮富, 1989: 61 pl. 8, textfigs. 24a, b; 游祥平等, 1996: 15; 鄭明修, 1997: 18.

Sesarma gordonii – Ng, *et al.*, 2001: 42.

Nanosesarma minuta – Tweedie, 1950: 311.

Nanosesarma (Nanosesarma) minutum – Seréne and Soh, 1970: 393, pl. 1 fig. G; 戴愛雲等, 1986: 483, 圖版 68(2); 图 272(1-2); Dai and

Yang, 1991: 530, pl. 68(2); fig. 272 (1-2).

Nanosesarma minutum – Hsueh, 1996, 賴森煌等, 1997: 230, 圖八 B; Ng *et al.*, 2001: 42; Ng *et al.*, 2008: 221.

檢視標本： 3♂♂：7.2×6.2mm~8.2×6.8mm；1♀：6.5×5.5mm，20 Jun. 2014，澎湖縣青螺(NMMBCD004301)，李政璋採集。

形態特徵：頭胸甲近倒梯形，甲寬約為甲長的 1.2 倍，甲面著生短毛；分區模糊，胃區與心區略可辨識，鰓區具數條斜行隆線；額緣中部內凹，額後分四葉，中間兩葉較大而突起，邊緣兩葉小而較低平。眼窩外齒銳三角型，在眼窩外齒之後具兩枚齒，第一枚為明顯的三角形齒，由一 V 型缺刻與眼窩外齒隔開；第二枚齒僅為低平突起(圖 2C)，常被頭胸甲的毛覆蓋而不顯見。

螯足長節腹緣內末角突出，呈近三角形的薄葉，邊緣為鋸齒狀；掌節外側面散生顆粒，並密生短毛；近腹緣處具一列顆粒隆脊，以此為界，靠腹緣側光滑無毛(圖 1D)；可動指基部具小顆粒，雄性背緣拱起(圖 2D)，雌性較平坦。

各對步足長節、腕節與前節的背、腹緣具長剛毛；長節寬扁，腹緣近末端擴大成近三角形的薄葉狀，邊緣具鋸齒；腕節與前節的背側面除長剛毛也密生短毛；指節腹緣具兩列棘，各由三至四枚棘組成；指節背緣在第一至第三步足無棘，在第四步足具二至四枚棘(圖 3C)。

頭胸甲為深褐色；步足黃褐色；螯掌黃褐或橘黃色，螯指紅褐色。剛毛黑褐色，常帶有淺棕色棉絮狀附著物(圖 1B-C)。

雄性第一交接器筆直，末端角質突起末端稍寬短，呈匙形，約呈 35 度彎指向外方(圖 4B)。

棲息地：主要棲所為河口與岩礁海岸潮間帶。

分布：印尼、印度、新加坡、泰國、馬達加斯加、香港、大陸、日本(Tweedie, 1950; Dai and Yang, 1991)。在臺灣廣泛分部於西部沿海與澎湖、金門(Hsueh, 1996; 賴森煌等, 1997; 本研究)。

備註：Tweedie(1950)曾將 *Sesarma gordonii* 與 *S. minuta* 也移入 *Nanosesarma* 屬，但 Seréne and Soh(1970)與 Ng *et al.*(2001, 2008)皆指出 *N. gordonii* 為 *N. minutum* 的異名，後續也由 Naderloo and Türkay(2009)說明，這兩個種類的形態沒有任何差別，不足被獨立為兩個種。Seréne and Soh 也曾將 *N. jousseamei* (Nobili, 1906)視為 *N. minutum* 的異名，但 Ng *et al.*(2008)將 *N. jousseamei* 列為有效種，後來 Naderloo and Türkay(2009)也提出若干形態差異，將 *N. jousseamei* 與 *N. minutum* 與清楚分開，兩者皆為有效種。

Tweedie(1950)也曾將 *Sesarma barbimana* Cano, 1889 列為 *Nanosesarma* 屬，Abele(1979)指出，Cano(1889)在發表 *Sesarma barbimana* 時只檢視一隻雌性標本，採集於南美洲祕魯的派塔(Paita)。Abele 根據 Cano 的形態描述，認為 *S. barbimana* 與 *N. minutum* 符合，提出 *Sesarma barbimana* 為 *N. minutum* 的異名，此觀點也由 Ng *et al.*(2008)接受。Abele 也指出 *S. barbimana* 的採集地-派塔應為錯誤標記，故 *N. minutum* 在美洲並無紀錄。

毛線小相手蟹

Nanosesarma vestitum (Stimpson, 1858)

圖 1. E, F; 圖 2. E, F; 圖 3B, E; 圖 4C

Sesarma vestita – Stimpson, 1858: 106; De Man 1887: 644; Tesch 1917: 208.

Sesarma (Parasesarma) vestita – Sakai 1939:

684.

Nanosesarma vestita – Tweedie, 1950: 311.

Nanosesarma vestitum– 永井與野村, 1988: 117; Ng *et al.*, 2008: 221; 日本ベントス学会. 2012: 196.

檢視標本：1♂：7.07×6.92mm，9 Apr. 2014，屏東縣萬里桐(NMMBCD004414)；1♂：4.97×4.88mm，20 Dec. 2014，屏東縣萬里桐(NMMBCD004695)；1♀：8.40×7.84mm，7 Dec. 2013，屏東縣萬里桐(NMMBCD004696)，曾令光採集；1♀：7.80×7.80mm，2 Apr. 2014，臺東縣杉原(NMMBCD004415)，張雅凌採集。

形態特徵：頭胸甲近正方形，甲寬約為甲長的 1.0 倍；胃區與心區分界清楚，後側區具一條斜行隆線；額緣中部略內凹，額區具有三對束狀的短毛；額略分成四葉，中央兩葉較突起；前側緣在眼窩外齒後具一枚側齒遺痕(圖 2E)。雄性腹部寬三角形(圖 1F)。

螯足長節腹緣內末角突出，呈近圓形的薄葉，邊緣為鋸齒狀；腕節與掌節外側面著生短毛，雄性掌節背緣具兩列斜向梳狀隆脊，分別由 14 枚與 4 枚突起組成；可動指背緣具一列 50 枚以上顆粒(圖 3B)；雌性掌節背緣無梳狀隆脊，可動指背緣光滑，無顆粒。

各對步足長節、腕節與前節的背、腹緣著生長剛毛，以第四步足毛量最多；長節背緣近末端具一短刺；前節腹緣末端具兩枚短棘；指節腹緣中部具一枚短棘(圖 3E)。

頭胸甲深灰褐色，步足、螯足為淺褐色；螯指白色，可動指背緣基部淺褐色。絨毛與剛毛為褐色，常帶有淺棕色棉絮狀附著物(圖 1E)。

雄性第一交接器筆直，末端角質突起末端長且寬，末端呈窄匙形，約呈 80 度彎指方向

外方；外側另有一近隧道狀的突起(圖 4C)。

棲息地：在日本被發現於具有流水的岩礁潮間帶，常棲息於死珊瑚的骨骼間隙(日本ベントス学会, 2012)。在台灣的棲息環境大致相同，棲息在高潮帶覆有藻類的礁石上。

分布：日本喜界島(Kikaisima)、奄美大島、沖繩、琉球(Tweedie, 1950; Stimpson, 1858; 永井與野村, 1988; 日本ベントス学会, 2012)、臺灣南部與東部(本研究)。

備註：本種除了日本南部若干島嶼的紀錄之外，沒有其他的記載。本文首度記錄於台灣，也是目前分布的最南界。本種因為具有較好的保護色，在野外不容易被發現(永井與野村, 1988; 日本ベントス学会, 2012)。本種頭胸甲接近正方形，著生成簇的短毛，這些形態使本種易與其他種類區別。

謝 誌

感謝新加坡國立大學 P. K. L. Ng 博士與澳洲昆士蘭大學 P. J. F. Davie 博士提供研究資訊。也感謝國立海洋生物博物館林嘉瑋博士在採集上的協助。

引用文獻

日本ベントス学会。2012。干潟の絶滅危惧動物図鑑，海岸ベントスのレッドデータブック。東海大学出版会。306 頁。
永井誠二、野村恵一。1988。沖繩海中生物図鑑第七卷。新星図書出版。250 頁。
游祥平、鄭明修、陳天任、何平合、施志昀。1996。墾丁國家公園海域及陸域甲殼十足類生物相調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處。80 頁。

鄭明修。1997。墾丁國家公園海域及陸域甲殼十足類生物相調查(第二年)—海域甲殼十足類群聚之調查研究，保育研究報告第 96 號。內政部營建署墾丁國家公園管理處。66 頁。

賴森煌、黃榮富、方力行。1997。高雄港區之蟹類相。台灣省立博物館年刊(40)：225-240。

戴愛雲、楊思諒、宋玉枝、陳國孝。1986。中國海洋蟹類。海洋出版社。645 頁。

Abele, L. G. 1979. A reevaluation of *Sesarma barbimanum* Cano, 1889 and *Sesarma crassipes* Cano, 1889 (Crustacea: Decapoda: Grapsidae). Proceedings of the Biological Society of Washington 92: 176-183

Alcock, A. 1900. Materials for a carcinological fauna of India. No. 6. The Brachyura Catametopa, or Grapsoidea. Journal of the Asiatic Society of Bengal 69 (2) (3): 279-456.

Cano, G. 1889. Crostacei brachiuri ed Anomuri raccolti nel viaggio della "Vettor Pisani" intorno al globo. Bollettino della Società di Naturalisti in Napoli 3(1):79-105.

Dai, A.-Y. and S.-L. Yang. 1991. Crabs of the China Seas. China Ocean Press, Beijing, 682pp.

Fukui, Y., K. Wada, and C.-H. Wang. 1989. Ocypodidae, Mictyridae and Grapsidae (Crustacea: Brachyura) from some coasts of Taiwan. Journal of Taiwan Museum 42(1): 225-238.

Holthuis, L. B. 1977. The Grapsidae, Gecarcinidae and Palicidae (Crustacea:

- Decapoda: Brachyura) of the Red Sea. Israel Journal of Zoology 26: 141-192.
- Hsueh, P.-W. 1996. Brachyuran composition and its associated microhabitats at the Kaomei coastal wetland, west-central Taiwan. Bulletin of the National Museum of Natural Science 8: 35-42.
- Komai, T., T. Nagai, A. Yogi, T. Naruse, Y. Fujita and S. Shokita. 2004. New records of four Grapsoid crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) from Japan, with notes on four rare species. Natural History Research 8(1): 33-63.
- De Man, J. G. 1887. Übersicht der Indo-pacifischen Arten der Gattung *Sesarma* Say nebst einer Kritik der von W. Hess und E. Nauck in den Jahren 1865 und 1880 beschriebenen Decapoden. Zoologische Jahrbucher 2: 639-689.
- De Man, J. G. 1888. Report on the podophthalmus Crustacea of the Mergui Archipelago, collected for the trustees of the Indian Museum, Calcutta. Journal of the Linnean Society, Zoology 22: 1-312.
- Naderloo, R. and M. Türkay. 2009. A new species of the genus *Nanosesarma* (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Sesarmidae), and redescription of *Nanosesarma jousseaumei* (Nobili, 1906), including new records from the Persian Gulf. Journal of Natural History 43: 2911-2923.
- Ng, P. K. L., D. Guinot and P. J. F. Davie. 2008. Systema brachyurorum: part I. An annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world. The Raffles Bulletin of Zoology, 17: 1-286
- Ng, P. K. L., C. H. Wang, P. H. Ho and H. T. Shih. 2001. An annotated checklist of brachyuran crabs from Taiwan (Crustacea: Decapoda), National Taiwan Museum Special Publication Series 11: 1-86.
- Sakai, T. 1939. Studies on the crabs of Japan. IV. Brachygnatha. Brachyrhyncha. Pp. 365-741, pis. 42-104. Yokendo Ltd., Tokyo.
- Sakai, T. 1976. Crabs of Japan and the Adjacent Seas. Kodansha, Tokyo, Japan. 1-379. pl. 1-251.
- Serène, R. and C. L. Soh. 1970. New Indo-Pacific genera allied to *Sesarma* Say 1817 (Brachyura, Decapoda, Crustacea). Treubia 27(4): 387-416.
- Shen, C. J. 1935. On some new and rare crabs of the families Pinnotheridae, Grapsidae and Ocypodidae from China. Chinese Journal of Zoology 1: 19-40.
- Stimpson, W. 1858. Prodromus descriptionis animalium evertibratorum, quae in Expeditione ad Oceanum Pacificum Septentrionalem, a Republica Federata missa, Cadwaladaro Ringgold et Johanne Rodgers Ducibus, observavit et descripsit. Pars V. Crustacea Ocypodoidea. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 10: 93-110.
- Tan, C. G. S. and P. K. L. Ng. 1994. An annotated check list of mangrove brachyuran crabs from Malaysia and Singapore. Hydrobiologia 285: 75-84.

Tesch J. J. 1917. Synopsis of the genera *Sesarma*, *Metasesarma*, *Sarmatium* and *Clistocoeloma*, with a key to the determination of the Indo-Pacific species. Zoologische Mededeelingen uitgegeven vanwege's Rijks Museum van Natuurlijke

Historie te Leiden 3: 127-260.

Tweedie, M. W. F. 1950. Notes on Grapsoid crabs from the Raffles Museum. The Bulletin of the Raffles Museum 23: 310-324.

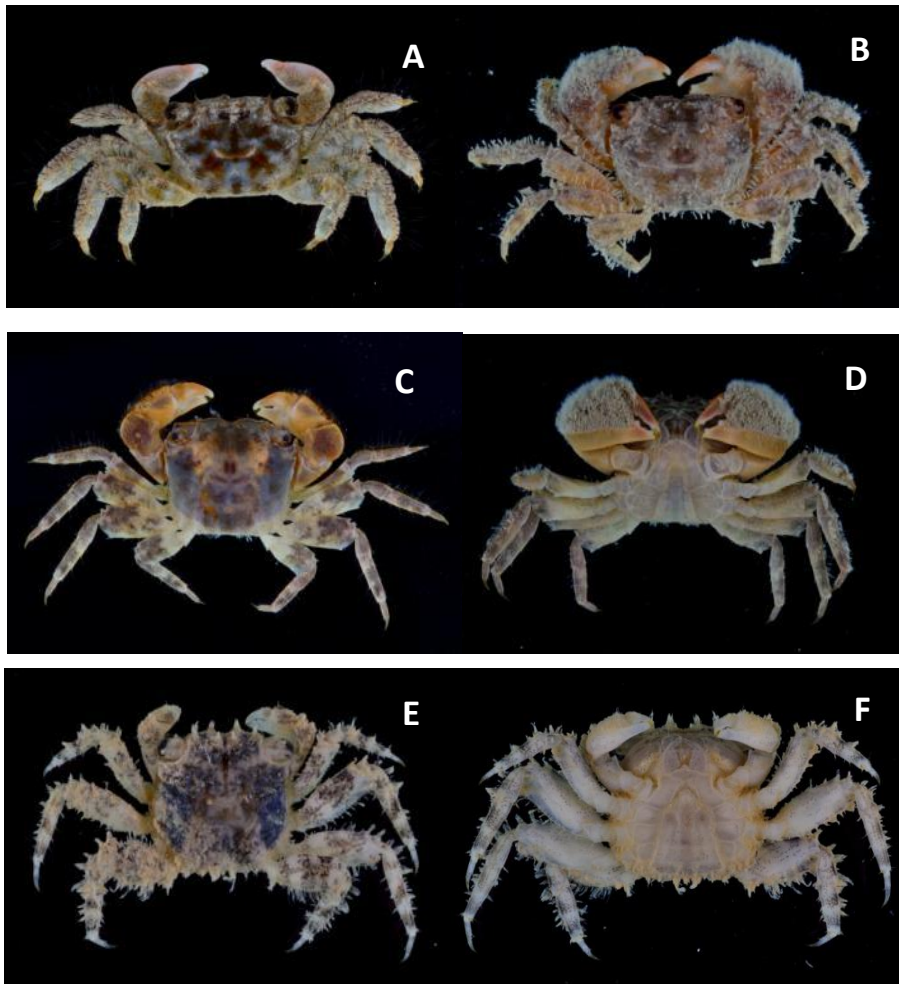


圖 1. 臺灣產小相手蟹屬 *Nanosesarma* 原色相片。A, 安德遜小相手蟹 *N. andersoni* ; B-D, 小型小相手蟹 *N. minutum* (B, 去除絨毛前; C, 去除絨毛後; D, 腹面); E、F, 毛線小相手蟹 *N. vestitum* (E, 背面; F, 腹面)。皆為雄性。

Fig. 1. Live colours of *Nanosesarma*. A, *N. andersoni*; B-D, *N. minutum* (B, with setose; C, setose removed; D, ventral view); E and F, *N. vestitum* (E, dorsal view; F, ventral view). All male.

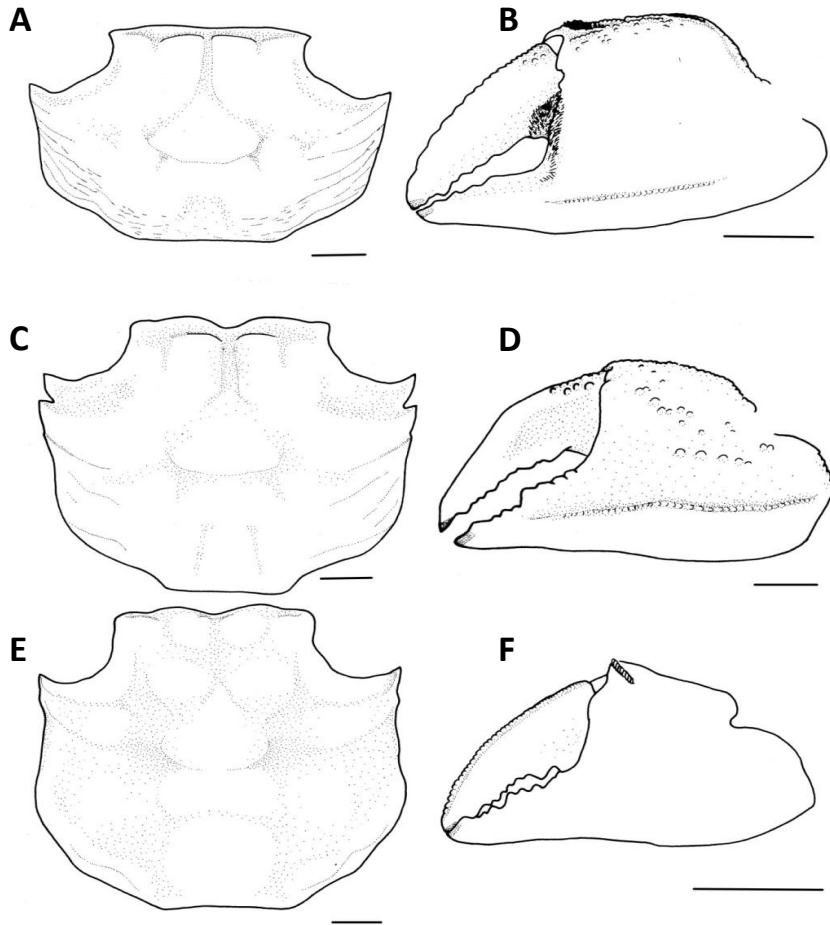


圖 2. 臺灣的小相手蟹 *Nanosesarma* 線繪圖。A, B, 安德遜小相手蟹 *N. andersoni* (A, 頭胸甲; B, 左側螯掌); C, D, 小型小相手蟹 *N. minutum* (C, 頭胸甲(去除剛毛); D, 左側螯掌); E, F, 毛線小相手蟹 *N. vestitum* (E, 頭胸甲; F, 左側螯掌)。皆為雄性。比例尺: 1 毫米。

Fig. 2. *Nanosesarma* from Taiwan. A and B, *N. andersoni* (A, carapace; B, left chela); C and D, *N. minutum* (C, carapace (setae removed); D, left chela); E and F, *N. vestitum* (E, carapace; F, left chela). All male. Scale bars: 1mm.

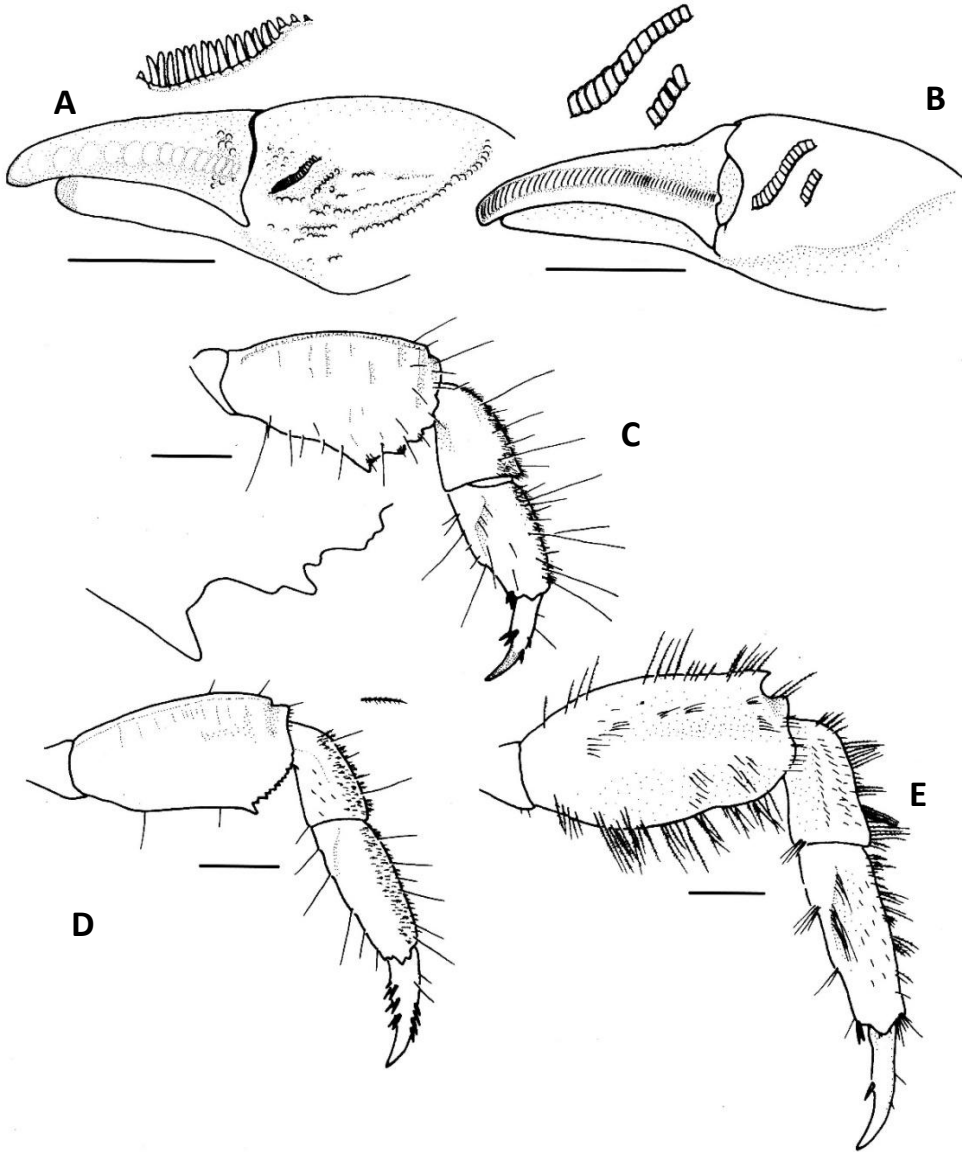


圖 3. 臺灣的小相手蟹 *Nanosesarma*。A, B, 雄性右側螯掌背面；C-E, 右側第四步足(A, C, 安德遜小相手蟹 *N. andersoni*；D, 小型小相手蟹 *N. minutum*；B, E, 毛線小相手蟹 *N. vestitum*)。比例尺：1 毫

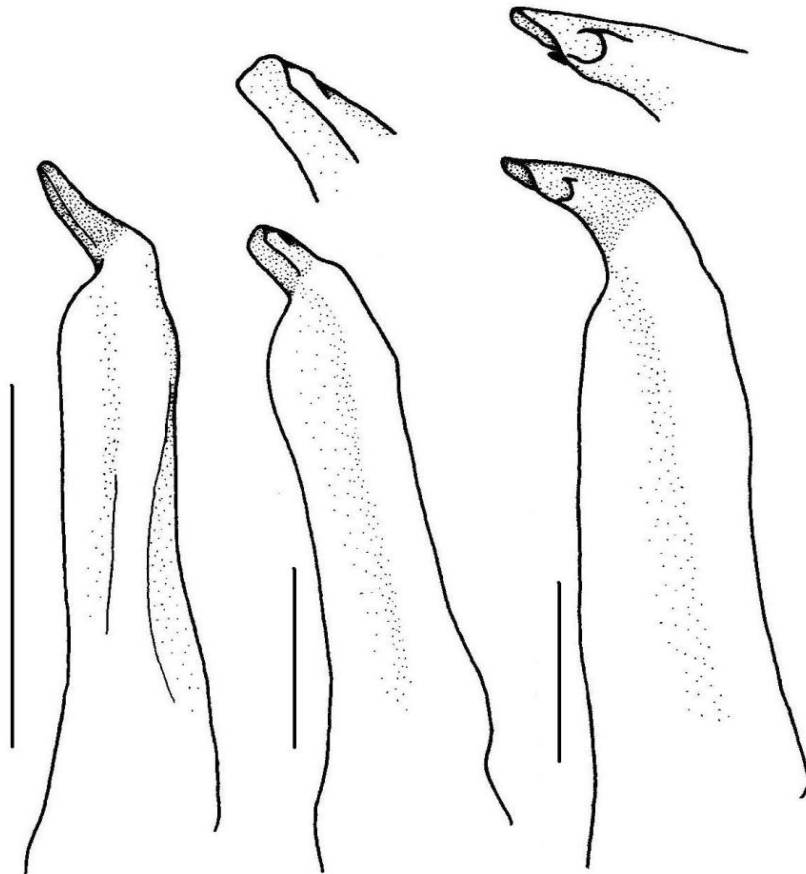


圖 4.左側雄性交接器。A, 安德遜小相手蟹 *N. andersoni* ; B, 小型小相手蟹 *N. minutum* ; C, 毛線小相手蟹 *N. vestitum*。比例尺: 1 毫米。

Fig. 4. Left G1. A, *N. andersoni*; B, *N. minutum*; C, *N. vestitum*. Scale bars: 1mm.

《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，但以未曾其他刊物發表之原創研究為限。
- 二、本刊為網路期刊，隨時接受投稿，並於每年 1 月、4 月、7 月及 10 月在中心網站 (http://tesri.tesri.gov.tw/list_protect.php)刊登發行。
- 三、撰稿中、英文均可，來稿以完整 WORD 格式文稿電子檔傳送至「台灣生物多樣性研究」期刊編輯委員會電子信箱(email: tjbd@tesri.gov.tw)。
- 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，但經刊登之文稿將提供 Pdf 檔給作者，不另贈送抽印本。
- 六、來稿由本刊送請相關學者專家審查、簽註意見或修改，如需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、通訊作者需在期刊出版前簽署文稿版權轉移同意書給期刊編輯室。

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 3 公分，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，標題需中英文並列，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、發表刊物名稱(全名，不採用縮寫)、卷期及頁號順序。

- 例：1.中、日文期刊：柳樞、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 an online journal (January, April, July and October, http://tesri.tesri.gov.tw/list_protect.php) 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 manuscript by online in WORD format to the e-mail address: tjbd@tesri.gov.tw.
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.

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.