

目 錄

大油坑硫磺噴氣口鄰近區域植群類型與土壤因子對叢枝菌根菌組成之影響.....	1
.....顏江河、林子超	
秦椒(<i>Zanthoxylumarmatum</i> DC.)—在台灣消失與馬祖新記錄的花椒屬植物.....	15
.....何東輯	
四種臺灣雀形目留鳥的異地回收紀錄.....	19
.....林瑞興、賴佳郎、蘇美如	
臺灣新年數鳥嘉年華監測我國冬季鳥類相之2016年成果.....	27
.....林大利、呂翊維、沈育霖、林昆海、林瑞興	
臺灣西北部藻礁海岸重金屬污染分析.....	49
.....劉靜榆	

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

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

第 19 卷第 1 期

中華民國106年1月

Vol. 19, No. 1

January 2017





封面圖說／

在台灣消失與馬祖新記錄的花椒屬植物—秦椒(*Zanthoxylum armatum* DC.)，曾於1913年至1915年間為法國採集家U.Faurie在臺北圓山所採集之編號22號標本後，查遍臺灣各大標本館均無臺灣產之本種臘葉標本，目前在馬祖採集發現秦椒分布馬祖地區的最新發現。(何東輯 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、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、林曜松
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／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 106 年 1 月
創刊日期／中華民國 88 年元月
出版登記／局版台誌第 10207 號

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, 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 / 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: January 2017

GPN: 2009900002
ISSN: 2076-6971

Contents

Vegetation and Soil Factors Affecting Arbuscular Mycorrhizal Fungi Community Composition in Dayukeng Fumarole Area.....	Chiang-Her Yen, Tzu-Chao Lin	1
The Latest Record of <i>Zanthoxylum</i> in Matsu.....	Tung-Chi Ho	15
Foreign Recapture Records of Four Resident Passerines in Taiwan.....	Ruey-Shing Lin, Jia-Lang Lai and Mei-Ru Su	19
The Results of 2016 New Year Bird Count as A Mmonitoring Project for the Winter.....	Da-Li Lin, Allen Lu, Yu-Lin Shen, Kun-Hai Lin and Ruey-Shing Lin	27
Heavy Metal Pollutions in Algal Reef Coasts of Northwest Taiwan.....	Ching-Yu Liou	49

大油坑硫磺噴氣口鄰近區域植群類型與土壤因子對叢枝菌根菌組成之影響

Vegetation and Soil Factors Affecting Arbuscular Mycorrhizal Fungi Community Composition in Dayukeng Fumarole Area

顏江河¹ 林子超^{2,*}

Chiang-Her Yen¹ Tzu-Chao Lin^{2,*}

¹ 國立中興大學森林學系 40227 臺中市國光路 250 號

² 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55224 南投縣集集鎮民生東路 1 號

¹ Department of Forestry, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

² Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

*通訊作者：super@tesri.gov.tw

*Corresponding author: super@tesri.gov.tw

摘要

大油坑為台灣規模最大的噴氣孔區，具特殊的土壤環境及獨特的植群組成，本研究於大油坑主噴氣口鄰近區域 3 種不同植群類型中，調查叢枝菌根菌組成，並分析土壤因子與植群組成對叢枝菌根菌組成之影響。調查共記錄 AMF 7 屬 17 種，AMF 的組成隨著遠離噴氣孔，菌種多樣性逐漸增加，而孢子數量卻逐漸減少。大油坑硫磺噴氣口鄰近地區 AMF 的組成與土壤中的 pH 值、土壤全氮及可置換性鈣有明顯的相關性；土壤中孢子數量與土壤之 pH 值、可置換性鎂及可置換性鋁呈顯著負相關；而土壤中菌種數則與土壤全氮呈顯著正相關。

Abstract

Dayukeng is the largest fumarole area in Taiwan defined by particular soils environment and unique

vegetation. In this study the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) composition was examined in three different vegetations in Dayukeng to find out how soil and vegetation factors affect the AMF composition. In total, 17 species in seven AMF genus was recorded. The AMF species diversity increased with distance from the fumarole, but the amount of AMF spores decreased. The AMF composition in Dayukeng correlated with soil pH, total nitrogen and exchangeable calcium significantly. The amount of AMF spores was significantly and negatively correlated with soil pH, exchangeable magnesium and exchangeable aluminum, whereas AMF species diversity was significantly and positively correlated with total nitrogen.

關鍵詞：菌根菌、植群、噴氣口

Key words: mycorrhizal fungi, vegetation、fumarole

收件日期：2016 年 08 月 04 日

接受日期：2016 年 10 月 31 日

Received: August 04, 2016

Accepted: October 31, 2016

緒 言

叢枝菌根菌 (arbuscular mycorrhizal fungi, AMF) 對於整個生態系的運作，有著不容忽略的地位，藉由共生關係之建立，影響宿主植物對環境的適應性，改變宿主植物的競爭能力 (Hart *et al.*, 2003)，進一步也影響了植群組成的消長；同樣地，地上部植群組成亦影響著 AMF 的群落組成 (Johnson *et al.*, 2004; Mummey *et al.*, 2005)。除了宿主效應，許多研究指出土壤因子 (Aliasgharzad *et al.*, 2010; Liang *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2012) 也影響了 AMF 群聚結構。本研究以大屯火山群大油坑地區為研究樣區，於不同植群型中設置樣點，調查 AMF 的菌種組成，並進行梯度分析來探討 AMF 與伴生植群及生育地土壤因子間的關係。探討 AMF 組成與植群及土壤因子間的關係將

有助於進一步瞭解共生機制與植群分佈之關係。

材料與方法

一、研究區域環境概述

大油坑位於新北市金山區西南方的邊緣山區，介於七股山與大尖後山之間，海拔約 600m，為台灣規模最大的噴氣孔與硫氣孔區，距離主噴氣孔 120m 範圍內無植物，120m 以外則有白背芒 (*Miscanthus sinensis* var. *glaber*) 定植，150m 以外開始有栗蕨 (*Histiopteris incisa*) 與白背芒混生，250m 以外則為白背芒與芒萁 (*Dicranopteris linearis*) 及部分小灌木如野牡丹 (*Melastoma candidum*)、燈稱花 (*Ilex asprella*) 等伴生，隨著距離噴氣孔愈遠植物種類也愈多，植被也更加完整 (林等 2013)

二、土壤取樣及化學性質分析

於大油坑鄰近主噴氣口地區 3 種不同植群類型(草本型、灌木型及喬木型)中設置樣點，每種植群型設置 6 處樣點，進行土壤取樣，於實驗室將野外採集的土壤樣本進行土壤分析，實驗時土壤樣本做 3 重複，分析項目及方法如下：

(一) 土壤 pH 值

取土壤與蒸餾水以 1:2.5(w/v)，均勻混合，靜置隔夜，以酸鹼值測定儀(Jenco model 6137pH) 測之(McLean, 1982)。

(二) 土壤全氮

土壤全氮量以 Semimacro Kjeldhal 法測定 (MacDonald, 1977)。取 1 g 風乾土加 1.1 g 催化劑 (K_2SO_4 : $CuSO_4$: $Se=100:10:1$) 及 10 ml 濃硫酸，置於分解爐中加熱至 375°C 持續 2 小時，至溶液呈澄清或灰白色，待冷卻後之樣液置於凱氏氮分析裝置 (Tecator, Kjeltac System 1026 Distilling Unit) 進行全氮蒸餾，樣液加入過量的 40%NaOH，另取 20 ml 的 2% 硼酸置於冷凝接收管下作為接收液，再以 0.05 N H_2SO_4 滴定接收液。

(三) 土壤有效磷

用鉬藍法測定 (Olsen and Sommers, 1982)，取 1 g 風乾土加入 7 ml 抽出液 (0.025 N HCl-0.03 N NH_4F :15 ml NH_4F 加 25 ml HCl，再加水定積至 500 ml)，均勻搖晃 1 分鐘後，以 Whatman NO.42 濾紙過濾。取 2 ml 濾液依次加 5 ml 去離子水、2 ml 鉬酸鉍液〔15 g(NH_4)₆Mo₇O₂₄·4H₂O 加 350 ml 去離子水加 350 ml HCl 定積至 1000 ml〕及 1 ml 氯化亞錫稀釋液〔0.5 ml 氯化亞錫母液 (10 g $SnCl_2$ ·2H₂O 加 25 ml conc. HCl) 加 66 ml H₂O〕以分光光度計於波長 660 nm 下測定吸光值。

(四) 土壤可置換性陽離子

用中性醋酸鉍法 (Rhoades, 1982) 測之，取 5 g 風乾土以 250 ml 去離子水清洗後，以每次 25~30 ml 的 1 N 醋酸鉍淋洗 5~6 次，再以 1N 醋酸鉍定積至 200 ml，以 Whatman No. 42 濾紙過濾，濾液以感應耦合電漿光譜分析儀測可置換性陽離子鉀、鈣、鎂。

(五) 土壤有機質

以濕消化法測定 (MacDonald, 1977)，稱取 2 g 風乾土樣置於 500 ml 錐形瓶中，加入 10 ml 1 N 重鉻酸鉀，輕輕搖晃使溶液均勻，再加入 20 ml 濃硫酸，放置於 150，放沙盤中加熱 5 分鐘，待冷卻後加入 150 ml 去離子水與 85% 磷酸 10 ml，並加入 5~6 滴指示劑 (Ferroin)，最後以 0.2 N 硫酸鉍亞鐵滴定之。反應初期顏色為暗黃色，然後漸漸轉變為綠色，當樣液由青綠色迅速轉變為暗褐色時，即達到反應終點。

(六) 土壤可置換性鋁

稱取 5 g 土壤於 100 ml 之錐形燒杯中，加入 1 N 氯化鉀溶液 (稱 74.56 g 試藥級氯化鉀溶於去離子水中並定積至 1000 ml) 50 ml，並以石蠟膜 (parafilm) 封瓶口後震盪 30 分鐘，然後以 Whatman No.42 濾紙過濾，濾液以感應耦合電漿光譜分析儀測定可置換性鋁 (Barnhisel and Bertsch, 1982)。

三、菌種分離及鑑定

2012 年分別於 1、4、7 及 10 月於大油坑主噴氣口鄰近區域 3 種不同植群類型 (草本型、灌木林型及喬木林型) 共 18 處樣點中進行土壤取樣，於實驗室將野外採集的土壤樣本，稱取 100g 土樣後，以濕篩傾倒法 (Gerdeman and Trappe, 1974) 和糖液離心法 (Daniels and Skipper, 1982) 分離孢子後，在

解剖顯微鏡下計算孢子數量並挑取孢子，孢子依外觀形態如：直徑大小、顏色、接著菌絲有無等特徵初步進行區別，再以 Polyvinyl alcohol lactophenol glycerol (PVLG) (Koske and Tessier, 1983) 包埋劑製作成半永久玻片，以利於孢子的鑑定與標本之保存。孢子的鑑定採 Schenck 和 Perez (1990) 所建議的步驟進行，以顯微鏡 (Leica DMRB) 觀察孢子之壁群結構、染劑反應等特徵，菌種鑑定除了比對 Schenck 和 Perez (1990) 所提供之菌種發表原始文獻描述外，並參考西維吉尼亞大學 INVAM (<http://invam.wvu.edu/>) 網站所提供之菌種特徵描述。每份土壤同時進行土壤化學性質分析，以作為後續分析其與菌根菌組成關係之依據。

四、叢枝菌根菌組成與土壤因子間之分布序列分析

分布序列是分析物種沿環境梯度變化的方法。可沿著單一或複合梯度軸排列樣區或物種，將綜合複雜的相關性，歸納一個或少數明顯序列顯示物種於環境中可能性的變化 (McCune and Grace, 2002)。

間接梯度分析為根據共變數和物種的聚集，排列樣本位置 (McCune and Grace, 2002)，該分布序列技術僅由物種資料找尋主要梯度，不包含任何環境變數 (Ter Braak and Šmilauer, 2002)。然而間接梯度分析無法分析環境變數對物種組成的效應，此限制可由直接梯度分析加以解決，即物種的出現與環境變數有直接相關。直接梯度分析乃基於一組物種和環境資料，測試分析環境變數上物種出現及數量的相關性 (Gauch, 1982)，為解釋在分布序列軸限制環境變數的線性組合下，物種的反應 (Ter Braak and Šmilauer, 2002)。

本研究以各調查樣點每 100 g 土壤中 AMF 菌種孢子數為基礎，使用間接梯度分析中的降趨對應分析 (detrended correspondence analysis, DCA) 以及直接梯度分析中的典型對應分析 (canonical correspondence analysis, CCA)，對 AMF 物種及土壤因子進行分析，以探討大油坑火山噴氣口鄰近地區 AMF 之物種組成與土壤因子間之相互關係 (本研究使用 Canoco 4.5 套裝軟體進行分析)。

結果與討論

一、大油坑主噴氣口鄰近 3 種植被型內生菌根組成

土壤樣本經分離鑑定共記錄 7 屬 17 種內生菌根菌 (如附錄 1)，大油坑鄰近噴氣口草本型樣點共記錄 7 種內生菌根菌，其中以 *Entrophospora columbiana* 最為優勢，*Sclerosistis rubiformis*、*Acaulospora mellea* 及 *Glomus clarum* 零星出現，單一土壤樣本孢子數 100 g 土壤約 82.3 個。距噴氣口 250 m 外白背芒、芒萁、野牡丹及燈稱花伴生植群型 (後續稱為灌木型) 共記錄 9 種內生菌根菌，其中以 *E. columbiana* 及 *A. mellea* 最為優勢，*Sc. rubiformis*、*Acaulospora morrowiae*、*Glomus ambisporum* 及 *Glomus deserticola* 等菌種零星出現，單一土壤樣本孢子數 100 g 土壤約 16.2 個。距噴氣口 500 m 外紅楠、奧氏虎皮楠、森氏紅淡比與大頭茶伴生植群型 (後續稱為喬木型) 土壤樣本共記錄 15 種內生菌根菌，其中以 *A. mellea* 最為優勢，單一土壤樣本孢子數 100 g 土壤約 24.3 個。

菌根菌物種組成在不同植群類型間的差異，除了可能是不同菌種對宿主植物的偏好性以及對土壤性質的適應性外，不同分類群

的菌種由於主要的感染途徑不同，也可能造成不同的菌種分佈組成，例如 *Glomus* 屬的真菌主要以根外菌絲感染的方式去拓殖其族群，而 *Gigaspora* 與 *Acaulopora* 屬的真菌則主要是以孢子發芽的方式 (Klironomos and Hart, 2002; Hart and Reader, 2004)。

Vandenkoornhuysen 等 (2003) 以分生的方法調查不同草原的菌根菌組成，結果發現即使在相同的土壤條件下，因為宿主植物的不同也會造成菌根菌組成呈現明顯不同，研究人員認為這是因為宿主與菌根菌兩者間有明確辨識彼此的機制，這也是造成植物組成多樣性影響了菌根菌組成多樣性的原因。研究發現豆科植物之細胞懸浮培養液能促進菌根菌的菌絲生長，表示植物細胞可分泌活性代謝物質至細胞外以誘導菌絲生長 (Paula and Siqueira, 1990)，且不同植物對不同 AMF 菌絲的誘導能力也不盡相同 (Carr *et al.*, 1985)。此外，也有研究指出缺磷植物根系所分泌之物質對 AMF 之菌絲才有誘導生長的效果 (Elias and Safir, 1987)。

Ven der Heijden 等 (2003) 的調查發現，地上部植群的物種多樣性與結構受到 AMF 組成與多樣性的影響；同樣地，地上部組成亦影響著 AMF 的群落組成 (Johnson *et al.*, 2004; Mummey *et al.*, 2005)。Vandenkoornhuysen 等 (2003) 以分生的方法調查不同草原的菌根菌組成，結果發現即使在相同的土壤條件下，因為宿主植物的不同也會造成菌根菌組成呈現明顯不同，他們認為這是因為宿主與菌根菌兩者間有明確辨識彼此的機制，這也是造成植物組成多樣性影響了菌根菌組成多樣性的原因。

二、叢枝菌根菌組成與伴生植群及土壤因子間之分布序列分析

將各樣點之 AMF 物種組成資料進行 DCA，結果顯示草本型的樣點在第 1 與第 2 梯度軸上之分布呈現非常集中 (圖 1)，由此可知草本型各樣點之菌種組成與其它 2 植群型有明顯的差異，而灌木型與喬木林型的樣點分布雖較為零散，然而隱約仍可看出灌木林型的樣點大多介於草本型與喬木林型之間 (圖 1)。由於 DCA 分析之結果顯示第 1 梯度軸長達 4.836 (表 1) 大於 4 SD (standard deviation)，代表物種資料與環境梯度軸呈顯著的單峰反應，適合選用 CCA 做進一步物種與環境變數相關性的分析 (Ter Braak and Šmilauer, 1998)，以利透過土壤因子變數解釋 AMF 組成分化的情形。本研究進一步使用 72 個土壤樣點之菌種組成資料與 8 項土壤因子變數進行 CCA 分析。CCA 結果顯示第 1 軸特徵值最高為 0.507 (表 2)，最能解釋物種的分化程度，接著依序為第 2 軸 0.275、第 3 軸 0.226、第 4 軸 0.137。軸 1 與物種與環境的相關性為 0.856、軸 2 為 0.698、軸 3 為 0.660、軸 4 為 0.614，總解釋變異量 (加權變異量) 為 4.912，而所有特徵值的總合為 1.338，軸 1 可解釋物種與環境關係的變異量為 37.9%，軸 1、2 所累積的可解釋物種與環境關係的變異量則達 58.4%。本研究使用特徵值較高，即解釋能力較佳的前 2 梯度軸與土壤因子變數，配合樣區和物種繪製雙序圖。CCA 為直接梯度分析，雙序圖乃由環境變數與梯度軸做多元直線回歸所得的結果 (McCune and Grace, 2002)，雙序圖能將環境變數以向量表示，樣區或物種以分布點表示，繪至同一圖面上，可由該圖顯示環境與樣區或物種的相關性。

表 1. 大油坑地區叢枝菌根菌組成降趨對應分析結果

Table 1. Result of detrended correspondence analysis of AMF composition in Dayukeng

Axes	AX1	AX2	AX3	AX4	Total inertia
Eigenvalues	0.750	0.489	0.328	0.217	4.912
Lengths of gradient	4.836	3.527	3.100	2.498	
Cumulative percentage variance of species data	15.3	25.2	31.9	36.3	
Sum of all eigenvalues					4.912

表 2. 大油坑地區叢枝菌根菌組成典型對應分析結果

Table 2. Result of canonical correspondence analysis of AMF composition in Dayukeng

Axes	AX1	AX2	AX3	AX4	Total inertia
Eigenvalues	0.507	0.275	0.226	0.137	4.912
Species-environment correlations	0.856	0.698	0.660	0.614	
Cumulative percentage variance of species data	10.3	15.9	20.5	23.3	
Cumulative percentage variance of species-environment relation	37.9	58.4	75.3	85.5	
Sum of all unconstrained eigenvalues					4.912
Sum of all canonical eigenvalues					1.338

於本研究雙序圖 (圖 2、3) 顯示, 第 1 軸與土壤 pH 值 (0.730)、全氮 (0.851) 有較明顯的正相關。第 2 軸與置換性鈣 (0.539) 有較明顯正相關 (表 3)。雙序圖中的物種與樣區分布以點表示, 環境變數皆由箭號表示, 箭頭所在之象限方向表示環境變數與梯度軸的正負相關, 其長度代表環境變數與樣區或物種分布相關程度的大小, 長度越長, 表示相關性越大、越重要, 反之則相關性越小。兩箭頭連線之間或與梯度軸間的夾角越小, 則代表該兩軸關係越密切。箭頭方向則代表該變數量值的增加方向, 各樣區或物種分布與環境變數軸做垂

線, 便可得知樣區或物種於該變數序列上的排序關係 (Ter Braak and Šmilauer, 1998)。點與點的關係則可由中心理論解釋 (Centroid principle), 樣區點的位置將位於該樣區中出現物種的周圍。亦可由其看出物種與每一樣區的豐量度, 基於距離規則 (Distance rule), 物種中心點為豐量總合做加權平均, 即樣區越靠近該物種者, 該物種於其樣區的豐量越高, 反之則越小 (Ter Braak and Šmilauer, 2002)。因此可從樣點與環境因子雙序圖 (圖 2) 上得知各樣點的生育地類型, 如雙序圖左下邊的樣點, 為 pH 值偏酸性、置換性鈣以及含氮量較少的樣

點，由圖中可大致看出由白背芒佔優勢的草本型樣點多半分佈於此，而喬木林樣點則多半分佈於雙序圖中的右半邊，至於灌木樣點則大致上位於草生地樣點與喬木林樣點之間。若從菌種與環境因子雙序圖上(圖 3)來看，*E. columbiana*、*G. clarum*、*Scu. rubra* 以及 *Scu. aurigloba* 多半出現在雙序圖左下邊，生育環境為土壤 pH 值偏酸性、置換性鈣及含氮量較少的土壤中，與生存於相同環境的白背芒形成共生。若當土壤的 pH 值偏酸與含氮量較少，而置換性鈣含量較多時 *G. ambisporum* 則形成優勢，與燈稱花、野牡丹等灌木形成共生。當土壤 pH 值提高、含氮量也增加，土壤中即出現 *G. invermaium*、*Scu. calospora*、*Gi. gigantea* 及 *P. occultum*。當土壤 pH 值提高、含氮量增加，

但是置換性鈣缺乏時，土壤中則出現 *Scu. pellucida*，與出現在相同環境梯度的優勢植物大頭茶形成共生。

Carvalho 等(2003)在其研究中發現 AMF 孢子的分佈與宿主距離的遠近以及土壤中有機質含量而呈現小區塊性的分佈，而 Friese 和 Koske (1991) 則認為菌根菌孢子與宿主植物以及土壤中的有機質含量並沒有明顯的相關性。這可能是因為這 2 個研究地區分別是在葡萄牙鹽鹼沼澤地以及美國的沙丘，二種差異極大的生育地很難一起比較。在本研究中以 DCA 進行分析則是發現大油坑地區菌根菌的組成與土壤中的有機質含量沒有顯著相關性，而是與土壤 pH 值、土壤全氮及可置換性鈣有明顯的相關性。

表 3. 典型對應分析結果之各環境因子與前 4 軸之相關性

Table 3. Relationship between environment factors and first four axes of canonical correspondence analysis

	AX1	AX2	AX3	AX4
pH	0.730	0.173	0.356	-0.115
N	0.851	-0.256	-0.243	-0.137
Organic	0.478	0.087	0.085	0.028
P	-0.310	0.155	-0.607	0.203
K	0.136	0.112	0.495	0.214
Ca	0.310	0.539	0.058	0.076
Mg	0.452	-0.088	0.115	0.427
Al	-0.224	0.016	-0.200	0.904

三、土壤中孢子數量及種數與土壤化學性質之相關性分析

以各樣點所調查到之孢子數量及菌種數分別與各樣點土壤之pH值、有機質含量、含氮量、有效磷、可置換性鉀、鈣、鎂、鋁等測值進行 Pearson 相關分析，分析結果顯示大油坑硫磺噴氣口鄰近地區土壤中孢子數量分別與土壤之pH值 ($r=-0.25$; $P<0.05$)、可置換性鎂 ($r=-0.39$; $P<0.01$)以及可置換性鋁 ($r=-0.37$; $P<0.01$) 呈負相關，與其它因子則沒有顯著相關性。而土壤中菌種數則與土壤含氮量呈正相關 ($r=0.25$; $P<0.05$)。

林素禎等 (2000) 針對臺灣69處低海拔農耕地進行AMF調查共記錄15種AMF，研究中發現除了 *Acaulospora mellea* 的孢子數與土壤中的可置換性鈉有顯著的正相關外，其餘土壤樣

本中的AMF孢子數與土壤中的有機質含量、含氮量、有效磷、可置換性鉀、鈉、鈣、鎂等皆沒有顯著的相關性。而本研究可能是研究地點與一般的農耕地有明顯的差異，研究結果發現土壤中的孢子數量與pH值、可置換性鎂及可置換性鋁呈明顯負相關。在Eom等 (2000) 的研究中也發現即使分離自相同土壤但來自不同宿主的同一種菌根菌，其產孢的模式也不同。另有研究指出含氮量較高的土壤，不利於AMF感染及產生孢子 (Saito *et al.*, 2011)，但也有研究認為，土壤中氮含量較高的環境下，植物體內之N/P比值較高且磷相對缺乏，進而增加叢枝菌根的感染率及產孢量 (Douds and Schenck, 1990)。而本研究統計發現菌根菌的菌種數與土壤中的氮含量有顯著的正相關。

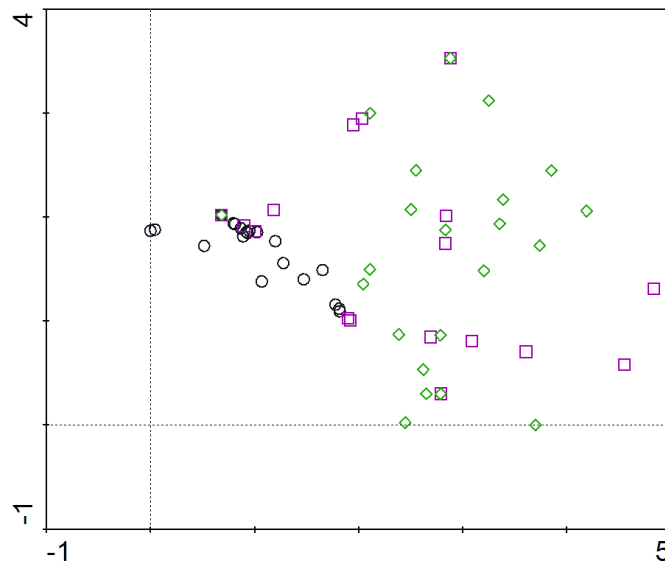


圖 1. 大油坑地區菌根菌調查樣點於 DCA 第 1、第 2 軸之位置圖。(○：草本型樣點；□：灌木林樣點；◇：喬木林樣點)。

Fig. 1. DCA ordination plot of the first two axes of sample plots in Dayukeng. (○ : grass plots; □ : shrub plots; ◇ : tree plots)

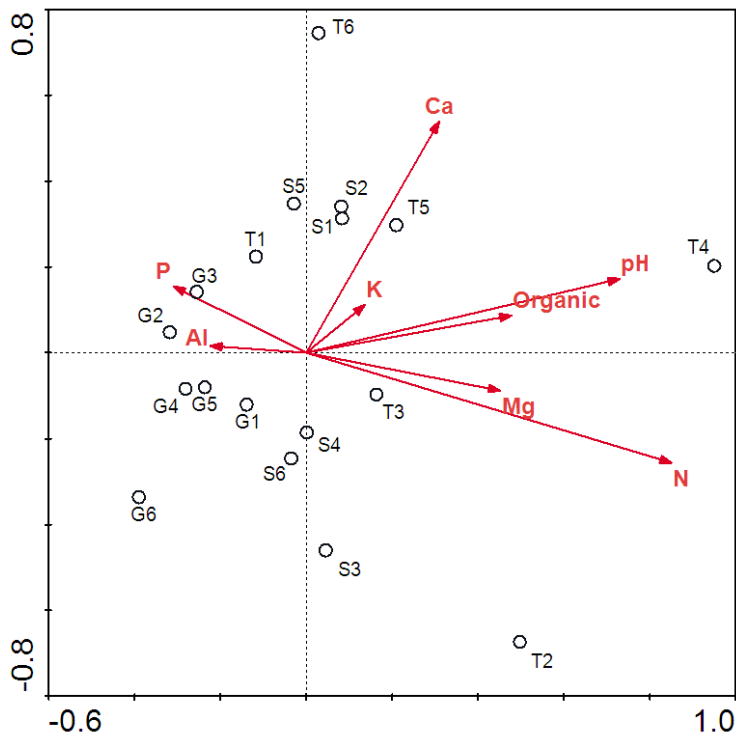


圖 2. 大油坑地區樣點與環境因子 CCA 雙序圖。(G1-G6 為草本型樣點；S1-S6 為灌木林型樣點；T1-T6 為喬木林型樣點；P 為有效磷；Al 為可置換性鋁；N 為全氮；Mg 為可置換性鎂；Organic 為有機質；pH 為酸鹼值；K 為可置換性鉀；Ca 為可置換性鈣)。

Fig. 2. CCA biplot of the AMF sample plots and environmental factors in Dayukeng. (G1-G6: grass plots; S1-S6: shrub plots; T1-T6: tree plots; P: available phosphorous; Al: exchangeable aluminum; N: total nitrogen; Mg: exchangeable magnesium; Organic: organic matter; pH: soil pH; K: exchangeable potassium; Ca: exchangeable calcium)

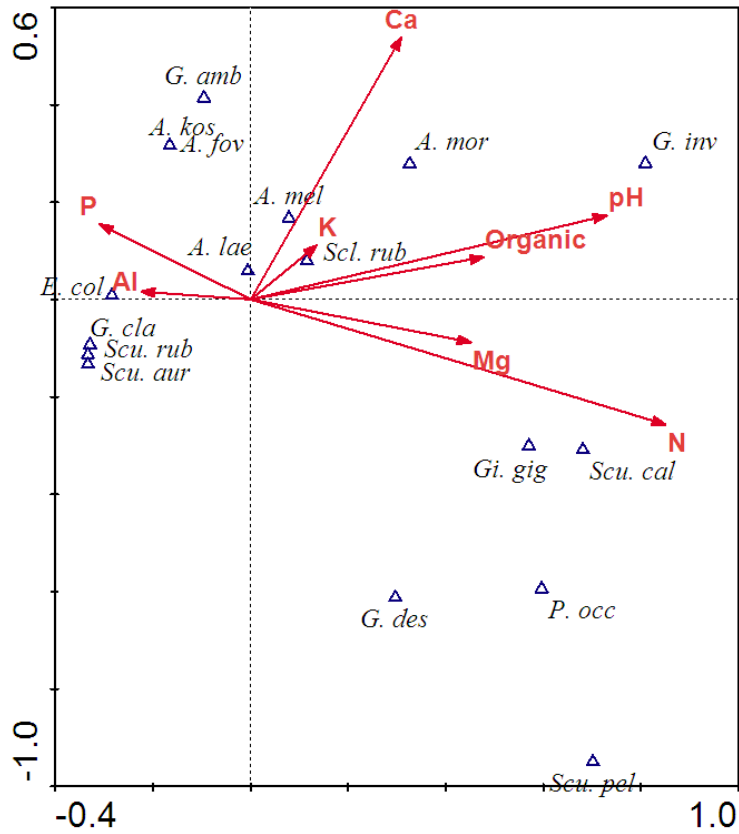


圖 3. 大油坑地區菌根菌與環境因子 CCA 雙序圖 (*A. mor* 為 *A. morrowiae*; *A. mel* 為 *A. mellea*; *A. fov* 為 *A. foveata*; *A. kos* 為 *A. koskei*; *A. lae* 為 *A. laevis*; *E. col* 為 *E. columbiana*; *G. cla* 為 *G. clarum*; *G. des* 為 *G. deserticola*; *G. inv* 為 *G. invermaium*; *G. amb* 為 *G. ambisporum*; *Scu. pel* 為 *Scu. pellucida*; *Scu. rub* 為 *Scu. rubra*; *Scu. aur* 為 *Scu. aurigloba*; *Scu. cal* 為 *Scu. calospora*; *Gi. gig* 為 *Gi. gigantea*; *P. occ* 為 *P. occultum*; *Scl. rub* 為 *Scl. rubiformis*; P 為土壤有效磷; Al 為土壤可置換性鋁; N 為土壤全氮; Mg 為土壤可置換性鎂; Organic 為土壤有機質; pH 為土壤酸鹼值; K 為土壤可置換性鉀; Ca 為土壤可置換性鈣)。

Fig. 3. CCA biplot of AMF species and environmental factors in Dayukeng. (*A. mor* : *A. morrowiae*; *A. mel* : *A. mellea*; *A. fov* : *A. foveata*; *A. kos* : *A. koskei*; *A. lae* : *A. laevis*; *E. col* : *E. Columbiana*; *G. cla* : *G. clarum*; *G. des* : *G. deserticola*; *G. inv* : *G. invermaium*; *G. amb* : *G. ambisporum*; *Scu. Pel* : *Scu. Pellucida*; *Scu. Rub* : *Scu. Rubra*; *Scu. Aur* : *Scu. Aurigloba*; *Scu. Cal* : *Scu. Calospora*; *Gi. Gig* : *Gi. Gigantean*; *P. occ* : *P. occultum*; *Scl. Rub* : *Scl. Rubiformis*; P : available phosphorous; Al : exchangeable aluminum; N : total nitrogen; Mg : exchangeable magnesium; Organic : organic matter; pH : soil pH; K : exchangeable potassium; Ca : exchangeable calcium)

結 論

生態系統的運作是處於一個協調的動態平衡，一個植物社會的形成是由許多錯綜複雜的因子共同作用，並且經過長時間的演替而來，其中多數的因子更是環環相扣，交互影響著。本研究藉由現地的取樣調查，發現大屯山大油坑硫磺噴氣口鄰近區域，共計有 AMF 7 屬 17 種，其中 *Entrophospora columbiana* 及 *Glomus clarum* 為白背芒之主要共生菌種，隨著遠離噴氣口，其植相與共生之菌種多樣性也明顯地提升。大致而言，AMF 的組成隨著草本型到灌木型再到喬木型，菌種數逐漸增加，而孢子數量卻逐漸減少。大油坑硫磺噴氣口鄰近地區 AMF 的組成與土壤中的 pH 值、土壤全氮及可置換性鈣有明顯的相關性；土壤中孢子數量則與土壤之 pH 值、可置換性鎂及可置換性鋁呈負相關，與其它因子沒有顯著相關性；而土壤中菌種數則與土壤含氮量呈正相關。

於本研究中明顯可看出植物的多樣性影響了菌根菌組成的多樣性。從統計的結果發現，AMF的組成隨著草本型到灌木型再到喬木型，菌種數逐漸增加，孢子數量卻逐漸減少，這可能是由於AMF在不同土壤使用類型的適應性是非常有彈性的，Stürmer與Siqueira (2011) 於亞馬遜地區進行調查，發現廣泛分佈種 (同時出現於5~6種土壤類型) 種類較多，獨佔種 (只出現於1種土壤類型) 種類較少，土壤中菌根菌的多樣性，也使得這些真菌能在截然不同的土壤使用類型中適應存活，由於草本型的宿主植物種類較少且土壤條件較為嚴苛，因此與其共生的菌種多為獨佔種，造成菌種數也相對較少。至於孢子數量在灌木林型及喬木林型反而低於草本型，可能是因為喬木林型的植物與

真菌形成潛伏性的共生而不產孢，也可能因為菌根菌將能量多運用於功能性的共生，而避免使用太多能量去產孢，然而在草本型的土壤條件極為惡劣且陽光直射，造成白天土溫上升且乾溼季明顯，這些明顯的生態干擾反而會促使菌根菌大量產孢。

伴隨著地表上植群組成的不同，在地表下與其關係密切的共生真菌組成也會產生質與量的變化。植物生態學家藉由植群調查與分析，得以窺探植群組成大致的樣貌，進而去推測此一區域的演替階段、它的穩定性以及將來的變化。然而，由於菌根菌獨特的生物學特性，使其在進行族群評估及生態學研究上有其困難與限制。各種不同的定性與定量方法皆有其優缺點，但若是進行菌根菌族群生態的比較與評估，進行菌根菌孢子的組成分析仍是比較可行的方法。藉由菌根菌孢子組成的調查與分析，除了可以了解土壤中菌根菌組成的變化與差異，且量化的資料更提供了菌根菌與植群間交互關係分析的可行性。

引用文獻

- 林子超、朱恩良、李苑瑋、顏江河。2013。陽明山火山噴氣口鄰近土壤與內生菌根菌調查。林業研究季刊 35(4)：241-252。
- 林素禎、洪崑煌、吳繼光。2000。囊叢枝內生菌根菌在台灣代表性土壤中之分布。中華農業研究49(4)：65-80。
- Aliasgharзад, N., L. M. Martensson and P. A. Olsson. 2010. Acidification of a sandy grassland favours bacteria and disfavours fungal saprotrophs as estimated by fatty acid profiling. *Soil Biology and Biochemistry* 42:

1058-1064.

- Barnhisel, R. and P. M. Bertsch. 1982. Aluminum. In A. L. Page *et al.* (eds.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agronomy 9: 275-300.
- Carr, G. R., M. A. Hinkley, F. Le Tacon, C. M. Hepper, M. G. K. Jones and E. Thomas. 1985. Improved hyphal growth of two species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in the presence of suspension-cultured plant cells. *New Phytologist* 101 : 417-426.
- Carvalho, L., P. Correia, R. Ryel and M. Martins-Loucao. 2003. Spatial variability of arbuscular mycorrhizal fungal spores in two natural plant communities. *Plant and Soil* 251: 227-236.
- Daniels, B. A. and H. D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In: Methods and principles of mycorrhizal research, Schenck, N. C. (Ed.). The American Phytopathological Society, Staint Paul pp. 20-45.
- Douds, D. D. and N. C. Schenck. 1990. Increased sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi by manipulation of nutrient regimens. *Applied and Environmental Microbiology* 56:413-418.
- Elias, K. E. and G. R. Safir. 1987. Hyphal elongation of *Glomus fasciculatus* in response to root exudates. *Applied Environmental Microbiology* 53: 1928-1933.
- Eom, A. H., D. C. Hartnett and G. W. T. Wilson. 2000. Host plant species effects on arbuscular mycorrhizal fungal communities in tallgrass prairie. *Oecologia* 122: 435-444.
- Friese, C. and R. Koske. 1991. The spatial dispersion of spores of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a sand dune: microscale patterns associated with the root architecture of American beachgrass. *Mycological Research* 95(8): 952-957.
- Gauch, H. G. 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, London. 298 pp.
- Gerdemann, J. W. and J. M. Trappe. 1974. The *Endogonaceae* in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir* 5: 76.
- Hart, M. M. and R. J. Reader. 2004. Do arbuscular mycorrhizal fungi recover from disturbance differently? *Tropical Ecology* 45: 97-111.
- Hart, M. M., R. J. Reader and J. N. Klironomos. 2003. Plant coexistence mediated by arbuscular mycorrhizal fungi. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 418-423.
- Johnson, D., P. J. Vandenkoornhuyse, J. R. Leake, L. A. Gilbert, R. E. Booth, J. P. Grime, J. P. W. Young and D. J. Read. 2004. Plant communities affect arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community composition in grassland microcosms. *New Phytologist* 161: 503-515.
- Klironomos, J. N. and M. M. Hart. 2002. Colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi using different sources of inoculum. *Mycorrhiza* 12: 181-184.
- Koske, R. E. and B. Tessier. 1983. A convenient, permanent slide mounting medium. *Newsletter Mycological Society of America* 34: 59.

- Liang, Y., X. He, C. Chen, S. Feng, L. Liu, X. Chen, Z. Zhao and Y. Su. 2015. Influence of plant communities and soil properties during natural vegetation restoration on arbuscular mycorrhizal fungal communities in a karst region. *Ecological Engineering* 82: 57-65.
- Liu, Y. J., G. X. Shi, L. Mao, G. Cheng, S. J. Jiang, X. J. Ma, L.Z. An, G. Z. Du, N. Collins Johnson and H. Feng. 2012. Direct and indirect influences of 8 yr of nitrogen and phosphorus fertilization on Glomeromycota in an alpine meadow ecosystem. *New Phytologist* 194: 523–535.
- MacDonald, D. C. 1977. Methods of soil and tissue analysis used in the analytical laboratory. Canadian Forestry Service Information Report MM-X-78.
- McCune, B. and J. B. Grace. 2002. Analysis of Ecological Communities. MjM Software Design, Glenden Beach, USA. 300 pp.
- McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. In: A. L. Page *et al.* (eds.) Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties 2nd edition ASA. CSSA. SSSA. Madison, Wisconsin.
- Mummey, D. L., M. C. Rillig and W. E. Holben. 2005. Neighboring plant influences on arbuscular mycorrhizal fungal community composition as assessed by T-RFLP analysis. *Plant and Soil* (2005) 271: 83–90.
- Olson, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. In A. L. Page *et al.* (eds.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. *Agronomy* 9: 403-427.
- Paula, M. A. and J. O. Siqueira. 1990. Stimulation of hyphal growth of the VA mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita* by suspension-cultures *Pueraria phaseoloides* cells and cell products. *New Phytologist* 115: 69-75.
- Rhoades, J. D. 1982. Cation exchange capacity. In: A. L. Page *et al.* (eds.) Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties 2nd edition ASA. CSSA. SSSA. Madison, Wisconsin.
- Saito, M., H. Oba, and T. Kojima. 2011. Effect of nitrogen on the sporulation of arbuscular mycorrhizae fungi colonizing several gramineous plant species. *Soil Science and Plant Nutrient* 57: 29-34.
- Schenck, N. C. and Y. Perez. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. INVAM, Gainesville. Florida.
- Stürmer, S. L. and J. O. Siqueira. 2011. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. *Mycorrhiza* 21: 255-267.
- Ter Braak, C. J. F. and P. Šmilauer. 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Window: Software for Canonical Community ordination. (4 th ed.) Microcomputer Power, Ithaca. 345 pp.
- Ter Braak, C. J. F. and P. Šmilauer. 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination. Ithaca Press, New York. 500 pp.
- Van der Heijden, M. G. A., A. Wiemken and I. R. Sanders. 2003. Different arbuscular

mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between co-occurring plant. *New Phytologist* 157: 569-578.
 Vandenkoornhuysen, P., K. P. Ridgway, I. J. Watson,

A. H. Fitter and J. P. W. Young. 2003. Co-existing grass species have distinctive arbuscular mycorrhizal communities. *Molecular Ecology* 12: 3085-3095.

附錄 1. 大油坑噴氣口鄰近區域內生菌根菌名錄

Appendix 1. A checklist of arbuscular mycorrhizal fungi in Dayukeng fumarole area

Acaulospora

Acaulospora foveata Trappe & Janos

Acaulospora koskei Blaszkowski

Acaulospora laevis Gerdemann & Trappe

Acaulospora mellea Spain & Schenck

Acaulospora morrowiae Spain & Schenck

Entrophospora

Entrophospora columbiana Spain & Schenck

Glomus

Glomus clarum Nicolson & Schenck

Glomus deserticola Trappe, Bloss & Menge

Glomus invermaium Hall

Glomus ambisporum Smith & Schenck

Scutellospora

Scutellospora rubra Stürmer & Morton

Scutellospora aurigloba (Hall) Walker & Sanders

Scutellospora calospora (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders

Scutellospora pellucida (Nicol. & Schenck) Walker & Sanders

Sclerocystis

Sclerocystis rubiformis Gerdemann & Trappe

Paraglomus

Paraglomus occultum (Walker) Morton & Redecker

Gigaspora

Gigaspora gigantea (Nic. & Gerd.) Gerd. & Trappe

秦椒(*Zanthoxylum armatum* DC.)—在臺灣消失與馬祖
新記錄的花椒屬植物

The Latest Record of *Zanthoxylum* in Matsu

何東輯*

Tung-Chi Ho *

農委會特有生物研究保育中心 南投縣 55244 集集鎮民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou 55244, Taiwan

*作者：cole@tesri.gov.tw

*Corresponding author: cole@tesri.gov.tw

摘要

秦椒(*Zanthoxylum armatum* DC.)於1913年至1915年間為法國採集家U.Faurie在臺北圓山所採集之編號22號標本後，查遍臺灣各大標本館均無臺灣產之本種臘葉標本，目前在馬祖採集發現秦椒分布馬祖地區的最新發現。

Abstract

Since French collector, U. Faurie discovered *Zanthoxylum armatum* DC. (specimen number 22) in Yuanshan, Taipei, between 1913 and 1915, no other specimens had ever been found according to our research of major Taiwan herbaria. It wasn't until recently when we discovered *Z. armatum* DC. in Matsu, marking the latest record of the species.

關鍵詞：芸香科、分類、花椒屬

Key words: rutaceae, taxonomy, *Zanthoxylum*

收件日期：2016年10月24日

接受日期：2016年12月26日

Received: October 24, 2016

Accepted: December 26, 2016

秦椒(*Zanthoxylum armatum* DC.)於以往分類文獻中均記載產臺灣，其所依據為法國採集家 U.Faurie 於 1913 年至 1915 年間在臺北圓山所採集，目前存放於美國哈佛大學附屬 Arnold 樹木園標本館 (A) 編號 22 號之標本，經檢視該標本確認為秦椒 (*Z. armatum*)，但查遍各大標本館如中央研究院生物多樣性研究中心標本館 (HAST)、國立臺灣大學森林系標本館 (NTUF)、國立屏東科技大學森林系標本館 (PPI)、國立臺灣大學生科系標本館 (TAI)、特有生物研究保育中心植物標本館 (TAIE)、國立中興大學森林系標本館 (TCF) 均無臺灣地區產之本種臘葉標本，且前往上述採集地點發現該地區業已開發殆盡，野外亦未發現其蹤跡。

查福建植物志之植物調查地點並未包括馬祖地區 (張和葉, 1985)，而且馬祖植物誌之植物調查紀錄未發現秦椒 (郭城孟, 2004)，有紀錄台灣產秦椒之文獻引證標本均只有引用法國採集家 U.Faurie 所採集之編號 22 號標本 (Li, H. L. 1963.; Chang, C. E. & T. G. Hartley. 1993; 黃成就, 1997); 馬祖產秦椒為花椒屬植物的新紀錄。

Zanthoxylum armatum DC., Prodr. 1: 727. 1824; Hartley in Journ. Arn. Arb. 47: 211. 1966;

Chang in Fl. Taiwan 3: 532. 1977, in Fl. Taiwan ed. 2.3: 538. 1993.

Zanthoxylum planispinum Sieb. & Zucc. In Abh. Bayer Akad. Wiss. Math. Phys. Cl. Munchen 4(2): 138. 1846; Matsum. & Hayata in Journ. Coll. Sci. Univ. Tokyo 22: 71. 1906 (Enum. Pl. Form.); Liu, Ill. Nat. Intr. Lign. Pl. Taiwa 2: 887. f. 730. 1962.

Zanthoxylum alatum var. *planispinum* (Sieb. & Zucc.) Rehder & Wilson in Sargent, Pl. Wilson. 2: 125. 1914; Y. C. Liu, Lign. Pl. Taiwan 547. 1972.

Zanthoxylum alatum var. *subtrifoliolatum* Franch. Pl. Delav. 124. 1889; Li, Woody Fl. Taiwan 385. 1963.

灌木，雌雄異株，莖枝多銳刺，皮刺長可達 2cm，具有寬闊的扁平基部。奇數羽狀複葉；葉軸有明顯翼葉，小葉 3-9、稀 11 片，小葉對生，卵形到卵形披針形，長 3-12 cm，先端漸尖，基部銳尖或鈍，小葉葉面中脈平坦或凹陷，背面中脈上常有小刺，頂端中央一片最大，基部一對最小；葉緣有小的鋸齒，或近全緣，只在齒縫或沿小葉邊緣有油點；小葉柄短或無柄。花序近於無柄的腋生總狀花序，長

2-5cm；花被片 6-8 片，花被片大小相等，形狀幾乎相同，長約 1.5mm；雌花有心皮 2-3 個，背部近頂側各有 1 油點，花柱斜向背彎。果紫紅色，有微凸起少數油點，單個分果瓣徑 4-5mm；種子徑 3-4mm，褐黑色。花期 4-5 月，果期 8-10 月；種子黑色，有光澤。分布日本，朝鮮，越南、菲律賓、緬甸、印度、尼泊爾，臺灣產於北部及南竿低海拔山麓。

引證標本:

連江縣:南竿(N26°08'25"/E119°55'45"),
何東輯,354,355(TAIE)；臺北圓山：
U.Faurie 22 (A)。

Rehder & Wilson(1914)認為秦椒有 2 變種，印度產 *Z. armatum* var. *armatum* 有小葉 7- 13 片，日本產 *Z. armatum* var. *subtrifoliolatumu* 有小葉 3- 7 片。

黃成就(1957, 1997) 認為秦椒不宜再分變種，小葉片數目之多少，僅是地理分布上的變型而已，中國產秦椒為小葉 3-7 片，最多 9 片，因此與日本產秦椒為同種植物，同時將 *Z. armatum* var. *subtrifoliolatumu* 分類處理歸併為同物異名，學名採用為 *Z. armatum*。

Ohba, H. (1999)認為日本產 *Z. armatum* var. *subtrifoliolatumu* 有小葉 3-5、稀 7 片，與 *Z. armatum* 有小葉 7-11、稀 13 片，形態特徵上已有差異，故為變種，分布日本、中國。

Zhang, D. X. and T. G. Hartley.(2008) 編寫中國植物志，採用黃成就(1957, 1997)的分類觀點，認為中國產秦椒學名應採用為 *Z. armatum*，將 *Z. armatum* var. *subtrifoliolatumu* 分類處理歸併為同物異名，但是特別註明：
「Ohba (Fl. Jap. 22c: 37. 2001) treats the plants from Japan and most of China as *Z. armatum* var.

subtrifoliolatum (Franchet) Kitamura.」，上述 Ohba, H. 著作不是 2001 年，應更正為 1999 年。

馬祖地區秦椒分布在南竿島鐵堡附近向陽坡面的原生灌叢，目前僅有發現 4 株，植物族群稀少，極需加強保護。

謝 誌

本研究野外調查時間，承綠野生態保育協會修理事長鴻儒多次陪同，共赴各地區協助調查、採集、鑑定工作，衷心感激，以及各大標本館工作人員給予最方便之查閱標本與熱心協助，謹此一併誌謝。

參考文獻

- 何東輯。2007。台灣產芸香科植物之訂正。特有生物研究 9(2): 29-52。
- 郭城孟。2004。馬祖植物誌。833 頁。福建省連江縣政府。
- 張永田、葉友謙。1985。福建植物志第二卷 352-377。福建科學技術出版社。
- 曾彥學、曾喜育。2014。馬祖地區珍稀有用植物。160 頁。福建省連江縣政府。
- 黃成就。1957。中國芸香科植物初步研究(一)。植物分類學報 6(1):1-88。
- 黃成就。1997。中國植物志 43(2): 1-250。科學出版社。
- Chang, C. E. and T. G. Hartley. 1993. Rutaceae. In: Huang, T. C. et al. (eds.). Flora of Taiwan 2nd ed. 3: 510-544. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Department of Botany, NTU, Taipei, Taiwan.
- Hayata, B. 1911-1920. Icons Plantarum Formosanarum. Bureau of Productive Industry, Government

of Formosa, Taihoku (Taipei) Taiwan.

Ohba, H. 1999. Flora of Japan.vol.2c 37.

Kodansha.

Li, H. L. 1963. Woody Flora of Taiwan.

Livingston Publishing Co. Narberth.
n Press, St. Louis.

Pennsylvania. pp.363-387.

Zhang, D. X. and T. G. Hartley.2008. In: Wu, Z.

Y., P. H. Raven & D. Y. Hong, eds. Flora of
China 11:52–66. Science Press, Beijing, and
Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.



圖 1. *Zanthoxylum armatum* DC. A.果枝；B.花；C.果。

Fig1. *Zanthoxylum armatum* DC. A: fruiting; B: flower; C: fruits.

四種臺灣雀形目留鳥的異地回收紀錄

Foreign Recapture Records of Four Resident Passerines in Taiwan

林瑞興* 賴佳郎 蘇美如

Ruey Shing Lin,* Jia Lang Lai and Mei Ru Su

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集镇民生東路1號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

*通訊作者：pitta.formosa@gmail.com

*Corresponding author: pitta.formosa@gmail.com

摘要

「臺灣鳥類生產力與存活率監測」計畫在臺灣西部海拔分布位於 100~3,000m 的 10 個地點，於 2009~2015 年累計繫放 74 種、6,108 隻次雀形目野鳥。其中黃胸薺眉(*Liocichla steerii*)、冠羽畫眉(*Yuhina brunneiceps*)、台灣朱雀(*Carpodacus formosanus*)及栗背林鴉(*Tarsiger johnstoniae*)各出現 1 次、計 4 筆原始繫放地點位於再捕捉之繫放站中心點 1km 外的異地回收紀錄。異地回收紀錄占繫放總隻次數的 0.07%，均出現於中、高海拔(海拔>2,100m)。回收地距離首次繫放地點約 1km 者有 3 筆，僅黃胸薺眉 1 筆的距離約 20km，由首次繫放與回收當時情形判斷，該黃胸薺眉正在進行垂直遷徙，且可能是由臺灣中央山脈西側度冬地往東側的繁殖地移動之中。

Abstract

In the Monitoring Avian Productivity and Survivorship program, Taiwan (MAPS Taiwan), 6,108 individuals from 74 passerine species were banded at 10 locations with elevations ranging from 100m to 3,000m from 2009 to 2015 in western Taiwan. Four species, *Carpodacus formosanus*, *Liocichla steerii*, *Tarsiger johnstoniae*, and *Yuhina brunneiceps*, were foreign recaptures, respectively found once in locations higher than 2,000m above sea level. The ratio of foreign recapture was 0.07%. The distance between the first capture and the first foreign recapture locations was about 1km in three of the records. In

another record, *L. steerii* was first captured in Guanyuan in July, 2007, and then a foreign recapture was found in Rueiyuan in April, 2011. The distance between the two locations was about 20km. To our knowledge, this was the first record reported of a resident passerine whose breeding and wintering sites might be located on different sides of the Central Mountain Range.

關鍵字：繫放、異地回收、黃胸薺眉、垂直遷徙、臺灣

Key words: banding, foreign recapture, *Liocichla steerii*, altitudinal migration, Taiwan

收件日期：2016 年 07 月 25 日

接受日期：2016 年 10 月 31 日

Received: July 25, 2016

Accepted: October 31, 2016

緒 言

繫放是鳥類學常用的研究技術，其過程大致是利用各種安全的方法捕捉野鳥，之後為捕獲的個體掛上具獨特編碼的腳環，再視各研究需要繫上其他標記，同時獲取所需形值及相關資料(林 2011)。繫放應用於鳥類學研究已超過一世紀，雖然隨著科技的發展，近年無線電發報器(radio transmitters)、地理定位器(geolocators)及衛星追蹤器(satellite transmitters)等相繼問世並廣泛應用於鳥類學研究後，取代部分僅以編碼金屬環標記的功能，但傳統繫放在實施的空間、時間、數量與可應用鳥種上，有其不可取代的優勢，故仍有其科學研究上的重要性(Newton 2014)。

標記後的野鳥於釋回野外之後，透過後續的再次被捕捉(recapture)，可獲得相同個體在不同時間的生理、形態、生活史、空間及存活情形等資訊。同一個體在不同時間的再捕捉情形，依據其時間、空間與操作者的差異，可區分為 3 大類：(1)重複捕捉(repeat)，指在一繫放

季(短於 1 年)於同一地點為同一繫放人或團隊多次捕捉；(2)同地回收(return)，指在同一地點，為相同繫放人或團隊於首次繫放後之次年或更久後所再捕捉；以及(3)異地回收(foreign recapture)，主要是指在某一地點繫放過的鳥於其他地點被再捕捉，但也用於同一地點但非由原繫放人或團隊所再捕捉的情形(McClure 1974；Gustafson *et al.* 1997)。

異地回收是瞭解鳥類遷徙或移動的重要資料來源(Newton 2008)。臺灣最早、最大規模的異地回收資料來自 1964~1971 年由美國政府支持，並由東海大學歐保羅、謝孝同團隊負責執行的「遷徙性動物病理學調查(Migratory Animal Pathological Survey)」，該計畫執行期間累積繫放 162 種、155,816 隻次野鳥，獲得 1,597 筆異地回收紀錄，其中鷺鷥類、家燕(*Hirundo rustica*)、東方黃鵲鴝(*Motacilla tschutschensis*)與紅尾伯勞(*Lanius cristatus*)等鳥種的異地回收資訊尤其豐富，對於臺灣陸域鳥類的移動與遷徙具重要的貢獻(McClure 1974)。此後，臺灣雖曾於 1986~1991 年針對水鳥執行「東亞國

際候鳥繫放先驅計畫」，1991~1995年進行「臺灣地區鳥類繫放計畫」等較大規模的繫放(袁 1998；林 2011)，但整體而言，繫放研究顯得斷斷續續、規模較小，且資料管理與後續分析較為缺乏。不過，1990年之後，水鳥繫放因東亞澳遷徙線上的跨國合作及足旗(color leg flags)實施(Environment Australia 2001)，異地回收比例有顯著的提升。

「臺灣鳥類生產力與存活率監測(The Monitoring Avian Productivity and Survivorship program, Taiwan; MAPS Taiwan)」計畫為特有生物研究保育中心於2009年開始推行的長期公民科學(citizen science)計畫，其長期目標是瞭解臺灣在不同空間尺度、海拔及棲地特性之下，鳥類族群生產力(productivity)及年間存活率(annual survival)的變異，並以陸域雀形目(Passeriformes)為主要研究對象(林 2012)。棲息於森林下層或地面活動的小型雀形目留鳥的異地回收案例不多，本研究報導 MAPS Taiwan 計畫於 2009~2015 年之再捕捉個體的捕獲地點位於原始繫放站中心點 1km 外的異地回收紀錄。

方法

MAPS Taiwan 於 2009~2015 年曾於新北市新店區四坎水(海拔 400m)、桃園市大溪區(海拔 350m)、台中市和平區烏石坑(海拔 1,000m)、南投縣仁愛鄉瑞岩(海拔 2,100m)、花蓮縣秀林鄉合歡山小風口(海拔 3,000m)、雲林縣林內鄉湖本(海拔 200m)、雲林縣斗六市湖山(海拔 250m)、嘉義縣中埔鄉社口(海拔 300m)、台南市龍崎區牛埔(海拔 100m)及高雄市小港區鳳山水庫(海拔 60m)等 10 個地點設站(圖 1)進行 1~7 個繁殖季的繫放(蘇等 2015)。各站於 3-9 月，每 2-3 週進行 1 次繫放，每站架設 8-15

張孔徑 15×15mm、長 12m、高 2.6m 的 4 層網。鳥網相距 50~80m，地點固定。每次於日出前後張網，連續操作 6 小時。本研究鳥類年齡區別以 1 月 1 日為基準，1 齡鳥(hatching year)指捕捉當年 12 月 31 日之前出生，超過 1 齡(after hatching year)指至少為捕捉當時前 1 年的 1 月 1 日至 12 月 31 日間出生的鳥，餘年齡區別以此類推。詳細之繫放站運作細節，以及年齡與性別判斷方式另請參考「臺灣鳥類生產力與存活率監測 2012 工作手冊」(林 2012)。若遇首次捕獲時已戴有金屬環，但非 MAPS Taiwan 團隊於同一繫放站所捕捉，即聯繫臺灣曾進行繫放研究之人員以確認其首次繫放之地點、日期、年齡與性別。另若其他繫放團隊回報回收 MAPS Taiwan 原繫放個體，亦取得前述相同資訊。本研究異地回收紀錄係指回收地點非位於原繫放站且與原繫放地點距離超過 1km。

結果與討論

MAPS Taiwan 計畫 2009~2015 年共繫放鳥類 89 種、6,211 隻次，其中 74 種、6,108 隻次屬雀形目。雀形目鳥類中，屬同地捕捉及同地回收共 38 種、1,764 隻(28.9%)，僅 4 種 4 隻(0.07%)屬異地回收(表 1)。4 筆紀錄中有 2 筆出現在位於中海拔的瑞岩(海拔 2,100m)，另 2 筆則出現於高海拔的小風口(海拔 3,000m)，占多數的低海拔繫放站(圖 1)並無出現「回收地距離原繫放地點超過 1km」的紀錄。4 筆異地回收紀錄中，有 3 筆首次繫放時為 1 齡鳥，而後在同年至第 3 年間都於距離約 1km 的地點回收。環號 B39908 的黃胸薊眉雌鳥(*Liocichla steerii*)的首次繫放與異地回收地點間距離最遠，直線距離約 20km，也是間隔最久的(3.75 年，表 1)。

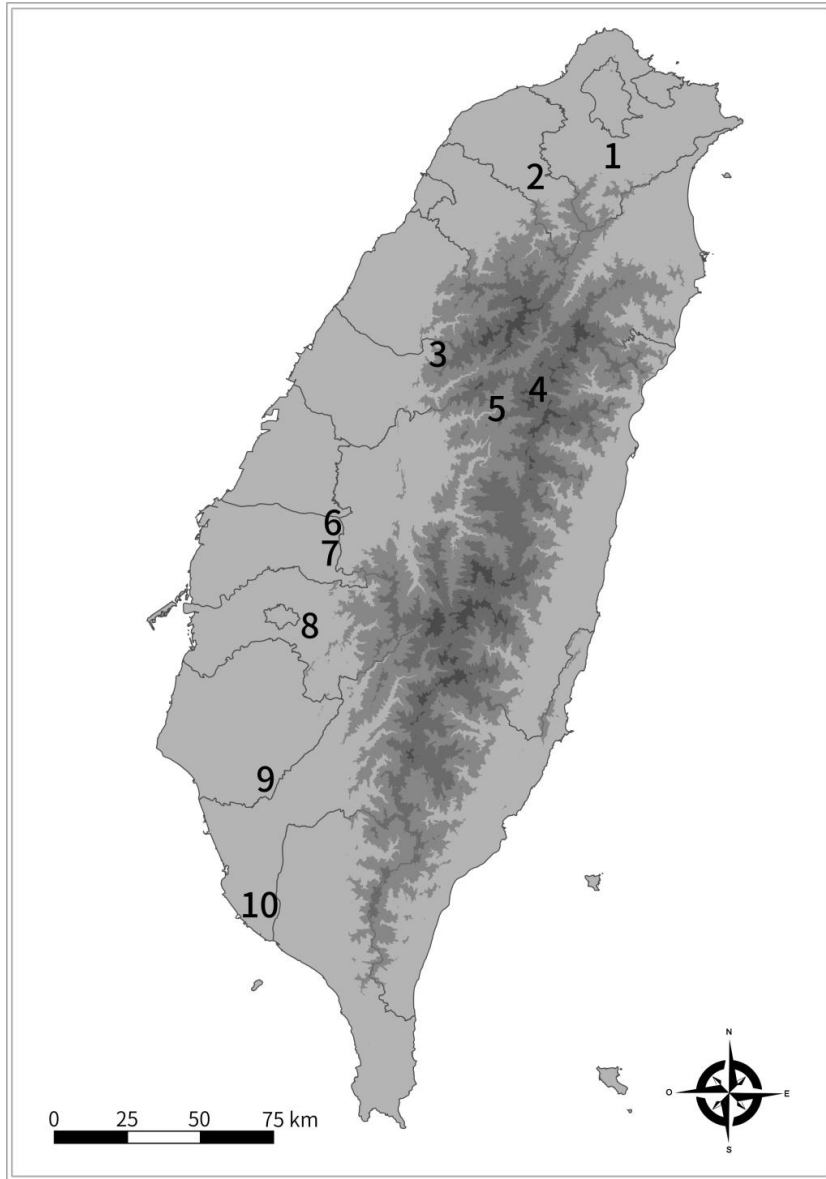


圖 1. MAPS Taiwan 繫放站分布圖。(1)新北市新店區四崁水，(2)桃園市大溪，(3)台中市和平區烏石坑，(4)花蓮縣秀林鄉小風口，(5)南投縣仁愛鄉瑞岩，(6)雲林縣林內鄉湖本及(7)斗六市湖山，(8)嘉義縣中埔鄉社口，(9)台南市龍崎區牛埔及(10)高雄市小港區鳳山水庫。

Fig. 1. The map shows the location of each banding site operated by MAPS Taiwan program. (1)Sikanshui, Xindian, New Taipei, (2)Daxi, Taoyuan, (3)Wushikeng, Heping, Taichung, (4)Xiaofengkou, Xiulin, Hualien, (5)Rueiyan, Renai, Nantou, (6)Huben, Linnei, Yunlin,(7)Hushan, Douliu, Yunlin, (8)Shekou, Zhongpu, Chiayi, (9)Niupu, Longci, Tainan, and (10)Fengshan Reservoir, Xiaogang, Kaohsiung.

表 1. MAPS Taiwan 計畫 2009~2015 年異地回收紀錄

Table 1. Records of foreign recapture in MAPS Taiwan program from 2009 to 2015

Species	Band number	Foreign recapture			First capture			Sex	Distance (km)
		Locations(coordinates)	Date(Y/M/D)	Age ^a	Locations(coordinates)	Date(Y/M/D)	Age		
黃胸薺眉 (<i>Liochitta steerii</i>)	B39908	Rueiyuan, Renai, Nantou (24.10154, 121.18287)	2011/4/10	≥ 6	Guanyuan, Xiulin, Hualien ^b (24.18720, 121.33910)	2007/7/13	≥ 2	Female	~20
	K34947	Rueiyuan, Renai, Nantou (24.10154, 121.18287)	2013/7/20	3	Meifeng, Renai, Nantou ^c (24.08739, 121.17471)	2011/7/9	1	Female	~1
台灣朱雀 (<i>Carpodacus formosanus</i>)	A30283	Xiaofengkou, Xiulin, Hualien (24.16196, 121.28683)	2013/8/11	2	Hehuan Farm, Xiulin, Hualien ^d (24.16675, 121.29873)	2012/10/7	1	Unknown	~1
	A35206	Hehuan Farm, Xiulin, Hualien ^d (24.16675, 121.29873)	2014/10/11	1	Xiaofengkou, Xiulin, Hualien (24.16196, 121.28683)	2014/7/13	1	Female	~1

^a Age is based on the calendar year.

^b Provided by Yuan-Mou Chang.

^c Provided by Sheng-Feng Shen.

^d Provided by Yu-Cheng Hsu.

B39908 係由 MAPS Taiwan 繫放團隊於 2011 年 4 月 10 日於瑞岩溪野生動物重要棲息環境西側回收，當日繫放員發現大量的黃胸薹眉持續由低處往高處移動，6 小時的繫放中捕獲 10 種、63 隻，其中 34 隻為黃胸薹眉，不論就繫放或黃胸薹眉總數量而言，均為當年瑞岩繫放站的最大量。2011 年瑞岩繫放站由 3 月 20 日至 9 月 21 日共進行 11 次繫放，合計捕獲黃胸薹眉 69 隻次，其中 4 月 10 日的繫放數量即占該年黃胸薹眉繫放總數的 49.3%，又 3 月 20 日的繫放並未捕獲任何黃胸薹眉。由前述觀察與繫放證據均顯示 2011 年 4 月 10 日的繫放可能遇上大量進行垂直遷徙中的黃胸薹眉。B39908 係由張原謀團隊於 2007 年 7 月 13 日於花蓮縣秀林鄉關原地區(海拔約 2,400m)首次繫放，並於同年 7 月 22 日於相同地點回收(陳嘉宏，私人通訊)，由具備孵卵斑(brooding patch)可判斷其當時已屬 ≥ 2 齡成鳥，且應於當地繁殖。B39908 首次繫放和異地回收間隔 3.75 年，雖未確認是否返回關原繁殖，然而雀形目成鳥經常具高度繁殖地忠誠性(site fidelity) (Greenwood and Harvey 1982)，故位於臺灣中央山脈東側繁殖的黃胸薹眉可能會遷徙至中央山脈的西側度冬。

鳥類個體在空間分布上的變化相當多樣。以留鳥而言，隨著鳥種、年齡與季節等，因繁殖、追尋食物等需求有不等距離的移動或擴散行爲。另臺灣山區部分留鳥隨季節進行垂直遷徙的現象發現已久，同時已知部分鳥種會進行季節性南北移動(Shiu and Lee 2003；劉 2013)。然而，個體究竟是如何移動形塑成爲我們在不同季節觀察到結果，因爲追蹤上的困難，至今甚少資訊得以探討其過程。本研究 B39908 黃胸薹眉異地回收案例，除了提供季節性海拔變動的直接證據之外，跨越中央山脈

的移動行爲，顯示臺灣山區小型雀形目留鳥的季節性移動的複雜性。其餘 3 筆異地回收紀錄，首次繫放時均為當年離巢 1-2 個月內的 1 齡鳥，有可能是幼鳥獨立後的擴散結果(post-fledgling dispersal)，如 A35206 栗背林鶇(*Tarsiger johnstoniae*)2014 年 7 月 13 日首次繫放時為剛離巢幼鳥，同年 10 月 11 日於 1km 遠處的合歡農場回收，2015 年 4 月 25 日再次於合歡農場回收時，依據孵卵斑的發育情形，顯示已於合歡農場繁殖(徐中琪，私人通訊)。

MAPS Taiwan 計畫 2009~2015 年累計繫放超過 6,000 隻次，出現 4 筆異地回收紀錄，比率僅 0.07%，但同地捕捉及同地回收比率合計達 28.9%，顯示本研究以小型雀形目留鳥為主要研究對象，低異地回收比率反映多數研究對象移動距離短，以地理距離最近的 2 個低海拔繫放站為例，雲林縣林內鄉湖本及雲林縣斗六市湖山繫放站的直線距離僅約 2km，於同時運作的 5 年期間並未發現異地回收情形。另目前臺灣利用繫放進行鳥類研究項目有限是另一個重要原因。長遠來看，訓練人才、鼓勵公民科學家(citizen scientist)參與、強化合作、有效的資料管理及發展尺度較大、地點分布多的繫放計畫是提高臺灣鳥類繫放資料的質、量及回收比率的重要方式(Tautin *et al.* 1999; Dickinson *et al.* 2010)。

謝 誌

本研究由衷感謝 MAPS Taiwan 所有夥伴的長期付出，尤其是胡登雄、許惠吟、陳士訓、徐紫欽、陳嘉宏、吳麗蘭、蔡佑澤、張仁川、林佩蓉及吳世鴻於各繫放站運作上的努力，感謝呂亞融協助製圖。感謝許育誠博士、沈聖峰博士、張原謀博士及各繫放團隊提供異地回收

資訊，謹此一併致謝。另感謝林務局南投林區管理處、嘉義大學社口林場、特有生物研究保育中心低海拔(烏石坑)及高海拔試驗站(合歡山)等提供繫放站場地及行政支援。

參考文獻

- 袁孝維。1998。臺灣鳥類繫放工作手冊。行政院農業委員會，台北。
- 林瑞興。2011。鳥類繫放手冊(燕雀目強化版)。行政院農業委員會特有生物研究保育中心，南投。
- 林瑞興。2012。臺灣鳥類生產力與存活率監測2012工作手冊。行政院農業委員會特有生物研究保育中心，南投。
- 劉小如。2013。東方蜂鷹移動行為之研究(2/2)。林務局，台北。
- 蘇美如、陳嘉宏、陳士訓、許惠吟、胡登雄、吳麗蘭、蔡佑澤、吳世鴻、林佩蓉、賴佳郎、林瑞興。2015。臺灣鳥類生產力與存活率監測(MAPS Taiwan) 2015年度報告。行政院農業委員會特有生物研究保育中心，南投。
- Dickinson, J., B. Zuckerberg and D. Bonter. 2010. Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits. *Annual review of ecology, evolution, and systematics* 41:149–172.
- Environment Australia. 2001. Color flagging protocol for migrating shorebirds in Eastern Asia-Australian Flyway. Environment Australia, Canberra, Australia.
- Greenwood, P. J. and P. H. Harvey. 1982. The natal and breeding dispersal of birds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:1-21.
- Gustafson, M. E., J. Hildenbrand and L. Metras. 1997. The North American bird banding manual (electronic version). Version 1.0. <https://www.pwrc.usgs.gov/BBI/manual/>
- McClure, H. E. 1974. Migration and survival of the birds of Asia. Applied Scientific Research Corporation of Thailand, Bangkok, Thailand.
- Newton, I. 2008. The migration ecology of birds. Academic Press, London, UK.
- Newton, I. 2014. Is bird ringing still necessary? *British Birds* 107:572-574.
- Shiu, H. J. and P. F. Lee. 2003. Seasonal variation in bird species richness along elevational gradients in Taiwan. *Acta Zoologica Taiwanica* 14:1-21.
- Tautin, J., L. Metras and G. Smith. 1999. Large-scale studies of marked birds in North America. *Bird Study* 46: S271-S278.

臺灣新年數鳥嘉年華監測我國冬季鳥類相之 2016 年成果

The Results of 2016 New Year Bird Count as A Monitoring Project for the Winter Avifauna in Taiwan

林大利^{1,2} 呂翊維³ 沈育霖⁴ 林昆海⁵ 林瑞興^{1,*}

Da-Li Lin^{1,2}, Allen Lu³, Yu-Lin Shen⁴, Kun-Hai Lin⁵ and Ruey-Shing Lin^{1,*}

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 國立臺灣大學森林環境暨資源學系 10617 臺北市大安區羅斯福路四段 1 號

³ 社團法人台北市野鳥學會 10664 臺北市大安區復興南路二段 160 巷 3 號 1 樓

⁴ 社團法人中華民國野鳥學會 11680 臺北市文山區景隆街 36 巷 3 號 1 樓

⁵ 社團法人高雄市野鳥學會 80042 高雄市新興區林森一路 189 號 12 樓

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² School of Forestry and Resources Conservation, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

³ Wild Bird Society of Taipei, Taipei, Taiwan

⁴ Chinese Wild Bird Federation, Taipei, Taiwan

⁵ Kaohsiung Wild Bird Society, Kaohsiung, Taiwan

*通訊作者：pitta.formosa@gmail.com

*Corresponding Arthur: pitta.formosa@gmail.com

摘要

東亞澳遷徙線的候鳥因棲地流失而導致數量大幅下降。為瞭解臺灣冬季鳥類相的變化趨勢，「臺灣新年數鳥嘉年華」已自 2014 年執行至今。2015 年 12 月 19 日至 2016 年 1 月 10 日的 23 天內，由 1,116 名志工於全國 156 個半徑 3 km 的樣區圓內執行鳥類調查，共記錄 331 種鳥，292,837 隻次的鳥類。與 2014 年及 2015 年的成果相較，參與人數、調查時間及樣區圓數量皆有所增加。然而，仍有 16 處樣區圓的鳥種數逐年下降，另有 16 處樣區圓的鳥類豐度也逐年降低。下降幅度較高的樣

區圓多為濕地環境，包括鰲鼓溼地、漢寶及福寶濕地。從各鳥種的角度來看，12 種鳥的總數量減少 100 隻次以上，其中包括蒙古鵠、田鵠及大杓鵠等度冬水鳥。遷徙水鳥的族群量下降，可能與東亞沿海濕地大幅流失有關。臺灣新年數鳥嘉年華將持續執行，以偵測冬候鳥的族群變化趨勢。

Abstract

The migratory birds of East Asia-Australasia Flyway have been decreasing significantly due to habitat loss. Taiwan New Year Bird Count (NYBC Taiwan) has monitored population trends of wintering birds since 2014. From 19 December 2015 to 10 January 2016, 1,116 volunteers conducted surveys in 156 circle sample areas that each had a diameter of 3 km across the country and recorded 331 bird species (292,837 individuals). Compared to data of 2014 and 2015, the number of volunteers, duration, and the number of circle sample areas increased. However, bird species richness decreased in 16 circle sample areas; and bird abundance decreased in another 16 circle sample areas. All of the top five sample areas of declining bird abundance were in wetlands, such as Ao-gu Wetland, Ham-bow Wetland, and Fu-bow Wetland. In terms of abundance, 12 species were found to have decreased over 100 individuals, including *Charadrius mongolus*, *Gallinago gallinago*, *Numenius arquata*. The population decrease of migratory shorebirds might be related to coastal wetland loss in East Asia. NYBC Taiwan will continue to monitor the population trends of migratory birds.

關鍵詞：公民科學、東亞澳遷徙線、新年數鳥嘉年華、臺灣、冬候鳥

Key words: citizen science, East Asia-Australasia Flyway, NYBC, Taiwan, wintering birds

收件日期：2016 年 08 月 02 日

接受日期：2016 年 10 月 31 日

Received: August 02, 2016

Accepted: October 31, 2016

緒 言

自從 2010 年，生物多樣性公約(Convention on Biological Diversity)秘書處於第 10 屆締約國大會發布「愛知生物多樣性目標(Aichi Biodiversity Targets)」並建立「生物多樣性指標夥伴關係(Biodiversity Indicators

Partnership)」之後(Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2010)，各種監測國家或洲域範圍的公民科學計畫快速增加，並已成為廣時空尺度之生物多樣性及環境監測的重要方法(Bonney *et al.* 2009; Dickinson *et al.* 2010; Dickinson *et al.* 2012)。

東亞澳遷徙線 (East Asia-Australasia flyways) 上，許多種候鳥的數量呈現下降趨勢 (Goriup and Tucker 2007; Kirby *et al.* 2008; Nebel *et al.* 2008)。水鳥中約有 62% 的物種的族群量顯著下降 (Delany and Scott 2006)。東亞澳遷徙線共有 492 種遷徙候鳥，其中 64 種為受脅鳥種，包括嚴重瀕臨滅絕 (critically endangered, CR) 7 種、瀕臨滅絕 (Endangered, EN) 10 種、易危 (Vulnerable, VU) 33 種極近危 (Near Threatened, NT) 14 種 (Bamford *et al.* 2008)。可見東亞澳遷徙線上的候鳥正面臨諸多威脅，其可能原因包括棲地流失、氣候變遷與禽流感的散播 (Nebel 2008)。Ma *et al.* (2014) 報導中國沿海濕地已築起近三萬公里的人工海堤，幾乎涵蓋中國海岸，長度超過萬里長城，因而稱為「新長城」。近年來，中國 60% 的國內生產毛額來自沿海 13% 的土地，也意味著海岸面臨嚴重的開發壓力 (Ma *et al.* 2014)。中國沿海的溼地大幅流失，對於東亞澳的遷後水鳥是相當巨大的衝擊。在全球的鳥類遷徙線當中，東亞澳遷徙線中所涵蓋的受脅水鳥的比例最高 (19%)，「新長城」威脅了全球超過 25% 的水鳥 (Barbier *et al.* 2011)。

臺灣屬於東亞澳遷徙線的重要中繼站，臺灣本島已記錄 179 種冬候鳥和 153 種過境鳥 (蔡等 2014)。自 2013 年起，中華民國野鳥學會、台北市野鳥學會、高雄市野鳥學會及行政院農業委員會特有生物研究保育中心聯合推動「臺灣新年數鳥年華 (Taiwan New Year Bird Count, NYBC Taiwan)」，作為長期監測我國冬季鳥類狀況的公民科學 (citizen science) 活動 (林等 2014; 林等 2015)。2013 年底至 2014 年初的 16 天內，由 598 名志工於全國 122 個半徑 3 km 的樣區圓內執行鳥類調查，共記錄 292 種鳥，189,280 隻次的鳥類 (林等 2014)。

2014 年底至 2015 年初的 23 天內，由 967 名志工於全國 134 個樣區圓內共記錄 319 種鳥，205,319 隻次的鳥類 (林等 2015)。與 2014 年調查成果相較，黑腹濱鷸 (*Calidris alpina*)、小水鴨 (*Anas crecca*)、麻雀 (*Passer montanus*)、太平洋金斑鴿 (*Pluvialis fulva*)、黃頭鷺 (*Bubulcus ibis*)、棕沙燕 (*Riparia chinensis*) 及東方環頸鴿 (*Charadrius alexandrinus*)，共 7 種鳥的數量下降超過 1,000 隻次 (林等 2015)。雖然兩年的資料上不易深究族群變化，但在努力量提升之下，很可能是暗示族群量下降的重要警訊。就鳥種豐富度 (bird species richness) 及鳥類豐度 (abundance) 而言，龍鑾潭、嘉南沿海及蘭陽平原為重要的熱點 (林等 2014; 林等 2015)。

本研究延續調查原則，於 2015 年 12 月 19 日至 2015 年 1 月 10 日的 23 天內，以公民科學方式於 156 個面積相同樣區圓內執行鳥類調查。藉此瞭解：(1) 我國冬季時鳥類的群聚組成；(2) 各樣區及各鳥種的年間數量變化。

材料與方法

調查範圍

臺灣新年數鳥嘉年華以公民科學為主要的調查原則，由自願者擔任調查樣區負責人，活動中稱為「鳥老大」。樣區負責人於我國所轄行政區域內，自由選擇一定點，調查範圍以此點之座標為圓心，以半徑 3 km 畫圓所得之範圍，稱為樣區圓。樣區負責人須於調查活動開始前向中華民國野鳥學會登記，並充分瞭解臺灣新年數鳥嘉年華的操作方法與注意事項，始可成為納入分析之樣區圓。若遇樣區圓範圍重疊的狀況，中華民國野鳥學會將協助調整圓心位置。2016 年共計有 156 個樣區圓 (圖 1)。

調查期間

調查期間為國曆 1 月 1 日前 2 個星期六至 1 月 1 日後的第 2 個星期日。依此原則，2016 年的活動期間為 2015 年 12 月 19 日至 2016 年 1 月 10 日，共 23 天，其中包含 9 天假日。惟 2014 年之活動期間為 2013 年 12 月 28 日至 2014 年 1 月 12 日，共 16 天。樣區負責人於 23 天中任擇一日調查，調查時間可任則期間類連續 24 小時內完成。調查時間至少須涵蓋一天當中的 6 小時，未來各年間的調查日期應盡可能接近。

調查人員

各樣區圓之調查人員由樣區負責人招募，參與人數無限制。除樣區負責人之外，可獨立執行鳥類調查者稱為「鳥夥伴」，可與樣區負責人分別於樣區圓內的不同地點執行鳥類調查。無法單獨執行鳥類調查者稱為「鳥鄉民」，跟隨樣區負責人或鳥夥伴參與鳥類調查。

調查方法

執行調查之前，必須記錄樣區圓名稱、調查日期、調查起始時間、調查結束時間、天氣狀況、風速及參與人數。

天氣狀況分為以下類別：

- A：沒有雲或零星幾朵雲，
- B：部分有雲或雲層多變，
- C：雲層滿佈或陰天，
- D：濃霧，E：毛毛雨，F：陣雨。

風速則分為以下幾類：

- 0：無風、樹葉草莖不動，參考風速為 0-0.5 m/s；
- 1：樹葉、草莖及小枝擺動，參考風速為 1.6-5.4 m/s；

2：塵沙飛揚，小樹幹搖動，參考風速為 5.5-10.7 m/s；

3：大樹搖動，雜物可能被吹倒，參考風速為 >10.8 m/s。

樣區負責人須盡可能完整記錄樣區圓內的鳥類種類及數量。各樣區圓內的地景結構及棲地組成不盡相同，因此，不同的環境及現場狀況分別適用不同的鳥類調查方法。

一、穿越線法(line transect, Burnham *et al.* 1980)

選定一條固定方向的路線，以固定的速度(約 1-2 km/hr)步行前進，記錄路線兩側目擊與聽見之所有鳥類種類及數量。此方法適用於山區或其他道路系統不密集之處。調查員須記錄調查路線起點及終點之座標。

二、群集計數法(counting flocks)：

樣區圓內視野良好且觀察方向順光的觀察點，以望遠鏡掃視，記錄目視可及範圍內的所有鳥類種類及數量。觀察點之間的距離，為調查者輔以望遠鏡可正確辨識鳥種之距離。例如調查者輔以單筒望遠鏡可正確記錄之距離為 100 m，則兩觀察點之間的距離略小於 200 m，以避免遺漏鳥類個體。為避免重複計數，觀察點之間以明顯的標的物作為界線。此方法適用於河口、溼地、海岸、魚塢等開闊環境，以及鳥類大量聚集之夜棲地。由於群集計數法的紀錄容易受鳥類移動影響，觀察時應特別留意鳥類的移動狀況。若於河口或海岸，水鳥的群聚狀況容易受潮汐的影響，須在滿潮前後兩小時內，水鳥聚集於離岸近處時執行調查(Bibby *et al.* 1992)。若已掌握水鳥避潮的停棲地點，則在停棲地點計數。調查員須記錄調查人員計數時所在位置之座標。

三、地區搜尋法(area search, Ambroses 1989)

在設定的調查範圍區內，調查員可於一定時間內，清查區域內的鳥類種類及數量。由於此方法操作自由度高，容易發現一些隱密性較高之鳥種。此方法適用於範圍界線明確、道路系統發達、範圍涵蓋面積步行可及之處，例如校園、公園及農田等。調查員須回報執行地區搜尋之範圍。

四、附加紀錄

在上述三種方法規畫之區域及時間以外所觀察到的鳥類個體，均歸屬於附加紀錄。

資料彙算與統計分析

對於各鳥種分類歸屬的認定、臺灣族群的特有性及遷留狀況皆以中華民國野鳥學會鳥類紀錄委員會所發布之「2014 台灣鳥類名錄」(蔡等 2014)、「2015 年台灣鳥類紀錄委員會年度報告」(丁等 2015)及「2016 年台灣鳥類紀錄委員會年度報告」(林等 2016)為主要依據。於各鳥種保育等級的認定，則以行政院農業委員會林務局出版之「臺灣地區保育類野生動物圖鑑」為主要參考依據(行政院農業委員會林務局 2010)。樣區圓之鳥種豐富度與鳥類豐度，取兩年均執行調查之樣區相減之差值。各鳥種豐度亦取兩年調查之總豐度相減之差值。

結果

2016 年臺灣新年數鳥嘉年華於 23 天內，由 105 位鳥老大，共 1,116 位自願參與者，在涵蓋我國臺澎金馬地區的 156 個樣區圓內執行，較 2015 年增加 25 個樣區圓(林等 2015)，覆蓋面積為國土的 12.25%，其中 101 個樣區圓於 2014 年至 2016 年連續三年皆有紀錄。活動

期間共記錄 331 種鳥，292,837 隻次的鳥類，包含 27 種特有種(100%)、56 種特有亞種(95%)；包含瀕臨絕種一級保育類 9 種、珍貴稀有二級保育類 52 種、三級其他應予保育類 14 種(附錄 1)。台北市野鳥學會 2016 年 1 月 12 日在馬祖東莒島發現 30 隻栗耳鳳眉(Indochinese Yuhina, *Yuhina torqueola*)為臺灣的新紀錄種。

鳥種豐富度方面，所有樣區圓的鳥種豐富度的分布如圖 2(mean = 45.69, SE = 1.59, n = 156)，從各樣區圓的鳥類多樣性來看，鳥種數前五高的樣區圓依序為：田寮洋(116 種)、南澳(108 種)、龍鑾潭(103 種)、香山濕地(99 種)、關渡(92 種)。共有 16 個樣區圓的鳥種數逐年上升，分別為華江橋、士林、北市公園、浮洲橋、野柳、田寮洋、香山濕地、武陵農場、集集、七股、舊鐵橋、林後四林、雙流、蘭陽溪口、無尾港及南澳；共有 16 個樣區圓的鳥種數逐年下降，分別為中研院、新店、金山、平廣路、大雪山 9-23K、大雪山 23-39K、福寶漢寶、芳苑、茶山、蘭潭、曾文水庫、官田、宜七線、員山、大洲及菜園(表一)。

鳥類豐度方面，所有樣區圓的豐度的分布如圖 3(mean = 1877.16, SE = 250.676, n = 156)。鳥類豐度的前五高分別為：布袋(24,439 隻次)、茄苳(17,651 隻次)、濁水溪口南岸(12,567 隻次)、香山濕地(9,706 隻次)及三民(8,864 隻次)。共有 18 個樣區圓的鳥類豐度逐年上升，包括士林、北市公園、中永和、福山、香山濕地、高美濕地、大肚溪口、武陵農場、梅峰、塔塔加、東螺溪、石壁、布袋、曾文水庫、七股、七股頂山、舊鐵橋及茄苳；共有 16 個樣區圓的鳥類豐度逐年下降，包括木柵文山、中研院、柑城橋、新店、平廣路、都會公園、福寶漢寶、豐山、茶山、鰲鼓、炭頂濕地、

雙流、卑南濕地、知本濕地、菜園及北竿(表二)。

士林、北市公園、香山濕地、武陵農場、東螺溪、七股，6 處樣區圓的鳥種數和鳥隻數皆呈現逐年上升的趨勢。然而，中研院、新店、平廣路、福寶漢寶、茶山、菜園、舊鐵橋，6 處樣區圓的鳥種數和鳥隻數皆呈現逐年下降的趨勢。

與 2015 年的成果相較，共有 93 種鳥的數量連續兩年增加，23 種鳥的數量增加 1,000 隻次以上(附錄 1)。共有 7 種候鳥連續兩年皆下降，包括田鶇(*Gallinago gallinago*)、白眉鶇(*Turdus obscurus*)、綠頭鴨(*Anas platyrhynchos*)、鶴鶇(*Tringa erythropus*)、歐亞雲雀(*Alauda arvensis*)、長嘴半蹼鶇(*Limnodromus scolopaceus*)和灰卷尾(*Dicrurus leucophaeus*)；其中，田鶇於 2015 年的數量比 2014 年減少 570 隻次，2016 年的數量比 2015 年減少 206 隻次(附錄 1)。比去年數量減少 100 隻次以上的候鳥依序為白腹鶇(*Turdus pallidus*，-491 隻次)、蒙古鶇(*Charadrius mongolus*，-233 隻次)、田鶇(-206 隻次)和大杓鶇(*Numenius arquata*，-140 隻次)(附錄 1)。

討論

「臺灣新年數鳥嘉年華」第三年的調查成果，參與人數、涵蓋空間及調查時間，與前兩年的狀況相比皆有所提升(林等 2014、林等 2015)。依據蔡等(2015)，除了灰腳秧雞(*Rallina eurizonoides*)和岩鶇(*Prunella collaris*)之外，其餘的普遍及不普遍留鳥及冬候鳥於本次調查中均有紀錄。灰腳秧雞白天多隱蔽於草叢中，多在晨昏單獨活動，常在夜晚連續鳴叫(劉等 2012a)，可能因冬季期間鳴唱頻率較低而無記

錄。岩鶇為分布於高海拔山區的鳥類，在冬季時會有海拔上的垂直降遷，冬季可降遷至海拔 2,500 公尺的山區(劉等 2012c)，可能因冬季降遷狀況較不易掌握，或是受到氣候變遷影響導致族群量下降，應進一步關注。本次監測活動於蘭嶼新增樣區圓，已記錄到前兩年未能紀錄之蘭嶼角鶇(*Otus elegans*)及低地繡眼(*Zosterops meyeri*)(林等，2015)，但未記錄到長尾鳩(*Macropygia tenuirostris*)，可能為監測當天因雨所致。「臺灣新年數鳥嘉年華」以公民科學方式執行，可有效記錄絕大多數冬季時普遍和不普遍的留鳥及冬候鳥。參與人數、樣區圓數量和調查時間等努力量相關因素皆提升之後，調查到的鳥種豐富度與豐度皆有所提升，顯示本活動適合長期監測我國冬季鳥類相的狀態及變化趨勢。

冬季時期，從鳥種豐富度或豐度來看，面積廣大的溼地仍是我國重要的冬候鳥棲息地，以蘭陽平原、嘉南沿海濕地及金門為重要的度冬地區，結果與歷年成果(林等 2014，林等 2015)相當相似，屬重要的冬候鳥熱點。臺灣的冬候鳥大多由雁鴨科(Anatidae)、鶯科(Ardeidae)、鶇科(Scolopacidae)、鶇科(Charadriidae)、鷗科(Laridae)、鶯類(Warbler)、鶇科(Turdidae)、鶇鶇科(Motacillidae)及鶇科(Emberizidae)等以濕地及草地為主要棲地的鳥類所組成(劉等 2012a; 2012b; 2012c)。冬候鳥的族群量通常相當龐大，需要大量的食物資源，可能因而使龍鑾潭鄰近地區、嘉南沿海及蘭陽平原等大面積的溼地環境成為冬候鳥熱點。

鳥種豐富度與豐度變化方面，從樣區圓的角度來看，可能因努力量的差異，或是各年調查日當天天氣狀況等外在因素不同所致。但是，連續兩年鳥類豐度皆下降的樣區圓當中，

下降幅度較大的樣區多為濕地環境，包括鰲鼓溼地、漢寶及福寶濕地、卑南濕地、崁頂濕地、菜園濕地及知本溼地。從各鳥種的角度來看，在今年努力量大幅提升的狀況下，已無鳥種的豐度下降達 1,000 隻次以上，但仍有 11 種鳥的豐度下降 100 隻次以上，其中包括蒙古鵠、田鵠及大杓鵠等度冬水鳥。可能受到中國沿海泥灘地大幅流失所影響(Barbier *et al.* 2011; Ma *et al.* 2014)，使東亞澳遷徙線依賴沿海濕地的遷徙水鳥的族群量下降。

「臺灣新年數鳥嘉年華」以公民科學方式執行，目前已執行三年，雖然尚難以統計分析探討影響鳥類變化的因素和顯著性，但已經略可顯示鳥類數量下降的訊息。「臺灣新年數鳥嘉年華」樣區涵蓋範圍廣大且同步性高，使兩年之間的調查結果可快速產出值得注意的預警訊息。未來將持續執行，建立完善的冬季鳥類監測系統，監測東亞澳遷徙線的候鳥現況

謝 誌

感謝 1,116 位自願者參與 2014 年的新年數鳥活動，感謝所有捐款人的慷慨捐款。感謝江郁宜小姐及玉子日記設計及製作各種活動文宣。感謝國家鳥類夥伴關係(State of Taiwan's Birds Partnerships SOTBP)團隊對本活動的指導建議。

引用文獻

丁宗蘇、吳森雄、阮錦松、林瑞興、楊玉祥、潘致遠、蔡乙榮。2015。2015 年台灣鳥類紀錄委員會報告。飛羽 28(3)：22-25。
行政院農業委員會林務局。2010。臺灣地區保育類野生動物圖鑑。行政院農業委員會林

務局。

林大利、呂翊維、洪貫捷、何一先、林昆海、林世忠、林瑞興。2015。台灣新年數鳥嘉年華監測我國冬季鳥類相之首年成果。臺灣生物多樣性研究 17(2)：81-100。

林大利、呂翊維、洪貫捷、林瑞興、何一先、林昆海。2014。臺灣新年數鳥嘉年華 2014 年度報告。社團法人中華民國野鳥學會。
林瑞興、丁宗蘇、吳森雄、阮錦松、楊玉祥、潘致遠、蔡乙榮。2016。2016 年台灣鳥類紀錄委員會報告。飛羽 29(3)：39-43。

蔡乙榮、丁宗蘇、吳森雄、阮錦松、林瑞興、楊玉祥、潘致遠。2014。2014 年台灣鳥類名錄。社團法人中華民國野鳥學會。

劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2012a。臺灣鳥類誌(上) 第二版。行政院農業委員會林務局。

劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2012b。臺灣鳥類誌(中) 第二版。行政院農業委員會林務局。

劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2012c。臺灣鳥類誌(下) 第二版。行政院農業委員會林務局。

Ambroses, S. 1989. The Australia Bird Count: Have we got your numbers? RAOU Newsletter 80: 1-2.

Bamford, M., D. Watkins, W. Bancroft, G. Tischler, and J. Wahl, 2008. Migratory Shorebirds of the East Asian-Australasian Flyway; Population Estimates and Internationally Important Sites. Wetlands International - Oceania. Canberra, Australia.

Barbier, E. B., S. D. Hacker, C. Kennedy, E. W. Koch, A. C. Stier and B. R. Silliman. 2011. The Value of Estuarine and Coastal Ecosystem

- Services. *Ecological Monographs* 81: 169–193.
- Bibby, C. J., N. D. Burgess and D. H. Hill. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press.
- Bonney, R., C.B. Cooper, J. Dickinson, S. Kelling, T. Phillips, K.V. Rosenberg, J. Shirk. 2009. Citizen Science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience* 59: 977-984.
- Burnham, K. P., D. R. Anderson and J. L. Laake. 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological population. *Wildlife Monography* 72: 1-202.
- Delany, S. and D. Scott. 2006. *Waterbird population estimates*. Fourth Edition. Wageningen: Wetlands International.
- Dickinson, J. L., B. Zuckerberg, D. N. Bonter. 2010. Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 41: 149-172.
- Dickinson, J. L., R. Bonney, J. W. Fitzpatrick, and R. Louv, 2012. *Citizen Science: Public Participation in Environmental Research*. Cornell University Press.
- Goriup, P. and G. Tucker. 2007. *Assessment of the merits of a CMS instrument covering migratory raptors in Africa and Eurasia*. Bristol, UK: DEFRA.
- Kirby, J. S., A. J. Stattersfield, S. H. M. Butchart, M. I. Evans, R. F. A. Grimmett, V. R. Jones, J. O'Sullivan, G. M. Tucker and I. Newton. 2008. Key conservation issues for migratory land- and waterbird species on the world's major flyways. *Bird Conservation International* 18: 49-73.
- Ma, Z., D. S. Melville, J. Liu, Y. Chen, H. Yang, W. Ren, Z. Zhang, T. Piersma and B. Li. 2014. Rethinking China's new great wall. *Science* 346 : 912-914.
- Nebel, S., J. L. Porter and R. T. Kingsford. 2008. Long-term trends of shorebird populations in eastern Australia and impacts of freshwater extraction. *Biological Conservation* 141: 971-980.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2010. *Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Targets: "Living in Harmony with Nature"*. Montréal.

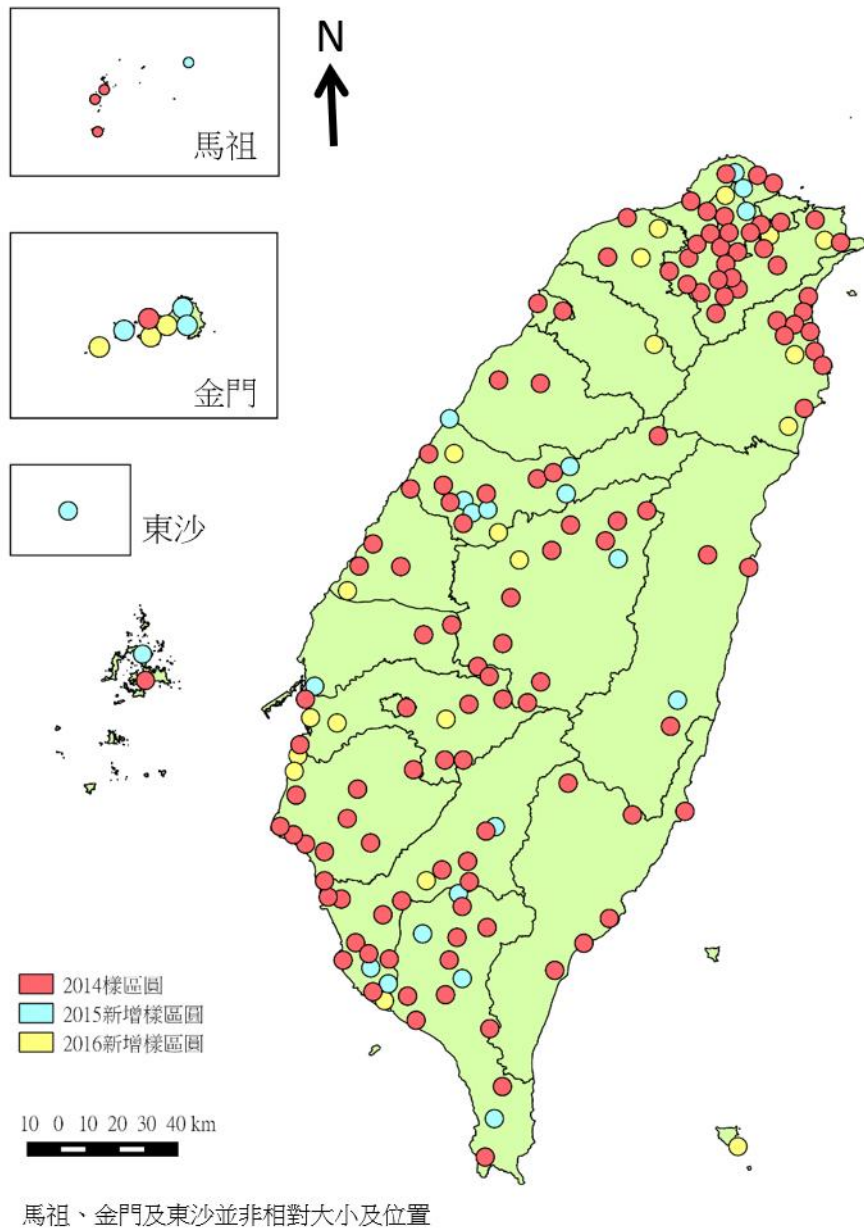


圖 1. 2016 臺灣新年數鳥嘉年華所有樣區圓分布圖。

Fig. 1. Distribution of all circle sample areas of 2016 Taiwan New Year Bird Count

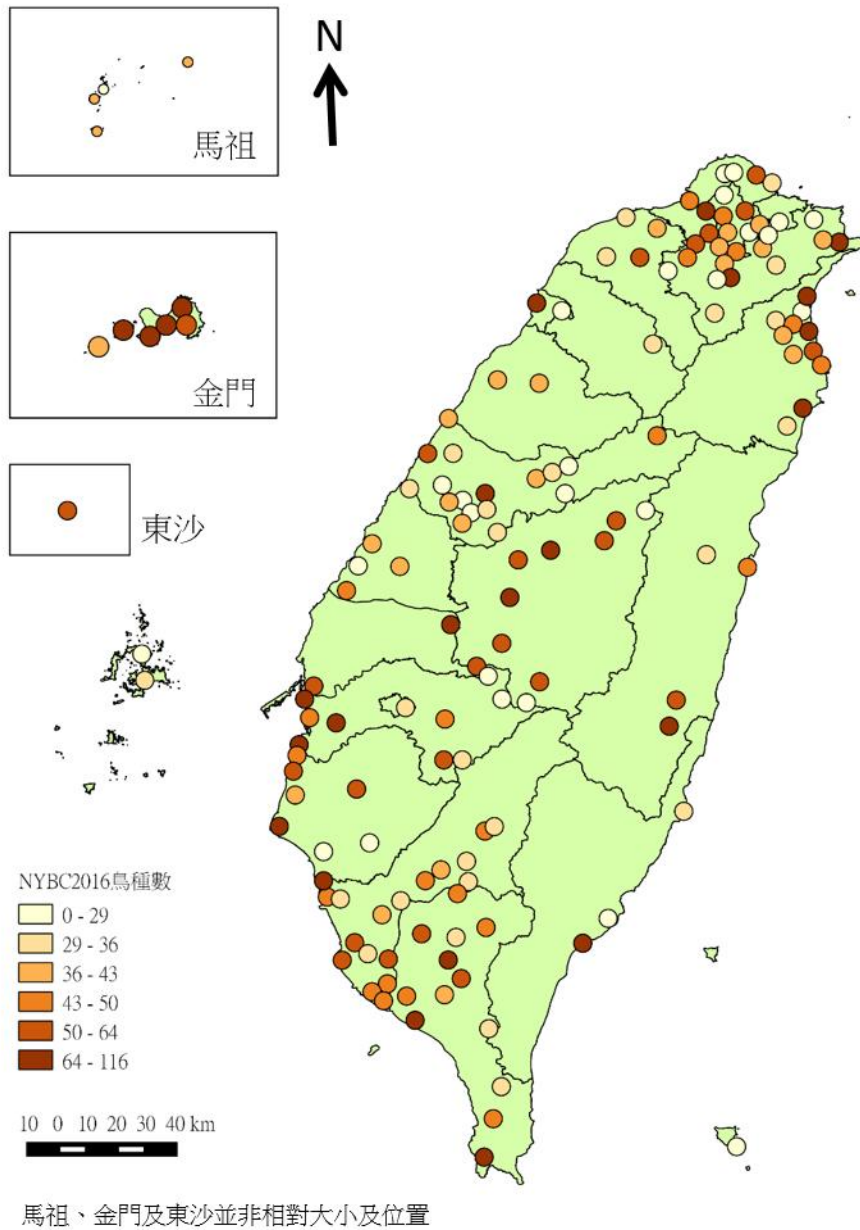


圖 2. 所有樣區圓鳥種豐富度分布圖。

Fig. 2. Distribution of bird species richness of all circle sample areas

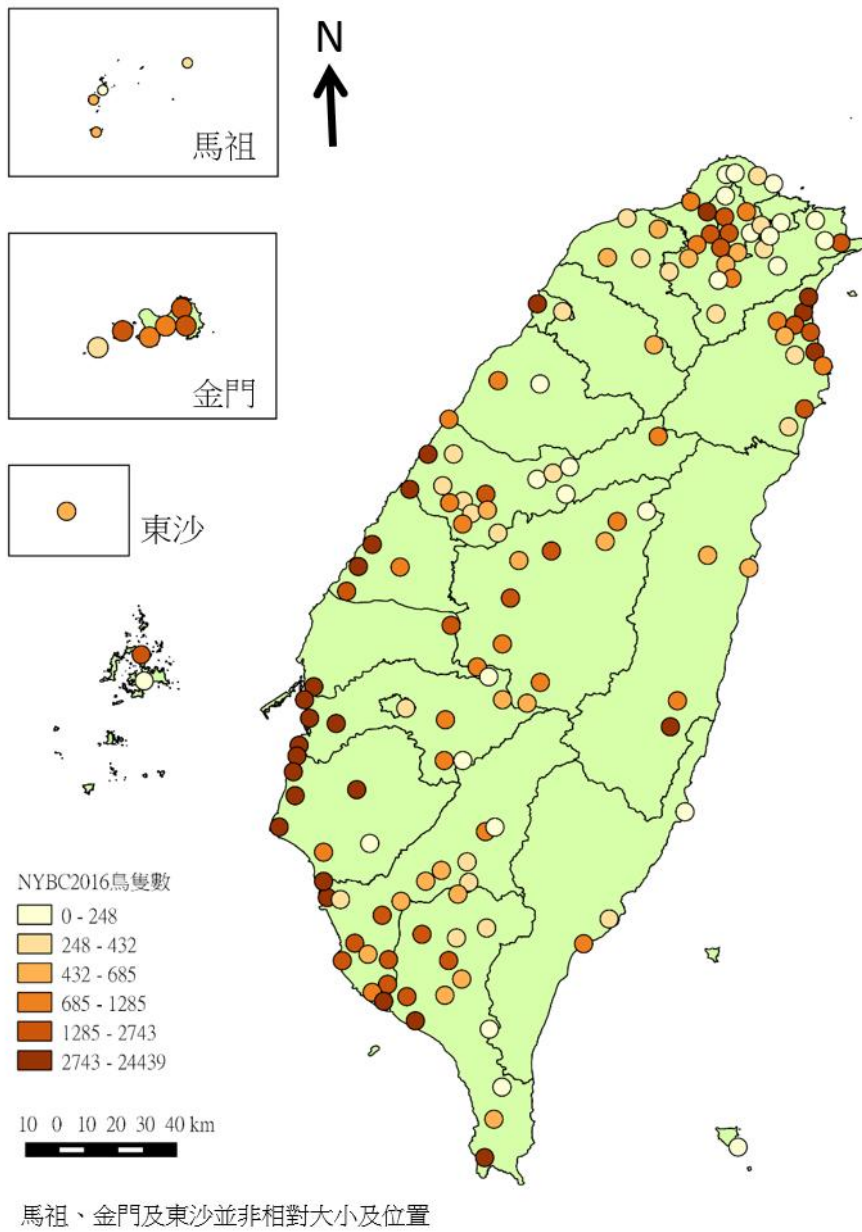


圖 3.所有樣區圓的鳥類豐度分布圖。

Fig. 3. Distribution of bird abundance of all circle sample areas

表 1. 2014 年至 2015 年、2015 年至 2016 年鳥種豐富度皆呈現上升或下降之樣區。

Table 1. Bird species richness of the sampling areas that both increased or decreased 2014-2015 and 2015-2016.

樣區	2014-2015	2015-2016	樣區	2014-2015	2015-2016
宜七線	-24	-6	田寮洋	12	33
茶山	-21	-5	南澳	4	14
芳苑	-9	-15	七股	1	8
大洲	-13	-8	集集	14	8
福寶漢寶	-4	-15	無尾港	8	7
曾文水庫	-2	-14	北市公園	11	7
菜園	-5	-11	華江橋	12	7
新店	-11	-4	林後四林	10	6
平廣路	-6	-9	武陵農場	14	6
蘭潭	-13	-2	雙流	5	4
大雪山外段	-4	-9	舊鐵橋	11	4
員山	-6	-6	蘭陽溪口	18	4
金山	-4	-6	士林	2	3
中研院	-6	-3	野柳	9	3
大雪山中段	-5	-4	香山濕地	24	3
官田	-7	-2	浮洲橋	1	2

表 2. 2014 年至 2015 年、2015 年至 2016 年鳥類豐度皆呈現上升或下降之樣區。

Table 2. Bird abundance of the sampling areas that both increased or decreased 2014-2015 and 2015-2016.

樣區	2014-2015	2015-2016	樣區	2014-2015	2015-2016
鰲鼓	-1212	-2202	布袋	4698	9908
福寶漢寶	-761	-1492	七股頂山	478	4583
卑南濕地	-349	-664	七股	682	3790
崁頂濕地	-301	-464	茄荳	6158	3773
菜園	-364	-295	大肚溪口	460	1838
知本濕地	-141	-284	香山濕地	4599	1753
平廣路	-217	-42	高美濕地	3401	1501
豐山	-228	-24	士林	17	1180
茶山	-71	-175	中永和	89	618
新店	-198	-8	武陵農場	282	407
柑城橋	-35	-168	石壁	313	293
中研院	-50	-72	北市公園	411	181
北竿	-108	-2	塔塔加	280	152
中都公園	-12	-79	梅峰	59	109
木柵文山	-10	-60	東螺溪	59	96
雙流	-2	-15	舊鐵橋	1156	32
			曾文水庫	121	26
			福山	51	23

附錄 1. 2016 年臺灣新年數鳥嘉年華所紀錄之鳥類名錄。「15-14」表示 2014 年與 2015 年之年間差異，「16-15」表示 2015 年與 2016 年之年間差異。

Appendix 1. The bird species list of 2016 New Year Bird Count, Taiwan. “15-14” means the difference between 2014 and 2015; “16-15” means the difference between 2015 and 2016

Species	2014	15-14	2015	16-15	2016
寒林豆雁	0	1	1	13	14
濱亮	0	0	0	16	16
花亮	1	9	10	-8	2
鴛鴦	15	25	40	-28	12
赤膀鴨	59	25	84	-42	42
羅文鴨	6	34	40	-32	8
赤頸鴨	3721	127	3848	6486	10334
綠頭鴨	194	-39	155	-9	146
花嘴鴨	2560	-211	2349	517	2866
琵嘴鴨	6565	823	7388	2275	9663
尖尾鴨	3387	-995	2392	208	2600
白眉鴨	54	14	68	81	149
巴鴨	0	0	0	2	2
小水鴨	8646	-2037	6609	630	7239
紅頭潛鴨	13	145	158	-93	65
白眼潛鴨	0	2	2	-1	1
鳳頭潛鴨	2180	-1	2179	1730	3909
斑背潛鴨	11	5	16	10	26
唐秋沙	0	1	1	0	1
鸕鶿	1	1	2	-1	1
台灣山鷓鴣	34	3	37	13	50
竹雞	181	-14	167	50	217
藍腹鷓	32	-17	15	-8	7
黑長尾雉	0	4	4	-2	2
環頸雉	72	-19	53	3	56
小鶇鶇	922	-97	825	63	888
冠鶇鶇	10	12	22	-21	1
黑鶇	0	0	0	2	2
東方白鶇	0	3	3	-2	1
鷓鴣	8355	1134	9489	-5109	4380

丹氏鷗鷓	2	-2	0	18	18
大麻鷺	0	1	1	2	3
黃小鷺	53	34	87	-19	68
栗小鷺	17	19	36	-17	19
蒼鷺	4541	495	5036	1747	6783
紫鷺	15	33	48	-25	23
大白鷺	2795	967	3762	2209	5971
中白鷺	275	-14	261	160	421
唐白鷺	0	5	5	1	6
小白鷺	4686	2425	7111	1261	8372
岩鷺	5	71	76	-63	13
黃頭鷺	3479	-1696	1783	1548	3331
池鷺	22	17	39	7	46
綠蓑鷺	16	-3	13	3	16
夜鷺	2171	493	2664	396	3060
黑冠麻鷺	36	19	55	-3	52
埃及聖鸚	431	340	771	405	1176
白琵鷺	6	10	16	-12	4
黑面琵鷺	819	432	1251	122	1373
魚鷹	103	36	139	19	158
黑翅鳶	40	21	61	19	80
東方蜂鷹	31	-21	10	43	53
大冠鷲	203	-42	161	52	213
熊鷹	1	1	2	0	2
林鵬	34	-14	20	12	32
灰面鵟鷹	8	-3	5	2	7
東方澤鵟	0	4	4	0	4
灰澤鵟	0	2	2	-1	1
鳳頭蒼鷹	89	-3	86	30	116
日本松雀鷹	0	2	2	1	3
松雀鷹	16	6	22	1	23
北雀鷹	2	-1	1	1	2
蒼鷹	1	-1	0	1	1
黑鳶	144	-10	134	70	204
鵟	15	23	38	3	41

大鵝	0	0	0	1	1
灰胸秧雞	0	4	4	0	4
白腹秧雞	73	127	200	-28	172
緋秧雞	9	22	31	-18	13
紫水雞	0	0	0	1	1
紅冠水雞	3098	173	3271	451	3722
白冠雞	452	168	620	128	748
丹頂鶴	0	0	0	1	1
白鶴	0	1	1	0	1
高蹺鴿	9416	-992	8424	2318	10742
反嘴鴿	848	344	1192	2360	3552
鸕鴿	0	36	36	-27	9
灰斑鴿	498	-144	354	531	885
太平洋金斑鴿	5721	-1823	3898	3252	7150
小辮鴿	259	-95	164	18	182
蒙古鴿	98	219	317	-233	84
鐵嘴鴿	225	-181	44	300	344
東方環頸鴿	12155	-1792	10363	16390	26753
小環頸鴿	1223	-140	1083	556	1639
彩鸕	100	-54	46	-7	39
水雉	285	106	391	-11	380
反嘴鸕	0	1	1	2	3
磯鸕	399	12	411	89	500
白腰草鸕	60	35	95	2	97
黃足鸕	2	17	19	3	22
鸕鸕	11	-4	7	-6	1
青足鸕	2160	-696	1464	807	2271
小青足鸕	431	-99	332	331	663
鷹斑鸕	2033	-511	1522	165	1687
赤足鸕	275	38	313	171	484
中杓鸕	3	7	10	81	91
大杓鸕	779	988	1767	-140	1627
黑尾鸕	8	-3	5	14	19
斑尾鸕	3	-1	2	3	5
翻石鸕	814	190	1004	401	1405

大濱鵲	0	6	6	0	6
紅腹濱鵲	0	0	0	1	1
流蘇鵲	3	1	4	-2	2
寬嘴鵲	47	-47	0	6	6
尖尾濱鵲	2	3	5	-2	3
丹氏濱鵲	2	21	23	-22	1
長趾濱鵲	604	-123	481	738	1219
紅胸濱鵲	504	26	530	639	1169
三趾濱鵲	307	-191	116	104	220
黑腹濱鵲	12953	-3136	9817	3274	13091
田鵲	1040	-570	470	-206	264
中地鵲	1	-1	0	14	14
山鵲	0	3	3	2	5
棕三趾鵲	1	18	19	-5	14
燕鴿	0	0	0	2	2
黑嘴鷗	82	-58	24	76	100
紅嘴鷗	3272	-728	2544	737	3281
黑尾鷗	23	-19	4	1	5
銀鷗	52	-40	12	41	53
裏海銀鷗	17	76	93	-91	2
小黑背鷗	1	0	1	51	52
小燕鷗	32	-30	2	171	173
裏海燕鷗	732	-44	688	335	1023
白翅黑燕鷗	45	-45	0	30	30
黑腹燕鷗	945	-140	805	7815	8620
燕鷗	0	0	0	1	1
野鴿	1672	1136	2808	1227	4035
灰林鴿	214	-135	79	51	130
金背鳩	638	-121	517	522	1039
紅鳩	4668	737	5405	1253	6658
珠頸斑鳩	1056	806	1862	695	2557
翠翼鳩	22	0	22	-7	15
綠鳩	158	-66	92	5	97
紅頭綠鳩	6	35	41	-24	17
褐翅鴉鵂	0	19	19	5	24

番鵝	12	7	19	2	21
黃嘴角鵝	10	0	10	8	18
領角鵝	20	2	22	-8	14
蘭嶼角鵝	0	0	0	2	2
鴿鵒	5	-1	4	0	4
褐林鴉	0	1	1	2	3
東方灰林鴉	2	-1	1	3	4
短耳鴉	0	0	0	1	1
褐鷹鴉	3	0	3	-2	1
台灣夜鷹	14	6	20	9	29
灰喉針尾雨燕	0	0	0	1	1
短嘴金絲燕	0	0	0	2	2
叉尾雨燕	23	-22	1	2	3
小雨燕	2325	-89	2236	155	2391
翠鳥	236	31	267	50	317
蒼翡翠	3	6	9	11	20
白領翡翠	0	0	0	1	1
斑翡翠	4	7	11	-1	10
戴勝	3	32	35	57	92
五色鳥	351	83	434	-9	425
地啄木	0	0	0	2	2
小啄木	191	-28	163	74	237
大赤啄木	9	0	9	-2	7
綠啄木	0	0	0	3	3
紅隼	64	0	64	22	86
燕隼	2	-2	0	4	4
遊隼	20	11	31	7	38
灰喉山椒鳥	578	-11	567	38	605
灰山椒鳥	0	0	0	6	6
黑翅山椒鳥	0	1	1	3	4
紅頭伯勞	0	0	0	2	2
紅背伯勞	0	0	0	1	1
紅尾伯勞	684	83	767	-2	765
棕背伯勞	178	41	219	24	243
綠畫眉	237	-51	186	69	255

黃鸝	8	7	15	-5	10
朱鸝	48	-19	29	4	33
大卷尾	937	-4	933	130	1063
小卷尾	241	-25	216	84	300
黑枕藍鶺鴒	412	-105	307	107	414
松鴉	75	17	92	-66	26
灰喜鵲	1	35	36	16	52
台灣藍鵲	238	-83	155	117	272
樹鵲	824	22	846	236	1082
喜鵲	571	107	678	263	941
星鴉	35	-20	15	32	47
禿鼻鴉	4	-4	0	1	1
巨嘴鴉	201	5	206	119	325
玉頸鴉	2	14	16	19	35
歐亞雲雀	22	-10	12	-5	7
小雲雀	214	-117	97	126	223
棕沙燕	2688	-1166	1522	279	1801
灰沙燕	2	-2	0	5	5
家燕	2586	-397	2189	1028	3217
洋燕	2318	310	2628	2043	4671
金腰燕	8	7	15	-6	9
赤腰燕	1366	128	1494	1063	2557
東方毛腳燕	531	-47	484	453	937
赤腹山雀	45	-9	36	-21	15
煤山雀	14	127	141	-82	59
青背山雀	156	46	202	53	255
黃山雀	62	-6	56	37	93
攀雀	0	0	0	11	11
紅頭山雀	981	-3	978	-278	700
茶腹鵝	46	0	46	32	78
鷓鴣	7	9	16	1	17
河鳥	20	4	24	-4	20
白環鸚嘴鵝	199	44	243	-31	212
烏頭翁	1045	-198	847	-24	823
白頭翁	7692	758	8450	1576	10026

紅嘴黑鵝	2880	557	3437	-78	3359
棕耳鵝	10	-9	1	43	44
栗背短腳鵝	0	0	0	3	3
火冠戴菊鳥	14	74	88	52	140
台灣鷓眉	25	2	27	53	80
棕面鶯	250	-36	214	242	456
日本樹鶯	2	-1	1	8	9
遠東樹鶯	23	19	42	12	54
小鶯	8	2	10	24	34
深山鶯	14	17	31	8	39
褐色柳鶯	17	13	30	26	56
巨嘴柳鶯	0	0	0	1	1
黃腰柳鶯	4	29	33	16	49
黃眉柳鶯	69	-13	56	187	243
極北柳鶯	119	-35	84	71	155
雙斑綠柳鶯	0	0	0	2	2
克氏冠紋柳鶯	0	0	0	1	1
東方大葦鶯	17	-4	13	6	19
小蝗鶯	0	0	0	1	1
矛斑蝗鶯	0	0	0	2	2
台灣叢樹鶯	1	0	1	0	1
棕扇尾鶯	49	-3	46	15	61
黃頭扇尾鶯	6	8	14	4	18
斑紋鷓鶯	3	7	10	-9	1
灰頭鷓鶯	226	53	279	184	463
褐頭鷓鶯	860	-39	821	307	1128
褐頭花翼	38	43	81	12	93
粉紅鸚嘴	218	155	373	-128	245
冠羽畫眉	1379	296	1675	-170	1505
綠繡眼	4936	123	5059	2952	8011
低地繡眼	0	0	0	21	21
山紅頭	795	-123	672	237	909
小彎嘴	654	2	656	213	869
大彎嘴	149	17	166	44	210
頭烏線	141	-48	93	149	242

繡眼畫眉	2145	-79	2066	39	2105
大陸畫眉	0	5	5	6	11
台灣畫眉	86	-33	53	44	97
台灣白喉噪眉	10	116	126	-123	3
黑喉噪眉	6	1	7	-5	2
棕噪眉	46	31	77	-28	49
台灣噪眉	65	25	90	9	99
白耳畫眉	729	84	813	-218	595
黃胸薺眉	342	-57	285	110	395
紋翼畫眉	106	35	141	-30	111
寬嘴鶇	6	-6	0	4	4
灰斑鶇	0	0	0	5	5
鵲鶇	14	199	213	-48	165
白腰鵲鶇	5	11	16	-3	13
黃腹琉璃	77	25	102	-9	93
銅藍鶇	0	0	0	1	1
小翼鶇	11	4	15	2	17
藍喉鶇	0	0	0	1	1
台灣紫嘯鶇	88	-25	63	-4	59
白斑紫嘯鶇	6	2	8	16	24
小剪尾	17	-5	12	7	19
野鶇	60	28	88	91	179
白尾鶇	38	-14	24	1	25
藍尾鶇	17	3	20	-6	14
白眉林鶇	2	6	8	-6	2
栗背林鶇	56	1	57	-14	43
紅喉鶇	1	-1	0	1	1
黃胸青鶇	14	-5	9	10	19
紅胸鶇	1	1	2	0	2
鉛色水鶇	180	42	222	-44	178
黃尾鶇	293	121	414	117	531
藍磯鶇	100	29	129	16	145
黑喉鶇	10	11	21	-2	19
白氏地鶇/虎斑地鶇	44	-26	18	2	20
灰背鶇	1	1	2	3	5

黑鶇	9	33	42	116	158
白頭鶇	7	-5	2	1	3
白眉鶇	32	-16	16	-10	6
白腹鶇	263	827	1090	-491	599
赤腹鶇	292	109	401	-99	302
赤頸鶇	0	0	0	2	2
斑點鶇	36	119	155	-39	116
紅尾鶇	7	19	26	-6	20
輝椋鳥	75	7	82	51	133
八哥	427	2274	2701	-500	2201
白尾八哥	3134	-177	2957	1037	3994
林八哥	10	-1	9	-3	6
家八哥	1504	-23	1481	410	1891
黑領椋鳥	205	-8	197	43	240
灰背椋鳥	122	2	124	57	181
灰頭椋鳥	29	98	127	-59	68
絲光椋鳥	276	-154	122	583	705
歐洲椋鳥	26	-19	7	0	7
灰椋鳥	74	3	77	37	114
綠啄花	9	11	20	-5	15
紅胸啄花	56	33	89	46	135
叉尾太陽鳥	0	7	7	76	83
灰鵲鴿	350	92	442	175	617
白鵲鴿	386	103	489	176	665
日本鵲鴿	0	0	0	1	1
大花鸚	54	33	87	4	91
樹鸚	165	81	246	-5	241
赤喉鸚	183	-117	66	205	271
黃腹鸚	2	4	6	4	10
黃眉鸚	0	2	2	-1	1
小鸚	9	-2	7	48	55
田鸚	0	0	0	5	5
黃喉鸚	0	3	3	6	9
黑頭鸚	0	0	0	1	1
褐頭鸚	0	0	0	1	1

野鷺	0	0	0	7	7
黑臉鷺	163	93	256	119	375
花雀	45	3	48	-18	30
褐鷺	37	-17	20	-2	18
灰鷺	1	23	24	-12	12
台灣朱雀	11	-7	4	1	5
金翅雀	6	2	8	97	105
小桑鳴	0	3	3	104	107
山麻雀	0	0	0	1	1
麻雀	17994	517	18511	2512	21023
橙頰梅花雀	0	0	0	11	11
白喉文鳥	30	-27	3	83	86
白腰文鳥	394	-61	333	107	440
斑文鳥	1659	725	2384	27	2411
黑頭文鳥	27	124	151	-140	11
鵝類	11	10	21	56	77
疣鼻棲鴨	0	11	11	5	16
大紅鸛	0	2	2	-1	1
鴨類	0	10	10	-7	3
葡萄胸棕鳥	0	21	21	-19	2
雀鷹類	0	1	1	1	2
雁類	0	7	7	3	10
家鴨	5	-3	2	26	28
泰國八哥	13	-12	1	10	11
鸚鵡類	0	0	0	10500	10500
澤鶯屬	0	0	0	2	2
柳鶯屬	0	0	0	2	2
台灣/大陸畫眉	0	0	0	1	1
鵲屬	0	0	0	10	10
文鳥類	0	0	0	1	1
家鵝	0	0	0	8	8
栗耳鳳眉	0	0	0	30	30

臺灣西北部藻礁海岸重金屬污染分析

Heavy Metal Pollution in Algal Reef Coasts of Northwest Taiwan

劉靜榆*

Ching-Yu Liou*

行政院農委會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集鎮民生東路 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

為瞭解臺灣西北部藻礁海岸重金屬污染情形，針對桃園市至新竹縣新豐海岸採樣，按河流出口及地理位置先分 15 段海岸，再依海岸類型設置採樣站，共 81 站，採集工作於 2014-2015 年進行，分別重複採集，取得藻礁或沙粒樣本，各樣本以 X-射線螢光光譜儀進行 32 種重金屬濃度測定，共 525 個樣本資料進入分析。先採用多變數分析以定量數據來計算樣本之相關性，依據主成分分析之分布序列圖及群團分析樹狀圖的結果概分為 4 群。

第 1 群鈣、鈦、鋁、硫，礁體完整且覆沙較少處，會有較高的鈣值，鋁在新街海岸 C4 採樣站測得最大值 8147ppm，硫的平均值 2083.3ppm，最大值 16,183ppm 採集自草漯海岸 E1 採樣站，都是異常偏高。第 2 群鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬，大多是常見於傳統工業放流水中的元素，流經觀音工業區的富林溪、樹林溪，以及流經大園工業區的老街溪，數值極端的高，富林海岸 F1 採樣站，鋅最大值 2077.2ppm，鎳最大值 456.1ppm，還有，鉻最大值 351ppm，及 F3 採樣站之銅最大值 1249.8ppm，都遠遠超過土壤污染管制標準污染物之標準值，確實遭到嚴重污染，尚未明列於環保署的排放標準法規中的也都測到最高值，例如，鈦最大值 5087.9ppm，鐵最大值 138332ppm。另還有鋇 1479.7ppm、銻 457.2ppm、錫 245.2ppm 這 3 種也是在富林海岸 F1 採樣站測得最大值，這 3 種元素與銀、鎘、鈾、銻、碲共列為第 3 群，最大值除鋇、銻、錫 3 種採集自富林海岸外，其

餘最大值均於坡頭海岸之 O5 採樣站檢測出。觀新藻礁為台灣目前唯一受到保護的藻礁海岸，但核心區、緩衝區還是有錳、汞、鎘、銻、鈦、鈷、鈹等分別被測到最大值或平均值之最高值。比較往年資料，觀音、新屋藻礁海岸鉛含量高，本研究鉛的最大值 2778ppm，數值略為降低。

珊瑚藻建礁過程可能會累積這些元素，與沙質海岸吸附重金屬程度並不相同，本研究將 525 個樣本概分為礁體樣本及沙粒樣本，很多元素在生物礁內之數值皆明顯高於沙粒，上述 3 群元素大多數都是如此，然第 4 群元素鈦、鉀、銻、釩、鉻，平均值卻反而是沙岸高於礁岸，特別需注意的是這 5 種元素的平均值全都在蘆竹海岸檢測到最高值。

本研究證實臺灣西北部藻礁海岸之重金屬污染情形嚴重，然各海岸段有不同的污染物的來源，富林海岸、老街海岸以傳統工業為主，坡頭海岸污染物全都是稀有重金屬，觀新藻礁及永安漁港兩側海岸則混雜多種因素。

Abstract

This study is an investigation of heavy metal pollution in the algal reef coasts of northwest Taiwan in 2014-2015. The coasts between Taoyuan and Sinfeng, Hsinchu, were divided into 15 segments according to estuary and geographical locations, then sampling stations were set up according to coast type. A total of 525 algal reef and sand samples were gathered to measure the concentration of 32 heavy metals by X-ray fluorescence spectrometer. Multivariate statistical analysis was performed on the quantitative data to compare the samples. Four groups of elements were further categorized based on ordination of principal component analysis and dendrograms from cluster analysis.

The first group of elements included calcium(Ca), scandium(Sc), strontium(Sr) and sulfur(S). As the reefs were complete and seldom covered by sand, calcium would be found in higher concentration. At Sinjie coast C4 station, the maximum content of strontium was found at 8147ppm and the average of sulfur was 2083.3ppm; and at Caota coast E1 station, the maximum content of sulfur was 16,183ppm, showing unusually high values. The second group, specifically zinc(Zn), nickel(Ni), copper(Cu), manganese(Mn), iron(Fe), arsenic(As), lead(Pb) and molybdenum(Mo), are elements commonly founded in effluents of traditional industrial areas. Extremely high values were detected at Fulin coast F1 station, with zinc showing a maximum value of 2077.2ppm, nickel 456.1ppm, chromium(Cr) 351ppm; and at F3 station the maximum value of copper was 1249.8ppm. These results are all far above the standard soil pollution control values for criteria pollutants. Highest values of elements that are not listed in the EPA's standards were also found. For example, the maximum value of titanium was 5087.9ppm and iron 138332ppm. In addition, barium(Ba) was measured at a maximum of 1479.7ppm, cesium(Ce) 457.2ppm and tin(Sn) 245.2ppm at Fulin coast F1 sampling station, showing serious pollution. These three elements along with silver(Ag), cadmium(Cd), palladium(Pd), antimony(Sb), tellurium(Te) were categorized into the third group. Samples with maximum value of barium, cesium and tin were collected from Fulin coast,

and maximum values of the other elements were found at Potou coast O5 station. Guan-Sing algal reefs are Taiwan's only protected algal reef coast. However, the highest or average values of manganese, mercury(Hg), cadmium, rubidium(Rb), scandium, thorium(Th), palladium were found there. Compared to data from 2011-2012, zirconium (Zr) slightly reduced to a maximum value of 2778ppm.

During the reef algae building process, these elements may accumulate and may not have the same degree of heavy metal adsorption as sandy shores. In this study, 525 samples were divided into reef and sand samples. As shown by the first three groups, many elements in the reef samples were found to be significantly higher than that of the sand samples. However, the fourth group of elements, specifically titanium(Ti), potassium(K), rubidium, vanadium(V) and chromium, showed a reversal, with higher concentrations found in the sand samples rather than the reef samples. It should be especially noted that the highest values of these five elements were all detected in Luchu coast.

This study found that heavy metal pollution in algal reef coast of northwest Taiwan is serious. Each segment had different sources of pollutants. Fulin and Laojie coasts were mostly polluted by traditional industries, Potou coast was polluted by rare metals, Guan-Sing algal reefs coast and the coast on both sides of Yongan Fishing Port were polluted by a complicated mix of factors.

關鍵詞：藻礁、臺灣西北部、重金屬污染、桃園、新竹新豐、觀新藻礁

Key words: algal reef, northwest Taiwan, heavy metal pollution, Taoyuan, Hsinchu Sinfeng, Guan-Sing algal reefs.

收件日期：2016年08月03日 接受日期：2016年10月31日

Received: August 03, 2016

Accepted: October 31, 2016

緒言

臺灣西北部從桃園市蘆竹延伸至新竹縣新豐是藻礁海岸，於退潮時呈現不連續露出礁體(Reineck and Cheng 1986; Dorjes and Cheng 1986; 陳 1953; 王等 2008; 劉 2008a; 劉等 2007; 劉 2013)。早年曾有德國學者 Reineck 與鄭穎敏教授調查桃園新街溪口至老街溪口之間的內海海岸，以德文發表的學術報告中繪出

桃園內海的藻礁剖面圖(Reineck and Cheng 1986)。之後，王士偉博士於桃園海岸進行 26 處岩心鑽探，結果確認，老街溪口附近之潮音海岸，是臺灣面積最大的藻礁地形，而桃園的藻礁海岸亦依此地名而命名為「潮音石灰岩」(王等 2009)。

有關藻礁的發育年代推論，最早有許民陽教授在觀音海水浴場西南側約 500 公尺的沙灘外緣，採得管孔珊瑚(*Goniopora* spp.)化石的樣

本定年，所得年代為距今 5370 年(許 1993)。之後，王士偉博士也曾分析北海岸生物礁的形成時間，距今約 4400-5200 年；2008 年王博士進行桃園海岸的岩心鑽探定年，結果確認最久距今 7540 年(王等 2008)。2009 年，許民陽教授在於觀音海水浴場附近及新屋溪口北側海岸定年結果，新屋溪口的藻礁剖面底部最早年代為距今 6240 ± 50 年，與在觀音海岸內陸沙丘層下方的珊瑚礁層年代相近(距今 $6180 \sim 5160 \pm 40$ 年)，新屋溪口礁層頂部的細枝狀狀狀珊瑚藻礁的形成年代為 2350 ± 50 年，中段的珊瑚及藻礁年代大約在距今 4471 ± 40 年(許 2009; 2010)。綜合上述，桃園海岸在 7500 年前，生物礁即開始生長，於 4500 年前造礁藻類在桃園海岸逐漸取得生長優勢(戴昌鳳等 2009)。然而，桃園海岸北起大園之竹圍海岸，南迄觀音之大堀溪口，分別設立有海湖坑口、大園、觀音等 3 個工業區，自 1970 年前後工廠即陸續遷入，整段海岸自此受到排廢水影響。

綜觀桃園海岸，自北往南，南崁溪位於蘆竹與大園交界，流經海湖坑口工業區，溪口東側之排水溝長年有墨黑色廢污水，極度惡臭，部分支流水中及周邊皆無動物存活；埔心溪流經中油沙崙油庫及屠宰場等，溪口周邊也因被棄置大量垃圾，又常有動物腐屍，亦極為惡臭；新街溪、老街溪兩溪流經大園工業區，溪水夾帶著污染物排入海中，原本新街溪口還有許多捕鰻苗的定置網，因為捕不到鰻苗，漁民就地棄置，也卡滿垃圾；富林溪、樹林溪、大堀溪等溪流經觀音工業區，這些溪流的出海口不但瀰漫著一股溫熱的臭味，溪水經常墨綠色，有時還會呈現不正常的暗紫色與橘黃色，現存的礁體上，甚難找到生長中的珊瑚藻(劉 2010; 2011b; 2012a; 2014c)。目前尚存大堀溪口

以南至新竹縣新豐的藻礁仍在發育中，包括桃園市觀音區的之白玉、大潭、保生海岸，桃園市新屋區之永興、永安海岸(劉等 2007; 劉 2008b; 2011a; 2012c)，以及新竹縣新豐鄉的藻礁(劉 2013; 2014c)。但除了上述 3 個傳統工業區外，自大堀溪口以南至新屋溪口間，近 20 年來持續規劃設置有觀塘工業區、桃園科技工業園區、環保科技園區、大潭濱海特定工業區等，已陸續招商，所產生的重金屬可能對藻礁海岸有影響。還有 2008-2009 年構築的 1.4 公里的蛇籠護岸，堤內被回填的疑似廢棄物，污染物也悄悄進入藻礁區，依據 2011-2012 年在觀音、新屋及北海岸調查指出，藻礁海岸礁體重金屬鋁、鈦、鉛含量對照北海岸的樣本差異極大，確實有外來的污染(劉 2014a; 2014b)。此外，新屋區為解決海岸侵蝕問題，北區水資源局會進行石門水庫淤泥應用於桃園海岸之計畫(中 2008a; 2008b; 2011)，另有一小型永安工業區，其廢水排入社子溪，流至永安漁港南側，這些都對藻礁海岸可能有影響。

為瞭解臺灣西北部藻礁海岸受污染情形，針對全部桃園市海岸到北新竹的新豐進行全面採樣，以確認上述之人為活動在海岸地區重金屬的累積現況。本研究使用 X-射線螢光光譜儀(X-ray fluorescence)分析樣本中重金屬濃度(Jenkins 1999)，國內外有類似的研究進行(Tomassini 1976; Sauter *et al.* 1979; Muchori 1984; Makundi 2001; 葉等 2011; 楊等 2012; 劉 2012b; 2014a; 2014b; 2015)。本研究檢測結果除參考環保署的法定標準外，對於尚未明列於行政院環境保護署的排放標準法規中的多種重金屬(環 2000; 2001; 2010; 2011)，將交互對照不同地區之海岸，推論污染程度，試圖進一步追蹤，作為未來污染物的來源位置及擴散方向判斷之參考。

材料與方法

一、採樣站設置及樣本採集

本研究調查期間為 2014-2015 年，調查範圍北起桃園市蘆竹海岸，南至新竹縣新豐的坡頭海岸，先依其地理位置分為 A-O 共 15 段海岸(圖 1)，分別為 A 蘆竹、B 埔心、C 新街、D 老街、E 草漯、F 富林、G 大堀、H 大潭、I 保生、J 新屋、K 永興、L 永安、M 笨港、N 深圳及 O 坡頭等，再依河流出口現況及海岸潮間帶寬度設置採樣站(station)(圖 2)，垂直海岸線至最低潮線，若潮間帶礁體寬度 100m 之內設置 1 樣點，潮位標示為高(high)，寬度達 200m 再增設 1 樣點，潮位標示為低(low)，寬度超過 300m，於中間點再設置 1 樣點，潮位標示為中(mid)，共設置 81 個採樣站。

調查工作自 2014 年起依上述原則設置採樣站，進行第 1 次採樣，於 2015 年對採樣站略做增補或調整，並進行再次採樣。各採樣站利用退潮時取樣，依棲地類型取得檢測樣本，藻礁地形採集生物礁體樣本，無造礁礫灘或沙灘則採取沙粒樣本，共有 175 個樣點，每採樣點分別進行 3 次重複採樣，共計 525 筆樣本資料進入分析。圖 2 顯示桃園到新豐海岸採樣站位置，分述如下：

A 蘆竹：自蘆竹濱海遊憩區至南崁溪口北側，有 5 採樣站，分別為 A1.蘆竹垃圾掩埋場外側海岸沙灘，A2.蘆竹濱海遊憩區南側礫灘，A3.出水仔海岸之排水道北側沙灘，A4.出水仔海岸之排水道出海口沙灘，A5.南崁溪口北側海岸礫灘；

B 埔心：埔心溪口北側，有 3 採樣站，分別為 B1.沙崙海岸藻礁，B2.埔心溪口北岸礫灘，B3.埔心溪口北側沙灘；

C 新街：新街溪口南北側，有 5 採樣站，分別

為 C1.新街溪口北側藻礁，C2.新街溪口南側近岸藻礁，C3.新街溪出海口南岸沙灘，C4.新街溪出海口南岸藻礁，C5.新街溪口南側之許厝海岸藻礁；

D 老街：老街溪口北側，有 7 採樣站，分別為 D1.許厝海岸藻礁(高潮位)，D2.老街溪口北側近岸藻礁(高潮位)，D3.許厝海岸沙灘(中潮位)，D4.老街溪口北岸藻礁(中潮位)，D5.許厝海岸藻礁(低潮位)，D6.老街溪出海口北岸藻礁(低潮位)，D7.老街溪出海口北岸沙灘(低潮位)；

E 草漯：草漯至富林溪口北側，有 5 採樣站，分別為 E1.草漯近岸藻礁(高潮位)，E2.草漯遠岸藻礁，E3.富林溪北岸藻礁，E4.富林溪口北岸沙灘(高潮位)，E5.富林溪出海口沙灘；

F 富林：富林溪口南側至樹林溪口北側，有 4 採樣站，分別為 F1.富林溪南岸出海口藻礁(低潮位)，F2.富林溪與樹林溪間沙灘，F3.樹林溪出海口北岸藻礁(低潮位)，F4.樹林溪北岸沙灘；

G 大堀：大堀溪口南北側，有 6 採樣站，分別為 G1.大堀溪北岸藻礁，G2.大堀溪北岸沙灘，G3.大堀溪口北岸沙灘(近河口)G4.大堀溪南側近岸沙灘(高潮位)，G5.大堀溪南岸藻礁，G6.大堀溪出海口南岸藻礁；

H 大潭：大潭工業區西南側與小飯壠溪口南側間，有 7 採樣站，分別為 H1.小飯壠溪南側高潮位沙灘，H2.小飯壠溪南側中潮位沙灘，H3.小飯壠溪南側低潮位(2014 年藻礁，2015 年大量覆沙)，H4.過溪仔高潮位藻礁，H5.過溪仔中潮位藻礁(沙覆蓋礁體)，H6.過溪仔低潮位沙灘，H7 過溪仔低潮位藻礁；

I 保生：觀音藻礁區之下北湖海岸，有 6 採樣站，分別為 I1.保生北線高潮位藻礁(2014 年藻礁，2015 年部分覆沙)，I2.保生北線中潮

位藻礁(2014年藻礁部分覆沙), I3.保生北線低潮位藻礁, I4.保生南線高潮位藻礁, I5.保生南線中潮位藻礁, I6.保生南線低潮位藻礁;

J 新屋:新屋溪口北側,有7採樣站,分別為 J1.新屋北線高潮位藻礁, J2.新屋北線中潮位藻礁, J3.新屋北線低潮位藻礁(2014年藻礁, 2015年部分覆沙), J4.新屋溪口高潮位藻礁(2014年沙覆蓋部分礁體), J5.新屋溪口中潮位藻礁, J6.新屋溪口低潮位藻礁, J7.新屋溪口河床沙泥覆蓋礁體;

K 永興:新屋溪口南側至葉厝海岸間,有6採樣站,分別為 K1.新屋溪口南側高潮位藻礁, K2.新屋溪口南側中潮位藻礁, K3.新屋溪口南側低潮位藻礁, K4.永興葉厝海岸高潮位藻礁, K5.永興葉厝海岸中潮位藻礁, K6.永興葉厝海岸低潮位藻礁;

L 永安:永安漁港北側之新屋藻礁區,有7採樣站,分別為 L1.永安北線高潮位藻礁, L2.永安北線低潮位藻礁, L3.永安南線高潮位藻礁, L4.永安南線中潮位藻礁, L5.永安南線低潮位藻礁, L6.後湖溪北側高潮位藻礁, L7.後湖溪北側低潮位藻礁;

M 笨港:永安漁港南側之社子溪口至大坡溪口間,有3採樣站,分別為 M1.永安港南側沙灘, M2.笨港海岸沙灘, M3.大坡溪口新濱2號橋外側沙灘;

N 深圳:深圳至蚵間,有3採樣站,分別為 N1.深圳低潮位藻礁, N2.深圳高潮位礫灘, N3.蚵間1哨外側沙灘;

O 坡頭:羊寮溪至坡頭港北堤間,有7採樣站,分別為 O1.羊寮溪台61橋下沙灘, O2.蚵殼港羊寮溪河口沙灘, O3.坡頭石滬區藻礁, O4.坡頭石滬區蚵殼礁, O5.復興漁港殘存藻礁部分覆沙, O6.新豐海水浴場部分藻礁,

O7.坡頭港北堤沙灘。

二、樣本處理及檢測

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。每樣本以型號 XL3t 700 X-射線螢光光譜儀進行檢測,重金屬濃度分析依據行政院環境保護署的標準流程操作(環 2006),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、銦 Sr、鈾 U、鉀 Rb、鈾 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、鈾 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、資料分析

原始資料經整理後以敘述統計(descriptive statistics)呈現,計算各元素間之皮爾森相關係數(Pearson correlation coefficient),以檢視樣本中各重金屬濃度之相關性。利用及群團分析(cluster analysis),將經標準化(data standardized)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(unweighted pair-group method, UPGMA)加以聯結,導出層級系統樹狀圖(dendrogram)。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(eigen value)、變數負荷量(variable loading),繪出分布序列圖。依據分布序列及樹狀圖的結果,釐清各元素之關連性後,針對特定元素,繪製盒形圖,討論重金屬濃度在空間分布現象。此外,為了解不同海岸基質的差異,另區分礁體及沙粒等 2 種棲地類型,將

重金屬在各採樣站的累積狀況繪製盒形圖。本研究之運算及繪圖以 SPSS(Statistical Product and Service Solutions) 程式及 MVSP(Multi-Variate Statistical Package) 程式來進行(Kovach 1999)。

結果與討論

一、重金屬含量於各分段海岸之敘述統計

本研究歷經兩年採樣，共計 525 樣本，檢測 32 種重金屬元素，表 1 列出臺灣西北藻礁海岸所檢測的最大值與平均值。再列出各分段海岸之樣本摘要統計資料(表 2)，分別為 A 蘆竹 33 個樣本、B 埔心 12 個樣本、C 新街 27 個樣本、D 老街 54 個樣本、E 草漯 24 個樣本、F 富林 39 個樣本、G 大堀 51 個樣本、H 大潭 48 個樣本、I 保生 42 個樣本、J 新屋 48 個樣本、K 永興 42 個樣本、L 永安 45 個樣本、M 笨港 18 個樣本、N 深圳 9 個樣本、O 坡頭 33 個樣本，計 525 筆樣本資料，並在表 2 中將 32 種重金屬各分段海岸之檢測值，最高值以粗體字呈現，最大值以紅字呈現。

臺灣西北藻礁海岸 525 樣本中濃度高的元素有鐵、鈣、鋁、鉀、錳、鈦、硫，有些可能與環境背景值有關，然多數元素濃度最大值與平均值差異大(表 1)，顯示多數元素的含量在樣本間並不均質，例如鐵的含量變化極大。根據史料記載，草漯沙丘延伸到北海岸富含鐵礦沙，而臺灣西北部沿海磁鐵礦沙來源，主要來自臺灣北部火成岩之岩石風化生成，隨東北季風帶至桃園海岸沉積(潘 1996; 陳 1953; 譚及魏 1997; 劉 2013)。對照於先前調查桃園觀音、新屋及北海岸藻礁海岸的資料，文獻中鐵的含量，2012 年在觀新藻礁海岸最大值 63623ppm，平均值 18334.0ppm(n=84)

(劉 2014b)，北海岸石門及三芝藻礁區最大值 66310ppm，平均值 16985.5ppm (n=24) (劉 2014b)及 2012-2013 年在新竹市海岸最大值 34466ppm，平均值 15287.6ppm(n=279) (劉 2015)，本研究中的樣本平均值 18331ppm (n=525) (表 1)，顯示平均值差異可能不大，但有些樣本檢驗數值卻明顯偏高，採集自富林海岸最大值高達 138332ppm，平均值 39458.2ppm (n=39)，再對照各分段海岸之各元素濃度值(表 2)，其中桃園富林海岸的鐵、銅、鋅、鎳、鈦、錫、鋁、鉍、鉍、鉍等元素都是最高濃度，顯示其異常。

鈣的樣本平均值 93063.1ppm (n=525) (表 1)，樣本最大值 458216ppm 採集自新街海岸，平均值 108923.5ppm (n=27)，這段海岸也是早期德國學者 Reineck 與鄭穎敏教授繪製藻礁剖面圖之採樣點--桃園內海(Reineck and Cheng 1986)，延伸至老街溪口附近之潮音海岸，是臺灣面積最大藻礁地形(王等 2008)。鈣的差異來自於生物礁成分，無造礁條件的海岸數值就明顯降低，這個變化趨勢與鋁在樣本間的變化大致相近，鋁的樣本平均值 1156.5ppm (n=525) (表 1)，最大值 8147ppm 採集自新街海岸，另以大堀海岸的樣本平均值 2503.2ppm 為最高 (n=51) (表 2)。比較 2011-2012 年之相關調查文獻，鋁的含量在觀音藻礁區最大值 2546ppm，北海岸最大值 1486ppm (劉 2014a)，2012 年在觀新藻礁海岸最大值 4622ppm，平均值 996.3ppm (n=84)，北海岸石門及三芝藻礁區最大值 1808ppm，平均值 918.9ppm(n=24) (劉 2014b)，2012-2013 年在新竹市海岸最大值 135ppm，平均值 72.1ppm (n=279) (劉 2015)，顯示本研究平均值或最大值均大於先前調查之周邊海岸，包括新竹市海岸、北海岸，以及桃園觀音、新屋海岸等，最高值又以新街海岸

明顯偏高。

鉀的樣本平均值 5973.3ppm(n=525) (表 1)，最大值 13509ppm 採集自大堀海岸，蘆竹海岸的樣本平均值 9946.1ppm 為最高(n=33) (表 2)，鉀是生物營養元素，數值較高的採樣站均與其上游之畜牧養殖廢水排放有關。比較先前調查之相關文獻，2012-2013 年在大压溪口至美山間的老熟紅樹林內灘地測得最大值 14960ppm，新竹市海岸平均值 9022.6ppm (n=279) (劉 2015)，2012 年在觀新藻礁海岸最大值 8586ppm，平均值 4295.1ppm (n=84) (劉 2014b)，2012 年在北海岸石門及三芝藻礁區最大值 6688ppm，平均值 3100.3ppm (n=24) (劉 2014b)，顯示本研究平均值或最大值均與新竹市海岸的老熟紅樹林內相當，卻明顯高於先前調查之藻礁海岸。

錳的樣本平均值 2417.3ppm (n=525) (表 1)，最大值 26735ppm 採集自保生海岸，富林海岸的樣本平均值 5971.9ppm 為最高 (n=39) (表 2)，比較相關文獻，2012 年在觀新藻礁海岸最大值 15202ppm，平均值 1460.5ppm (n=84) (劉 2014b)，2012 年在北海岸石門及三芝藻礁區最大值 7569ppm，平均值 905.0ppm (n=24) (劉 2014b)，2012-2013 年在新竹市海岸最大值 892.6ppm，平均值 223.4ppm(n=279) (劉 2015)，顯示本研究平均值及最大值均大於先前調查之周邊海岸。

鈦的樣本平均值 1192.7ppm (n=525) (表 1)，最大值 5087.9ppm 採集自富林海岸，蘆竹海岸的樣本平均值 3106.09ppm 為最高(n=33) (表 2)，比較相關文獻，2012 年在新屋區永安漁港南側沙灘測得最大值 7950ppm，2012 年在觀新藻礁海岸平均值 1392.2ppm(n=84) (劉 2014b)，2012 年在北海岸石門及三芝藻礁區最大值 1883ppm，平均值 637.0ppm(n=24) (劉

2014b)，及 2012-2013 年在新竹市海岸最大值 4144ppm，平均值 2659.2ppm (n=279) (劉 2015)，本研究中平均值 2083.3ppm (n=525) (表 1)，與先前調查之周邊海岸相較，僅比北海岸高，平均值卻低於觀新藻礁及新竹市海岸，值得注意的是，採集自富林海岸樣本中除了鈦以外，還有多種元素不論是最大值或平均值都明顯偏高，有明顯異常。

硫最大值 16,183ppm 採集自草漯海岸，樣本平均值 3127.5ppm(n=24) (表 2)，比較相關文獻，硫的含量在 2012 年觀新藻礁海岸測得最大值 1696ppm，平均值 687.2ppm (n=84) (劉 2014b)，2012 年在北海岸石門及三芝藻礁區測得最大值 3,199ppm，平均值 1681.6ppm (n=24) (劉 2014b)，及 2012-2013 年在新竹市海岸之老熟紅樹林採得最大值 1696ppm，平均值 526.2ppm(n=279) (劉 2015)，本研究中平均值 2083.3ppm(n=525) (表 1)，顯示平均值及最大值均遠大於先前調查之周邊海岸，最高值又以草漯海岸明顯偏高。

除了濃度較高的元素外，多數元素的最大值與平均值差異亦大(表 1、表 2)，將以多變數分析進一步研判，釐清重金屬元素間之相關性。

二、多變數分析

為瞭解臺灣西北藻礁海岸所採集之 525 個樣本中 32 種重金屬元素間之關連性，本研究利用多變數分析法，先計算相關係數並以群團分析法導出 32 種重金屬元素之樹狀圖(圖 3)，再以主成分分析，依據各樣本內重金屬含量，計算各軸之特徵值，繪製 32 種重金屬元素分布序列圖(圖 4)及 525 個樣本分布序列圖(圖 5)。分布序列圖前 2 軸的變異量佔總變異量的 50%，依據各元素於主成分分析第 1 軸與第 2

軸的之排序結果，再與層級系統樹狀圖相呼應，結果可將重金屬元素分為 2 大群。

第 I 大群中包含 3 小群，其中第 1 群有鈣、鋇、鈦、硫(圖 3、圖 4)，鈣、鈦、鋇與礁體成分有關，特別是鈣、鈦濃度雖然差異很大，但在各採樣站的變化趨勢略同，相關係數為 0.669 達顯著，鈦、鋇相關性雖僅 0.345，亦達顯著。對照於桃園觀音、北海岸淺水灣藻礁區(劉 2014a)、桃園觀音、新屋及北海岸石門及三芝藻礁海岸(劉 2014b)之樹狀圖及分布序列圖都有相似的結果。本研究鈣、鈦、鋇相關性雖達顯著，相關係數分別 0.661, 0.669, 0.345(表 3)，但與先前針對桃園觀音、新屋藻礁區的數值相較，2011 年調查桃園觀音之鈣、鈦、鋇為 0.94, 0.66, 0.65(劉 2014a)，2012 年調查桃園觀新藻礁的值為 0.922, 0.814, 0.775(劉 2014b)，鈣、鈦、鋇相關性都大為降低。硫元素無論在樹狀圖及分布序列圖都被歸入鈣、鈦、鋇這群，相關係數分別為 0.586, 0.442, 0.392(表 3)，亦都達到顯著，與先前調查桃園觀音、新屋海岸的結果 0.612, 0.665, 0.423，相關性略微增加(劉 2014b)。

第 2 群為鋅、鎳、銅、鉛、砷、鐵、錳(圖 4)，這群元素雖濃度大不相同，但在樣本間濃度變化趨勢有高度相似性，相關性顯著(表 3)，如，鋅、鎳之皮爾森相關係數達 0.811，鉛、砷為 0.797，鋅、銅為 0.773，這些元素也是傳統工業污染主要元素。再對應採樣站之分布序列圖(圖 5)，主要採集自富林海岸之 F1 採樣站及 F3 採樣站等 2 個站，如前所述，採自富林海岸的樣本有多項元素現出本研究的最高值。

另一群高度相似性的元素為鉍、鉍、碲、銻、錫、鎳、銀、鈾，這些元素雖非極端高值，但元素濃度在樣點間變化趨勢相似性極高，相關係數介於 0.803-0.987，最大為鉍、碲達

0.987，最小為錫、鈾 0.803(表 3)。對照於 2011-2012 年桃園觀音、新屋及 2012 年在北海岸藻礁海岸的資料，這些元素也都是高度相關(劉 2014a,b)。

第 II 大群中包含 1 小群，主要元素有鈦、鉀、鉬，此結果對照於先前觀新藻礁區研究結果之分布序列圖，鈦、鋁、鈦、鐵、鈉、鉀、鉬等元素為同群，其中鋁元素含量偏高(劉 2014b)，顯示本研究之樣本內污染物的組成與觀新藻礁區大不相同。

三、重金屬元素含量之空間變化

為瞭解重金屬元素含量之空間變化，本研究依據多變數分析結果，選定需進階討論之元素，首先參考樹狀圖及分布序列圖之結果概分為 4 群(圖 3、圖 4)，其中第 1 群為鈣、鈦、鋇、硫，第 2 群為鋅、鎳、銅、鉛、砷、錳、鐵、鉍，第 3 群元素為鉍、鉍、碲、銻、錫、鎳、銀、鈾，第 4 群為鈦、鉀、鉬。再將選定屬同群之元素，分別依地理位置所分之 15 段海岸及採樣站順序標示於 X 軸，重金屬元素含量以盒形圖標示於 Y 軸。

(一) 鈣、鈦、鋇、硫

1. 採樣站間比較

第 1 群為鈣、鈦、鋇、硫，這群元素與藻礁出現與否相關性較大，礁體的主要元素是鈣，礁體完整且覆沙較少處，會有較高的鈣值，同時鈦、鋇值也會偏高。檢視圖 6 中鈣元素於各段海岸的量，可看出 A 蘆竹、M 笨港、N 深圳等 3 段海岸罕見礁體分布，其他段皆都會有不等比例的生物礁，其中新街海岸測得最高的鈣，在新街溪出海口南岸藻礁(C4)採樣站測得最大值 458216ppm，平均值 282295.1ppm (n=6)。

錮的濃度在全部採樣站的平均值為 1156.5ppm (n=525)，從圖 6 中觀察錮的濃度，多數採樣站測得的值約在 2000ppm 以下，但最大值 8147ppm，也在新街溪 C4 採樣站測得，平均值 4629ppm (n=6) 顯著高於新街海岸的其他採樣站，而許厝海岸藻礁低潮位(D5)採樣站最大值 7131ppm，平均值 5501.5ppm (n=6)；大堀溪南岸藻礁(G5)採樣站最大值 6294ppm，平均值 2883.7ppm(n=6)；大堀溪出海口南岸藻礁(G6)採樣站最大值 7156ppm，平均值 5744.4ppm(n=18)；永安北線高潮位(L1)採樣站最大值 6115ppm，平均值 2627.3ppm (n=6)；永安北線低潮位(L2)採樣站最大值 5592ppm，平均值 2276.6ppm (n=6)，這些數值與其他採樣站有顯著差異。雖然錮和鈣有略同的變化趨勢，相關係數為 0.661 亦達顯著，但而礁體變化趨勢與鈣仍有不同(圖 6)，特別是新街、老街、大堀及永安等海岸段，疑似有外來污染，應非環境背景值。

從圖 6 中硫的濃度在各採樣站測得的值約在 5000ppm 以下，數值略高的有草漯近岸藻礁高潮位(E1)採樣站最大值 16183ppm，平均值 7578.0ppm(n=6)；新屋北線高潮位(J1)採樣站最大值 110,380ppm，平均值 74091.2ppm (n=9)；坡頭石滬區藻礁(O3)採樣站最大值 10028ppm，平均值 5970.5ppm(n=6)。雖然採樣站間並沒有很大的變化，但對照於先前調查之桃園觀音(劉 2014a)、觀新藻礁(劉 2014b)、北海岸石門及三芝海岸(劉 2014b)、新竹市海岸(劉 2015)等其他海岸的數值，本研究呈現的數據實屬異常偏高。

2. 海岸棲地基質比較

因為本次採樣的海岸多為長期受到傳統工業污染的區域，珊瑚藻建礁過程可能會累積這些元素，而與沙質海岸吸附重金屬程度並不

相同。然而本研究有部分採樣站並不容易明確的劃分為礁或沙，例如，新屋溪口河床(J7)採樣站，此採樣站位於新屋海岸段，為 2015 年新設置的站，是新屋溪口河床上原本被沙泥覆蓋的礁體，因近期的沖刷，逐漸露出，但仍有大量泥沙，在棲地類型上介於礁體與沙泥之間，因此與沙質棲地相較，在很多元素都呈現偏高的現象，但若與其他生物礁海岸相比卻不明顯超高，類似的覆沙情況也出現在富林、大潭、保生等採樣站的部分樣本。然為了解生物礁及沙岸基質在重金屬累積的狀況的差異，初步僅能依據樣本內鈣質含量，以 15000ppm 為界，略區分為 2 種海岸基質，將 525 個樣本概分為礁體 372 個樣本及沙粒 153 個樣本，表 6 分別列出鈣、鈦、錮、硫的最大值與平均值，並繪製盒形圖(圖 7)。

若按本研究所區分之 2 種海岸基質計算礁體及沙粒樣本平均值(表 6)，鈣的數值在沙質灘地平均值 6529.7ppm，礁體為 128653.4ppm，濃度將近 20 倍，最大值差異約 30 倍，鈦的數值在沙質灘地平均值 6.6ppm，礁體為 113.5ppm，濃度將近 17 倍，最大值將近 4 倍，錮的數值在沙質灘地平均值 117.6ppm，礁體為 1583.8ppm，濃度超過 13 倍，最大值差異約 9 倍。依據盒形圖顯示(圖 7)蘆竹海岸雖是未造礁的沙灘或是礫灘，仍有許多鈣，同樣富林的 F2、F4 採樣站，大潭的 H1 採樣站及新屋的 J7 採樣站等海岸部分被沙覆蓋的採樣站，也有較高的數值。

從圖 7 中觀察沙粒 153 個樣本錮、鈦、硫的數值，錮的濃度在沙質灘地除坡頭海岸之復興漁港藻礁(O5)採樣站，保生、新屋及深圳等採樣站的部分樣本測得較高的值，其餘海岸段的值約在 100ppm 上下，鈦的濃度在沙質灘地則是深圳高潮位礫灘(N2)及新屋部分樣本有

較高的值，硫的濃度在各採樣站的分布也是沙質灘地較低(圖 7)，除蘆竹及新屋的採樣站部分樣本測得較高的值外，其餘約在 2000ppm 以下。而從圖 7 中觀察礁體 372 個樣本，因採樣站間的變化大，仍壓縮盒形圖的比較空間，因此與圖 6 顯示大致相同。

(二) 鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬

1. 採樣站間比較

第 2 群為鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬，這群元素在樣本間濃度變化趨勢相似性，而這些重金屬含量在空間變化相似性也與工業區放流水排放位置有關。由圖 8 中顯示，富林溪南岸出海口藻礁低潮位(F1)採樣站及樹林溪出海口北岸沙灘低潮位(F3)採樣站等 2 個站之鋅、鎳、銅等元素濃度極高，依據表 1 所列全部採樣站的平均值(n=525)鋅、鎳、銅分別為 132.9ppm、31.1ppm、53.9ppm，但鋅在 F1 採樣站最大值 2077.2ppm，平均值 925.8ppm (n=9)，在 F3 採樣站最大值 1961.6ppm，平均值 1120.2ppm (n=12)；鎳在 F1 採樣站最大值 456.1ppm，平均值 187.0ppm (n=9)，在 F3 採樣站最大值 395.2ppm，平均值 208.7ppm (n=12)；銅在 F1 採樣站最大值 160.4ppm，平均值 101.8ppm (n=9)，在 F3 採樣站最大值 1249.8ppm，平均值 490.7ppm (n=12)，表 5 列出富林海岸 F1 及 F2 採樣站之數值，與其他段海岸之採樣站比(表 1，表 2)，富林海岸之污染情形極為嚴重。

富林溪、樹林溪流經觀音工業區，溪流出海口皆為向南，因此 F1 採樣站的污染值源自富林溪，但 F3 採樣站位於樹林溪北側，測得的數值應該仍是受富林溪影響，而偏高的重金屬鋅、鎳、銅、鉛、砷等都是常見於傳統工業放流水中的元素，也多是環保署列管的元素。

對照土壤及地下水污染整治法(環 2011)之土壤污染管制標準污染物之重金屬管制標準值：砷 60ppm、銅 20ppm (食用作物農地之管制標準值為 5)、鎳 400ppm (食用作物農地之管制標準值為 200)、鉛 2000ppm (食用作物農地之管制標準值為 500)、鋅 2000ppm (食用作物農地之管制標準值為 600)，上述之元素在 F1 及 F3 採樣站全數超標(表 5)，尚未明列於環保署的排放標準法規中的錳、鐵、鈦、鉻、錫、鉍、鉍也都測到本研究的最大值。

砷、鉛、錳、鐵等元素除 F1 及 F3 採樣站濃度極高外，還增加老街溪及後湖溪口 2 處，在老街溪口北側近岸藻礁高潮位(D2)採樣站及北岸藻礁中潮位(D4)採樣站、後湖溪北側低潮位(L7)採樣站等 3 個站濃度也頗高(表 5)。其中砷在 D2 採樣站最大值 274.9ppm，平均值 117.3ppm (n=6)，砷、鉛的數值在 D2、D4 採樣站更是高於富林海岸 F1 及 F2 採樣站之數值(表 4)，成為另一個明顯污染的海岸。

而永安漁港北側之新屋藻礁區 L7 採樣站的鉛、砷、鉬、錳、鐵、鎳等元素也都偏高(表 6)，L7 採樣站的鉛最大值 148.4ppm，平均值 85.13ppm(n=9)，鉛測到最高值，而鉬元素在 L7 採樣站的檢測值高於富林海岸，此外，錳元素在 L7 及新屋北線中潮位(J2)採樣站濃度偏高，同時保生南線中潮位(I5)採樣站，新屋溪口南側至葉厝海岸間(K2、K3、K5)採樣站也分別測得較高的數值，鐵在深圳高潮位礫石灘(N2)採樣站及 L7 採樣站濃度也偏高(表 6)，顯示新屋溪口兩側有疑似污染源排入。

2. 海岸棲地基質比較

將 525 個樣本依據前述樣本內鈣質含量，區分為礁體 372 個樣本及沙粒 153 個樣本，表 7 分別列出 2 種海岸基質的鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬最大值與平均值，並繪製各元

素盒形圖(圖 9)。由表 7 顯示重金屬累積狀況的差異，生物礁內很多元素之數值皆明顯高於沙岸基質，鋅的數值在沙質灘地平均值 86.0ppm，礁體為 152.1ppm，濃度將近 1 倍，最大值差異更大，約 15 倍，同樣的鎳、銅、鉛、砷、鉬也有類似的差異，鎳在沙質灘地平均值 18.0ppm，礁體為 36.6ppm、銅在沙質灘地平均值 23.6ppm，礁體為 66.3ppm，濃度差超過 1 倍，比較最大值也都有 10-20 倍不等的差異。這群元素中，錳在沙質灘地平均值 392.5ppm，礁體 3250.0ppm 高達 8 倍，是礁體與沙質灘地平均值中差異最多的元素。鐵的最大值雖仍是礁體的值高很多，但礁體平均值 17676.4ppm，卻比沙質灘地的 19924.2ppm 為低，是唯一例外。

比對盒形圖(圖 9)鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬的值，在礁體部分 F1 及 F3 採樣站仍都呈現偏高的現象，老街海岸次之，沙質灘地仍是在富林海岸之呈現一高峰。而坡頭海岸的復興漁港殘存藻礁(O5)採樣站，也因有部分覆沙，有 2 樣本被歸入沙粒，呈現鋅、鎳、銅、鉛、鉬明顯偏高。除此之外，大致上沙粒基質在採樣站間的變化不若礁體大，僅有新屋海岸的鋅、銅，深圳海岸的鎳、鐵，保生海岸的砷有偏高數值。

(三) 銀、鋇、鎳、鉍、鈾、錒、錒、碲

第 3 群元素為銀、鋇、鎳、鉍、鈾、錒、錒、碲，對照於 2011-2012 年調查桃園觀音、新屋及北海岸藻礁海岸的資料(劉 2014a,b)，這些元素濃度在樣點間變化不大，幾乎呈現均勻分布，但本研究卻出現明顯高值的採樣站(圖 10)，主要採集自坡頭海岸之復興漁港藻礁(O5)採樣站及大潭海岸之過溪仔中潮位(H5)採樣站等 2 個站。

其中各採樣站的最大值(表 1)碲 941.3ppm、鉍 288.3ppm、鎳 99.3ppm、銀 57.2ppm、鈾 77.9ppm 都採自復興漁港藻礁(O5)採樣站(表 8)，在這個群組另 3 個元素的最大值鋇 1479.7ppm、鉍 457.2ppm、錒 245.2ppm 則採自富林海岸。可見富林海岸不僅有傳統工業的常見污染物，也有稀有重金屬污染。再按本研究所區分之 2 種海岸基質列舉最大值並計算平均值(表 9)，最大值的差異變小，生物礁內元素之平均值仍高於沙岸基質 1 倍不等。

(四) 鈦、鉀、銻、釩、鉻、鈷

鈦、鉀、銻是第 II 大群中的變化趨勢相近的 1 小群，鈦最大值又出現在富林海岸，F1 採樣站 5299ppm，仍是生物礁海岸，但平均值最高的蘆竹海岸 2435.5ppm (n=33)卻是沙質海岸，按本研究區分之 2 種海岸基質列舉之最大值及平均值(表 10)，最大值雖仍是礁體內略高於沙粒，但平均值卻反而是沙岸遠高於礁岸，鈦在沙灘樣本平均 2173.2ppm，礁體樣本平均為 789.5ppm，將近 3 倍，比較相關文獻，2012 年在觀新藻礁海岸也是在沙灘測得最大值 7950ppm(劉 2014b)，2012-2013 年在新竹市海岸最大值 4144ppm(劉 2015)也是在沙泥灘。顯示造礁過程中對於鈦的吸收並不像其他元素強，但最大值仍是在富林海岸中屬於藻礁基質的 F1 採樣站測得，再再凸顯此處的污染嚴重。鉀的數值同樣也是沙岸高於礁岸，沙岸平均值將近 10000ppm，礁岸平均值將近 5000ppm，平均值約高 1 倍。

鉻也是常見於傳統工業放流水中的元素，最大值 351ppm 是沙粒樣本的 5 倍，比對盒形圖(圖 13、圖 14)，鉻最大值 350.1 ppm 還是出現在富林海岸 F1 採樣站，其次是蘆竹海岸的 221.6 ppm，平均值 46.7 ppm 則是各海岸

段中最高。銻是環保署列管的元素，依據土壤及地下水污染整治法--土壤污染管制標準(環 2011)，污染物之重金屬管制標準值為 250ppm，富林海岸高過很多。

檢視表 10，鈦、鉀、銻、銻、釩的礁體和沙粒 2 種海岸基質之平均值都是沙岸高於礁岸，再對照表 2，這 5 種元素的最高平均值全都在蘆竹海岸檢測到，顯示蘆竹海岸有外來污染。

鈷在本研究最大值 299.4 ppm 出現在大潭海岸，其次是深圳海岸的 262.9 ppm，新屋海岸的 218.6 ppm，深圳海岸的平均值 91.4 ppm 則是各海岸段中最高(表 2)，顯然觀新藻礁海岸及其周邊有異常偏高，亦較先前文獻中檢測值略高(劉 2014b)。

(五) 汞、銻、鈷

其他未被明確分群的汞、銻、鈷等元素，因其變化趨勢與上述之元素較無相關，在群團分析之樹狀圖很慢連結(圖 3)，主成分分析之重金屬元素分布序列圖也未呈群聚(圖 4)。其中汞為另一有管制標準之重金屬，依據土壤污染管制標準(環 2011)，污染物之標準值為 20ppm(食用作物農地之管制標準值為 5)，本研究最大值出現在新屋海岸 53.6ppm，平均值最高的永興海岸 10.1ppm (n=42)，都在觀新藻礁生態系野生動物保護區範圍內，而採自復興漁港藻礁(O5)採樣站 52.0ppm(表 8)，也都是超標(圖 14)，這些區域都有頻繁的漁業活動，需再追蹤。

若按本研究區分之 2 種海岸基質所列舉之最大值及平均值(表 10)，汞、銻、鈷仍是礁體內明顯高於沙粒。表 10 顯示銻礁體內的最大值 2778ppm，是沙粒樣本的 3 倍，鈷礁體內的最大值 42.0ppm，是沙粒樣本的 1 倍，汞的最

大值則是 2 種基質相當，但是平均值反而是汞的差異最大，銻次之，鈷差異最小。

銻在先前文獻中一直是討論的重點元素(劉 2014a; 2014b)，據 2011-2012 年在觀音、新屋及北海岸調查指出，藻礁海岸礁體重金屬銻含量極高，2011 年在觀音藻礁區最高 3631.4ppm，北海岸最高 268.0ppm(劉 2014a)，2012 年在觀新藻礁的銻濃度高達 4,462 ppm，平均值 747 ppm，對照北海岸的藻礁樣本最大值 181 ppm，平均值僅 78 ppm(劉 2014b)。該文獻特別指出，觀音近岸區銻濃度明顯較高的趨勢，至離岸 250 m 處仍有約 1,800 ppm 的高值，顯示銻的來源以陸地為主，並且因為與北海岸差異極大，認定確實有外來的污染(劉 2014a; 2014b)。本次調查最大值 2778ppm 採自新屋海岸，另平均值最高出現在永安海岸 579.1ppm，似乎有下降的趨勢。而依據 2011-2012 年在觀音、新屋所做調查，銻含量最高的位置是在保生海岸，但本研究檢測最高值的位置略往南移約 500m，在新屋溪北岸，仍是屬於近岸區的濃度較高。整體而言，銻元素從保生延伸到新屋、永興、永安海岸濃度都偏高，由檢測點濃度變化，對應蛇籠護岸堤破損位置，與新屋溪出海流向推論，其來源可能是蛇籠護岸堤，或是新屋溪帶來工業廢水所致。另外，老街海岸的銻濃度也偏高，亦需同步追蹤。

依據文獻，鈷的含量與銻一直都是高度相關(劉 2014a; 2014b)，在永興海岸出現最大值 42.0 ppm，新屋海岸的 34.0 ppm 次之，而平均值 13.1 ppm 則是各海岸段中最高(表 2)，與過往資料相較，觀音藻礁區最高 39.4ppm，2011 年在北海岸最高 14.9ppm(劉 2014a)，2012 年在觀新藻礁區最高 54ppm，平均值 14.4ppm，2012 年在北海岸最高 24ppm 平均值 9.3 ppm

(劉 2014b)。鈦和鋯的趨勢類似，從大潭到永安海岸濃度都偏高，同樣的，老街海岸濃度也偏高。

結論與建議

富林海岸有鋅、鎳、銅、鉛、砷、錳、鐵、鈦、鉻、錫、鋇、鉍等 12 種元素在最大值或平均值測到本研究的最高之數值，而偏高的重金屬有些是常見於傳統工業放流水中的元素，也有稀有重金屬污染。老街海岸雖數值不像富林海岸極端的高，也有很多種元素為次高，這 2 段海岸是已知遭到嚴重污染，老街海岸還偶有動物棲息，富林海岸則幾乎無生物存活。

富林溪、樹林溪流經觀音工業區，老街溪流經大園工業區，污染也很嚴重，有偏高之數值並不意外，但新屋藻礁區，位於永安漁港北側低潮位的鉛卻測到最高值，整個永安海岸 45 個樣本中砷、鉛、鐵、錳、鉬、硫、鋯、鎢、硒、鈦的濃度也極度偏高，分別在最大值或平均值測到本研究的最高數值，因此推論永安漁港北側也有外來污染，但檢視後湖溪上游並無大型工業區，是否為早期進行石門水庫淤泥回填於永安漁港之計畫有關，應再追蹤。此外，笨港、深圳現仍是附近漁民利用石滬採集漁獲的地區，偏高的鈦，也很可疑。再往南的坡頭海岸之銀、銻、碲、鎳、鈾、鈾等 6 種元素在最大值或平均值測到本研究的最高數值，全都是稀有重金屬污染，若是來自羊寮溪(又稱福興溪)，應不會只有復興漁港藻礁區的樣本被檢測出如此高值，確實異常。

保生、新屋、永興 3 段海岸為 2014 年公告--桃園觀新藻礁生態系野生動物保護區之核心區及緩衝區，是台灣目前唯一受到保護的藻

礁海岸，本人自 2011 年起即每年檢測其重金屬的含量，本研究分別有錳、汞、鎳、鈾、鈦、鈾等被測到最大值或平均值之最高數值，這 3 段海岸內側於 2009 年構築的 1.4 公里的蛇籠護岸堤，護岸堤內側則是新屋溪，溪水除在新屋海岸出海外，也從蛇籠護岸下滲流出海，因此這 3 段海岸的污染源可能是溪水帶來，或是溶出堤內被回填的疑似廢棄物。再往北，大潭海岸的鈦，新街、大堀海岸的鈾，草漯海岸的硫，都是異常偏高。

本研究採樣站最北的蘆竹海岸為沙灘，大多數元素在沙粒間的累積明顯較低，但蘆竹海岸鈦、鉀、鈾、鈾、鉻、鈦 5 種元素的平均值都是最高值，也有外來污染。由於研究範圍內之溪流出海口皆為向南，因此測得的數值應該仍是受北側來源水影響，如蘆竹海岸的資料並不能代表南崁溪，富林海岸的樣點也不能說明樹林溪，若採集南崁溪或樹林溪的南側數值可能更高。

重金屬對藻類可能的影響包括改變細胞大小、細胞滲透壓、影響細胞分化及減緩生長速率等，未來可針對不同重金屬對藻礁成長影響的探討。此外，更應對於污染嚴重點位之河流進行不同河段底泥進行採樣分析，以掌握污染源。若後續研究可明確污染來源，據此要求環保相關單位針對污染物進行總量管制。

引用文獻

- 王士偉、戴昌鳳、謝凱旋。2008。桃園地區全新世礁灰岩之地質調查。第 5 屆臺灣地層研討會。經濟部中央地質調查所。第 150 頁。
- 王士偉、戴昌鳳、謝凱旋、米泓生。2009。桃園全新世『潮音石灰岩』之研究。中國地

- 球物理學會與中華民國地質學會 98 年年會暨學術研討會。中正大學地球與環境科學系。
- 中興工程顧問股份有限公司。2008a。石門水庫淤泥多元化處置方案評估規劃綜合報告。經濟部水利署北區水資源局。340 頁。
- 中興工程顧問股份有限公司。2008b。石門水庫淤泥應用於桃園海岸之方案規劃及實施計畫(1/2)。經濟部水利署第二河川局。392 頁。
- 中興工程顧問股份有限公司。2011。石門水庫淤泥利用處理規劃及設計成果報告。經濟部水利署北區水資源局。364 頁。
- 陳培源。1953。臺灣西部之重砂礦牀。臺灣省地質調查所彙刊, 4: 21-50。
- 許民陽。1993。桃園縣的地形與地質景觀, 桃園縣政府教育局出版, 117 頁。
- 許民陽。2009。桃園觀音海岸的後退與藻礁的發育。第十屆海峽兩岸地形研討會, 中國成都, 76-93 頁。
- 許民陽。2010。桃園觀音海岸的變遷與藻礁的發育及其在氣候變遷上的意義, 中國地質學會 99 年年會暨學術研討會論文集, 臺北, 187 頁。
- 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。
- 潘忠政。1996。草澤憶舊〈李金鳳老師口述歷史〉。觀音人雜誌 50 期。
- 劉靜榆。2008a。臺灣藻礁之特性與分布。自然保育季刊 62: 52-55。
- 劉靜榆。2008b。桃園藻礁海岸之危機與轉機。全球暖化永續生態研討會。行政院農業委員會特有生物研究保育中心、臺北縣政府農業局主辦。
- 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。2011a。揭開藻礁的神秘面紗(上)。綠野 29: 4-13。
- 劉靜榆。2011b。揭開藻礁的神秘面紗(下)-桃園藻礁的危機。綠野 30: 4-11。
- 劉靜榆。2012a。搶救臺灣藻礁-消失中的生命聚寶盆。行政院農業委員會特有生物研究保育中心, 52 頁。
- 劉靜榆。2012b。曾文溪口臺灣招潮棲地特性研究。特有生物研究 14(1-2): 1-25。
- 劉靜榆。2012c。關心藻礁-搶救觀新藻礁大作戰。特有生物研究保育中心 20 週年專輯。
- 劉靜榆 2013。珍愛臺灣藻礁。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。232 頁。
- 劉靜榆。2014a。臺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。
- 劉靜榆。2014c。觀音鄉志-第三節觀音藻礁。桃園縣觀音鄉公所。
- 劉靜榆。2015。新竹市濱海野生動物保護區土壤重金屬含量分析。台灣生物多樣性研究期刊 17(3):153-189。
- 劉靜榆、陳添水、林宗政。2007。桃園觀音藻礁海岸之危機與轉機。世界海鳥保育會議

- 暨臺灣生態環境保育研討會，第 21-26 頁。國立彰化師範大學、彰化縣政府及臺灣國際觀鳥協會主辦。
- 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。
- 譚立平、魏稽生。1997。臺灣金屬經濟礦物，臺灣經濟礦物第一卷：173-175。中央地質調查所。
- 戴昌鳳、王士偉、張睿昇、鄭安怡。2009。桃園觀音藻礁生態解說手冊。臺灣中油股份有限公司液化天然氣工程處。93 頁。
- Dorjes, J. and Y. M. Cheng. 1986. Geology and biology of calcareous algal reefs and boulder deposits on tidal flats of Taiwan II. The macrolithobenthos. *Senckenbergiana Maritima* 17: 201-208.
- Jenkins, R. 1999. *X-ray Fluorescence Spectrometry*, John Wiley & Sons, New York. 207pp.
- Jolliffe, I. T. 1986. *Principal Components Analysis*. Springer-Verlag, New York.
- Kovach, W.L. 1999. *MVSP-Multi-Variate Statistical Package for window, ver.3.1* Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K.
- 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: 909-921.
- 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.
- Reineck, H. E. and Y. M. Cheng. 1986. Geology and biology of calcareous algal reefs and boulder deposits on tidal flats of Taiwan. I. Tidal flats of Neihai and Pali, NW-coast of Taiwan. *Senckenbergiana Marit* 17: 187-200.
- 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: 159-163.
- 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: 1591-1603.

表 1. 臺灣西北藻礁海岸 525 樣本之重金屬含量最大值及平均值

Table 1. Maximum and Mean of 32 heavy metal contents from 525 samples in algal reef coasts of northwest Taiwan, 2014-2015

	Maximum	Mean		Std. Deviation		Maximum	Mean		Std. Deviation
		Statistic	Std. Error				Statistic	Std. Error	
Ag	57.2	10.22	0.41	9.43	Pd	77.9	12.92	.57	13.12
As	277.6	25.52	1.61	36.92	Rb	88.9	35.22	.84	19.32
Ba	1479.7	537.24	8.45	193.67	S	16183.0	2083.31	77.77	1781.96
Ca	458215.9	93063.10	3843.67	88069.52	Sb	288.3	72.55	2.14	49.13
Cd	99.3	18.57	0.65	14.85	Sc	270.9	82.37	3.06	70.08
Co	299.4	30.14	1.94	44.39	Se	8.1	.32	.04	.91
Cr	350.6	24.19	1.24	28.50	Sn	245.2	72.84	1.73	39.57
Cs	457.2	146.73	3.16	72.52	Sr	8147.0	1156.52	61.88	1417.78
Cu	1249.8	53.85	4.06	93.01	Te	941.3	269.92	6.98	159.87
Fe	138331.7	18331.49	738.19	16914.16	Th	42.0	10.76	.24	5.49
Hg	53.6	7.04	0.40	9.19	Ti	5087.9	1192.73	38.33	878.34
K	13509.5	5973.25	146.48	3356.19	U	25.1	1.04	.12	2.66
Mn	26735.3	2417.25	163.69	3750.52	V	87.8	24.10	.67	15.43
Mo	69.0	7.13	0.42	9.66	W	105.5	10.50	.78	17.83
Ni	456.1	31.13	2.19	50.23	Zn	2077.2	132.87	9.53	218.31
Pb	148.4	24.28	0.76	17.39	Zr	2777.7	367.27	15.79	361.83

表 2. 臺灣西北部藻礁海岸 525 樣本 32 種重金屬含量於各分段海岸樣本之敘述統計資料

Table 2. Descriptive statistics of 32 heavy metal contents from 525 samples in each section of algal reef coasts, northwest Taiwan

	A蘆竹 n=33			B埔心 n=12			C新街 n=27			D荖街 n=54			E草漯 n=24		
	max	average	stdev	max	average	stdev	max	average	stdev	max	average	stdev	max	average	stdev
Ag	5.80	1.41	1.23	20.84	7.30	7.49	16.85	5.22	4.91	33.94	13.73	9.00	25.23	10.90	7.23
As	23.66	7.66	4.92	87.83	45.03	26.31	27.28	9.89	6.47	274.86	55.11	62.82	180.15	22.53	35.10
Ba	469.65	404.11	30.94	733.31	491.55	143.96	798.35	453.83	99.21	991.07	634.03	176.09	813.54	545.60	140.39
Ca	27186.66	7394.55	5837.55	237988.48	114412.85	85763.86	458215.91	108923.48	116836.88	346904.66	116486.48	84632.49	248137.03	103961.70	90342.67
Cd	8.76	4.36	2.53	32.76	12.46	8.56	29.22	11.95	7.59	55.24	23.82	13.59	35.72	18.55	12.24
Co	150.67	57.28	42.62	45.43	9.01	15.45	134.96	29.49	36.72	205.03	24.47	47.86	176.13	41.14	51.28
Cr	221.61	46.68	45.89	77.17	38.92	16.41	48.23	25.08	10.59	138.33	22.17	27.74	52.41	23.51	16.28
Cs	94.66	77.72	8.50	217.15	131.67	52.70	244.61	118.07	41.94	309.58	183.22	71.44	243.31	150.52	60.23
Cu	51.63	22.53	11.52	119.14	52.53	36.88	185.46	55.60	47.07	345.19	88.92	74.58	177.68	51.78	42.49
Fe	33643.23	21037.37	4509.12	28556.85	19323.67	5388.76	19684.08	12393.86	5540.57	125855.48	27717.84	24678.93	49987.56	16385.35	8173.62
Hg	11.51	3.60	4.23	14.11	5.12	5.24	29.90	5.75	6.83	27.56	7.45	8.25	30.26	5.19	8.82
K	12046.86	9946.05	1296.97	8617.78	4907.05	1968.75	9013.38	5854.38	2365.94	11681.50	5737.03	3197.82	11372.77	6723.57	2704.68
Mn	1273.94	381.34	239.47	4116.78	2187.27	1289.95	3468.75	1040.75	959.80	18029.44	4489.69	4105.69	4294.94	1851.98	1356.99
Mio	4.44	1.10	1.37	18.05	4.84	5.68	8.60	1.72	2.58	29.90	7.72	7.57	18.95	1.62	3.86
Ni	43.95	16.98	11.64	75.07	26.05	25.49	77.00	23.75	19.00	137.62	37.38	36.18	72.44	19.80	19.31
Pb	27.38	14.47	4.27	58.99	26.01	12.49	38.47	16.60	7.07	111.57	29.89	19.78	61.57	21.36	9.42
Pd	6.02	1.08	1.86	29.06	9.00	9.65	18.02	5.90	5.90	48.34	17.52	13.20	38.89	12.31	10.96
Rb	67.85	58.36	5.74	49.57	28.37	11.32	55.99	36.65	17.40	79.75	28.47	18.74	65.89	34.55	20.35
S	2405.41	915.26	551.23	3789.79	1550.26	1262.40	5681.64	1756.92	1329.36	5732.42	2114.23	1430.62	16183.04	3127.47	3650.39
Sb	38.07	29.63	5.86	124.42	57.26	36.26	127.92	51.40	25.84	183.94	94.00	46.57	148.41	75.52	40.45
Sc	20.44	5.73	5.74	223.77	104.62	75.53	242.90	90.05	71.47	229.06	80.46	58.47	261.04	80.84	68.26
Se	.73	.06	.19	.15	.01	.04	1.75	.21	.45	1.90	.16	.42	.99	.05	.21
Su	51.69	38.45	6.16	117.99	64.87	30.23	129.91	58.45	24.16	180.78	94.61	39.72	127.66	76.72	33.64
Sr	126.11	80.00	13.38	2091.94	932.65	605.74	8146.98	1528.96	2366.44	7132.17	1488.40	1668.77	2121.78	853.81	648.47
Te	159.81	123.92	19.99	426.44	219.75	117.81	440.27	203.60	85.60	628.72	346.11	152.35	512.82	280.79	134.58
Th	15.48	9.96	2.46	12.19	7.30	3.66	19.81	7.55	4.64	33.12	10.63	5.66	21.05	10.98	4.29
Ti	3106.09	2435.50	391.44	2219.88	870.19	591.91	1823.84	1046.36	629.06	3827.71	1250.37	924.58	2180.50	1497.19	608.32
U	5.43	.88	1.54	7.92	2.00	2.99	9.25	1.00	2.35	13.06	.89	2.45	9.86	1.12	2.32
V	79.10	39.61	15.95	57.70	22.35	15.90	55.99	25.15	11.85	87.78	23.55	17.73	45.85	23.02	11.97
W	28.91	8.55	9.15	27.56	12.86	10.62	42.08	9.15	11.55	76.04	11.43	18.82	91.71	16.11	25.57
Zn	104.26	63.73	14.94	148.13	88.06	31.17	237.47	95.74	47.84	390.70	160.37	85.11	188.12	106.84	32.48
Zr	316.29	194.65	53.51	374.04	257.32	69.37	168.72	118.60	29.68	2075.58	475.77	405.05	1057.49	445.79	291.14

表 2. (續) 臺灣西北部藻礁海岸 525 樣本 32 種重金屬含量於各分段海岸樣本之敘述統計資料
 Table 2. (continue) Descriptive statistics of 32 heavy metal contents from 525 samples in each section of algal reef coasts, northwest Taiwan

	F 富林 n=39			G 大鵬 n=51			H 大潭 n=48			I 保生 n=42			J 新屋 n=48		
	max	average	sidev	max	average	sidev	max	average	sidev	max	average	sidev	max	average	sidev
Ag	41.38	12.62	12.12	26.09	8.90	7.54	44.19	7.50	10.20	22.24	10.31	6.04	39.74	12.82	8.11
As	131.16	44.15	39.41	17.72	7.24	4.99	137.41	19.94	27.94	79.27	16.07	17.54	139.11	24.79	25.01
Ba	1479.73	695.82	286.64	817.13	507.95	99.20	1281.97	491.75	205.61	917.99	497.89	165.31	1216.95	566.28	197.61
Ca	26588.69	71838.94	66484.16	390738.25	114923.79	130804.21	333109.31	90908.91	101293.88	321032.56	101693.03	58326.64	224613.77	85161.51	53151.72
Cd	58.62	22.73	19.22	47.45	17.89	11.78	71.21	14.63	15.67	46.26	19.57	10.44	64.33	21.98	13.63
Co	167.77	37.55	46.33	143.39	40.42	41.94	299.35	39.32	54.78	90.78	16.32	24.64	218.61	16.30	45.46
Cr	350.59	38.65	70.94	43.35	12.97	12.54	59.43	27.53	18.17	54.85	20.57	15.70	41.70	18.54	14.04
Cs	457.22	189.02	105.18	303.63	135.67	52.93	408.35	127.73	77.87	282.06	143.13	56.08	383.38	158.47	65.96
Cu	1249.83	186.34	276.83	58.36	17.15	12.72	68.34	27.85	18.01	111.48	46.98	22.18	285.36	63.37	52.02
Fe	138331.67	39458.15	31847.83	21727.89	12137.66	7963.42	53986.09	14981.55	9650.47	30831.68	9498.10	5121.37	76287.85	17004.10	12051.70
Hg	46.41	8.14	10.60	29.49	6.40	7.44	38.55	5.64	7.77	31.86	8.40	8.88	53.60	8.02	11.42
K	13401.90	7697.43	3463.80	13509.48	7340.82	4842.56	12921.38	6235.23	3705.08	6942.19	3882.59	1492.20	11296.08	5406.90	2859.85
Mn	22995.79	5971.85	7178.22	3343.32	386.52	650.39	5463.38	1264.61	1386.60	26735.34	2225.70	4161.09	22901.96	3441.39	4517.25
Mo	40.82	12.51	13.17	7.21	1.55	2.09	19.18	3.56	4.33	45.92	9.54	7.55	37.69	9.54	9.02
Ni	456.11	116.20	124.16	91.81	20.36	22.82	90.84	18.02	23.69	220.20	25.81	41.93	152.08	23.55	34.18
Pb	103.21	37.51	25.60	27.26	14.75	5.88	58.69	19.47	11.34	56.25	22.32	8.58	55.93	28.80	11.83
Pd	46.76	16.24	16.65	38.27	11.84	10.75	68.23	10.03	14.35	45.13	13.39	9.91	50.64	16.18	11.32
Rb	66.47	40.94	19.37	68.72	37.70	26.69	66.63	37.00	20.18	88.91	27.82	13.47	88.13	37.73	20.90
S	3228.92	1357.72	984.22	8034.96	1988.55	1812.69	5770.81	1531.35	1602.07	4826.50	2155.41	1023.10	8241.78	2803.18	1653.86
Sb	258.31	97.60	67.08	182.43	68.40	37.28	245.64	58.63	52.54	154.99	71.22	35.90	242.11	80.76	48.46
Sc	172.74	55.36	59.41	226.13	37.66	51.82	267.20	80.05	81.06	270.89	123.64	62.01	238.41	117.25	53.22
Se	3.80	.28	.78	5.89	.58	1.40	4.06	.34	.89	4.65	.56	1.11	4.88	.46	1.08
Sn	245.24	102.69	61.73	147.64	71.23	29.51	211.75	63.06	43.38	159.28	67.50	33.71	174.42	73.62	35.92
Sr	1596.90	538.25	456.82	7155.91	2503.22	2860.82	4083.48	855.18	855.69	2672.39	1199.93	495.79	2434.33	1127.83	377.01
Te	922.91	348.42	225.97	574.59	252.27	122.01	920.14	226.69	177.75	553.17	267.09	122.55	830.74	302.56	149.53
Th	17.70	10.89	3.20	17.94	8.41	5.24	24.99	11.06	5.10	23.08	11.73	5.32	34.02	13.10	6.37
Ti	5087.88	1971.22	1089.73	2776.46	1336.89	992.40	2621.44	1246.25	895.49	1472.65	552.52	295.60	2026.10	833.70	517.52
U	7.29	.95	1.92	6.23	.72	1.71	4.58	.58	1.17	13.55	.80	2.48	20.73	1.23	3.50
V	69.70	33.23	18.15	64.98	18.16	14.99	58.26	25.44	13.77	42.33	17.75	8.97	60.78	19.88	11.74
W	63.68	10.10	16.00	33.16	4.76	8.68	93.26	12.48	20.02	48.71	9.20	14.16	90.21	12.30	22.57
Zn	2077.20	610.62	609.37	263.94	89.49	42.34	174.81	81.19	27.91	164.83	81.76	23.43	246.36	108.61	47.56
Zr	922.63	272.36	227.14	1438.77	230.93	249.15	1080.53	332.89	248.68	955.66	320.84	213.86	2777.65	414.84	518.38

表 2. (續) 臺灣西北部藻礁海岸 525 樣本 32 種重金屬含量於各分段海岸樣本之敘述統計資料

Table 2. (continue) Descriptive statistics of 32 heavy metal contents from 525 samples in each section of algal reef coasts, northwest Taiwan

	K永興 n=42			L永安 n=45			M笨港 n=18			N深澳 n=9			O披頭 n=33		
	max	average	stdev	max	average	stdev	max	average	stdev	max	average	stdev	max	average	stdev
Ag	26.99	14.29	7.30	22.84	11.15	4.72	4.28	1.53	1.65	34.57	13.58	11.72	57.21	14.54	17.52
As	131.36	22.30	24.39	277.58	44.60	62.44	32.13	16.83	6.78	31.45	16.47	10.21	56.68	15.54	10.30
Ba	788.84	595.46	111.95	911.12	527.76	123.92	422.36	373.92	25.78	816.02	505.57	143.81	1353.32	559.09	350.60
Ca	383770.19	125638.26	81043.50	273429.59	135234.63	55425.72	17962.45	6941.29	3823.82	68744.36	29160.05	22355.70	319654.63	72115.17	84555.75
Cd	53.09	25.31	11.91	38.89	19.62	7.87	8.71	4.27	2.29	57.15	23.14	19.01	99.27	24.07	27.38
Co	144.42	15.95	30.35	99.50	14.94	25.81	108.75	41.84	34.46	262.92	91.44	94.07	149.43	27.95	37.81
Cr	44.04	14.89	11.74	45.68	16.64	8.61	54.05	32.39	10.57	43.51	21.09	15.71	59.22	26.17	21.13
Cs	245.93	175.65	39.71	264.98	154.26	41.91	89.62	74.30	7.55	260.96	141.85	64.40	456.84	158.27	122.03
Cu	106.46	39.32	24.56	115.43	43.58	24.12	40.77	21.83	9.01	31.08	13.05	12.29	67.20	22.31	20.48
Fe	50531.94	12395.18	7978.23	105808.16	18035.31	19566.90	26128.16	18803.32	3649.19	108166.48	25938.98	31100.52	23369.72	14456.06	5839.14
Hg	39.62	10.06	11.22	40.92	8.79	8.88	16.46	2.92	4.22	19.50	5.25	7.88	51.96	8.04	14.08
K	10098.90	4030.29	2280.97	13212.62	4971.16	2016.17	9802.37	8570.98	815.29	9984.98	4207.02	4251.18	11356.96	4182.75	2673.13
Mn	15743.34	2938.95	3421.37	15299.10	3230.33	3729.51	599.84	376.52	97.86	1260.83	588.95	367.88	10894.37	1890.05	2214.50
Mo	38.44	13.00	9.42	68.98	16.94	17.13	3.78	.77	1.17	9.36	4.31	3.13	24.04	5.82	6.01
Ni	99.45	23.47	26.60	133.84	39.06	41.29	46.19	16.87	14.71	90.91	22.20	30.68	69.01	13.36	16.79
Pb	84.37	25.10	12.83	148.38	35.75	34.35	25.76	17.49	3.60	41.72	26.46	9.75	50.58	21.04	9.04
Pd	40.26	18.67	10.45	33.70	14.18	8.03	3.81	.96	1.32	44.61	17.83	15.09	77.85	17.63	23.22
Rb	54.43	26.95	12.68	68.30	27.16	12.78	56.61	51.21	3.02	58.36	30.10	20.60	56.88	31.66	14.52
S	12839.39	2527.96	1911.88	6588.83	3287.64	1349.85	858.18	495.49	268.65	1658.81	803.09	493.14	10028.09	2577.31	2300.32
Sb	156.31	91.49	33.29	175.82	76.59	28.82	37.91	25.24	7.58	158.07	72.82	45.75	288.31	83.95	87.81
Sc	261.02	124.46	60.11	234.71	134.95	48.22	16.65	4.24	4.64	74.03	36.86	27.23	204.25	79.71	73.69
Se	4.71	.40	.95	8.06	.47	1.35	.95	.10	.26	.00	.00	.00	3.83	.31	.80
Sn	137.52	84.46	22.45	148.98	77.21	26.03	50.08	37.49	5.80	93.82	57.47	21.32	200.68	73.24	56.62
Sr	4085.11	1238.57	555.01	6115.13	1663.00	1088.69	138.12	90.23	15.23	1636.83	680.57	581.23	1379.60	677.30	434.76
Tc	489.24	328.61	91.97	605.40	286.27	91.55	145.23	112.11	20.11	504.64	238.90	137.12	941.34	301.45	278.13
Th	42.03	12.72	7.54	21.56	11.22	4.96	11.97	7.47	2.24	13.41	10.01	2.69	31.76	12.79	7.17
Ti	1605.17	627.86	374.75	1520.32	639.33	303.68	2708.76	2032.50	318.50	2480.43	1027.17	1036.25	2537.72	1048.27	766.23
U	12.20	1.35	3.29	5.50	.27	.94	6.58	1.16	1.80	12.25	4.00	4.68	25.14	2.19	5.18
V	41.98	17.99	9.93	47.14	20.63	10.89	60.72	37.95	9.64	55.13	19.42	15.78	78.41	26.91	20.25
W	96.30	10.75	21.77	105.52	8.84	20.73	46.90	12.04	12.97	65.58	12.78	21.85	80.79	13.05	19.62
Zn	155.16	81.83	28.92	232.84	98.26	48.68	105.42	70.40	13.62	89.08	72.47	15.50	103.58	63.24	19.89
Zr	1806.63	535.57	378.27	2134.24	579.13	485.67	341.73	168.65	49.80	837.47	290.68	217.08	1815.23	537.51	517.87

表 4. 臺灣西北部海岸鈣、銦、鋇、硫含量在礁體及沙粒樣本之統計資料

Table 4. Statistics of Ca, Sc, Sr, S contents from reef and sand, northwest Taiwan

海岸基質	Maximum	Mean		Std. Deviation	Variance	
		Statistic	Std. Error			
reef n=372	Ca	458215.91	128653.43	4209.60	81191.87	6592119535.18
	Sr	8146.98	1583.81	76.98	1484.78	2204563.07
	Sc	270.89	113.52	3.09	59.61	3553.49
	S	16183.04	2679.67	92.38	1781.68	3174390.39
sand n=153	Ca	14994.77	6529.74	272.26	3367.73	11341577.86
	Sr	910.36	117.61	10.02	123.97	15368.44
	Sc	74.03	6.61	0.83	10.25	105.06
	S	2840.99	633.34	37.22	460.43	211991.52

表 5. 臺灣西北部海岸 F1 及 F2 採樣站 32 種重金屬含量之敘述統計資料

Table 5. Descriptive statistics of 32 heavy metal contents from station F1 and F2, northwest Taiwan

F1.富林溪南岸出海口藻礁(低潮位) n=9					F3.樹林溪出海口北岸藻礁(低潮位) n=12				
	Maximum	Mean		Std. Deviation	Maximum	Mean		Std. Deviation	
		Statistic	Std. Error			Statistic	Std. Error		
Ag	41.38	21.52	3.90	11.71	Ag	35.80	21.11	2.74	9.48
As	131.16	67.55	14.82	44.46	As	109.97	74.58	8.09	28.03
Ba	1479.73	906.69	100.66	301.98	Ba	1125.74	909.29	48.35	167.50
Ca	265887.69	152015.54	15839.69	47519.08	Ca	156589.47	101785.86	10583.54	36662.46
Cd	57.61	37.79	5.41	16.23	Cd	58.62	37.76	3.43	11.89
Co	44.02	6.90	5.05	15.15	Co	167.77	35.25	16.55	57.34
Cr	350.59	106.32	42.42	127.26	Cr	32.79	7.36	3.46	11.98
Cs	457.22	274.07	32.42	97.27	Cs	357.00	269.45	15.79	54.68
Cu	160.38	101.83	13.88	41.65	Cu	1249.83	490.72	97.52	337.82
Fe	138331.67	68076.70	16949.67	50849.00	Fe	72836.23	45691.06	5390.84	18674.42
Hg	46.41	12.47	4.81	14.42	Hg	31.76	13.47	3.15	10.91
K	4955.72	3555.68	263.11	789.33	K	10020.93	6241.57	768.64	2662.64
Mn	12856.91	6484.50	1181.48	3544.44	Mn	22995.79	14034.63	1953.88	6768.45
Mo	40.82	25.38	4.25	12.76	Mo	31.69	20.43	2.04	7.05
Ni	456.11	186.99	48.31	144.92	Ni	395.17	208.69	27.24	94.35
Pb	103.21	58.87	11.00	33.01	Pb	77.10	51.39	4.23	14.65
Pd	46.76	28.09	4.40	13.21	Pd	44.99	28.58	4.22	14.63
Rb	26.80	19.26	1.35	4.06	Rb	37.26	27.62	1.97	6.81
S	3228.92	1853.04	278.63	835.88	S	3128.81	2270.71	177.20	613.86
Sb	258.31	152.50	20.79	62.38	Sb	202.26	145.93	11.90	41.21
Sc	137.45	63.94	16.88	50.64	Sc	172.74	124.36	8.36	28.96
Se	.00	.00	.00	.00	Se	3.80	.76	.37	1.27
Sn	245.24	153.85	19.61	58.84	Sn	188.70	147.22	9.93	34.40
Sr	1209.77	943.89	43.32	129.97	Sr	1596.90	883.94	106.41	368.60
Te	922.91	519.36	73.18	219.55	Te	700.38	521.35	38.40	133.02
Th	15.87	11.53	1.35	4.05	Th	17.70	10.59	1.13	3.92
Ti	5087.88	2958.05	470.32	1410.96	Ti	1483.38	803.24	119.66	414.53
U	4.96	.95	.64	1.92	U	7.29	.88	.62	2.14
V	69.70	32.64	7.97	23.90	V	58.25	28.28	5.35	18.53
W	63.68	8.02	7.02	21.06	W	42.14	4.80	3.55	12.30
Zn	2077.20	925.82	226.28	678.83	Zn	1961.56	1120.19	121.81	421.95
Zr	922.63	591.75	82.37	247.12	Zr	596.46	203.22	44.31	153.48

表 6. 臺灣西北部海岸 D2 及 L7 採樣站 32 種重金屬含量之敘述統計資料

Table 6. Descriptive statistics of 32 heavy metal contents from station D2 and L7, northwest Taiwan

D2.老街溪口北側近岸藻礁(高潮位) n=6					L7.後湖溪北側藻礁(低潮位) n=9				
	Maximum	Mean		Std. Deviation		Maximum	Mean		Std. Deviation
		Statistic	Std. Error				Statistic	Std. Error	
Ag	23.68	12.47	3.87	9.48	Ag	22.84	15.64	1.88	5.63
As	274.86	177.32	36.14	88.53	As	277.58	132.31	32.33	97.00
Ba	914.67	705.03	69.41	170.02	Ba	911.12	682.67	45.33	135.99
Ca	129076.46	102944.89	6163.81	15098.20	Ca	195696.48	139084.85	9986.77	29960.30
Cd	39.97	22.21	5.80	14.19	Cd	38.89	24.55	3.13	9.38
Co	.00	.00	.00	.00	Co	51.86	12.98	6.82	20.47
Cr	138.33	68.10	19.70	48.25	Cr	22.49	13.15	3.40	10.21
Cs	277.54	193.11	27.22	66.66	Cs	264.98	203.65	15.67	47.02
Cu	195.88	134.45	25.78	63.16	Cu	115.43	72.32	8.40	25.20
Fe	125855.48	79375.57	16058.81	39335.89	Fe	105808.16	44223.37	10899.95	32699.86
Hg	25.41	10.99	4.67	11.43	Hg	40.92	11.70	4.57	13.71
K	11681.50	8008.25	947.59	2321.10	K	5586.29	4026.03	396.45	1189.34
Mn	18029.44	10212.01	2081.13	5097.71	Mn	15299.10	8282.70	1940.82	5822.46
Mo	18.95	13.58	1.85	4.54	Mo	68.98	44.52	6.40	19.20
Ni	137.62	85.62	11.85	29.04	Ni	133.84	73.56	19.97	59.90
Pb	111.57	66.12	14.79	36.22	Pb	148.38	85.13	16.72	50.15
Pd	48.34	21.86	7.47	18.29	Pd	33.70	24.99	2.19	6.57
Rb	52.63	36.37	3.98	9.76	Rb	37.04	27.41	2.25	6.75
S	1268.17	821.67	154.76	379.08	S	6467.18	4807.48	375.71	1127.13
Sb	173.38	99.11	21.38	52.37	Sb	175.82	110.09	11.62	34.85
Sc	172.93	104.39	26.30	64.42	Sc	234.71	106.00	19.25	57.74
Se	1.03	.30	.19	.47	Se	8.06	1.07	.88	2.65
Sn	180.78	107.60	20.65	50.58	Sn	148.98	105.46	9.36	28.09
Sr	1801.78	1219.01	152.95	374.66	Sr	2437.67	1759.40	157.07	471.22
Te	558.63	357.32	64.98	159.17	Te	605.40	387.76	38.34	115.03
Th	20.67	12.88	1.65	4.03	Th	18.56	12.45	1.79	5.38
Ti	2032.42	1433.82	132.06	323.49	Ti	697.06	413.28	63.81	191.43
U	.00	.00	.00	.00	U	.71	.08	.08	.24
V	54.42	37.20	7.83	19.18	V	47.14	25.96	5.01	15.03
W	28.16	4.69	4.69	11.50	W	42.50	8.62	5.74	17.21
Zn	322.71	237.23	26.82	65.69	Zn	232.84	163.00	16.97	50.90
Zr	1106.04	526.96	189.74	464.77	Zr	2134.24	501.74	240.91	722.72

表 7. 臺灣西北部海岸鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬含量在礁體及沙粒樣本之統計資料

Table 7. Statistics of Zn, Ni, Cu, Mn, Fe, Pb, As, Mo contents from reef and sand, northwest Taiwan

海岸基質	Maximum	Mean		Std. Deviation	Variance	
		Statistic	Std. Error			
reef n=372	Zn	2077.20	152.13	13.30	256.58	65831.11
	Ni	456.11	36.55	3.01	58.04	3368.11
	Cu	1249.83	66.29	5.59	107.81	11621.95
	Mn	26735.34	3250.01	216.00	4166.12	17356549.65
	Fe	138331.67	17676.42	1007.55	19433.01	377641969.16
	Pb	148.38	27.13	1.02	19.68	387.25
	As	277.58	31.14	2.20	42.42	1799.22
	Mo	68.98	9.51	.54	10.45	109.30
sand n=153	Zn	139.75	86.04	1.82	22.45	504.13
	Ni	90.91	17.96	1.23	15.21	231.43
	Cu	87.43	23.61	1.01	12.54	157.13
	Mn	6657.68	392.50	44.61	551.82	304499.86
	Fe	108166.48	19924.20	630.93	7804.19	60905400.57
	Pb	50.58	17.33	.44	5.41	29.22
	As	57.41	11.86	.52	6.44	41.45
	Mo	24.04	1.35	.22	2.73	7.43

表 8 臺灣西北部海岸 O5 及 H5 採樣站 32 種重金屬含量之敘述統計資料

Table 8. Descriptive statistics of 32 heavy metal contents from station D2 and L7, northwest Taiwan

O5.復興漁港殘存藻礁(沙覆蓋礁體) n=12					H5.過溪仔中潮位藻礁(沙覆蓋礁體) n=12				
	Maximum	Mean		Std. Deviation	Maximum	Mean		Std. Deviation	
		Statistic	Std. Error			Statistic	Std. Error		
Ag	57.21	29.17	5.78	20.03	Ag	44.19	17.02	4.11	14.24
As	56.68	20.69	3.56	12.33	As	137.41	51.86	12.32	42.69
Ba	1353.32	860.45	114.68	397.25	Ba	1281.97	666.92	94.57	327.61
Ca	210420.34	80806.60	20293.80	70299.78	Ca	333109.31	161163.86	35718.31	123731.84
Cd	99.27	48.11	8.81	30.51	Cd	71.21	28.45	5.94	20.56
Co	149.43	24.02	13.33	46.18	Co	299.35	40.36	24.84	86.04
Cr	38.16	11.41	4.91	17.00	Cr	53.25	16.86	5.96	20.66
Cs	456.84	267.64	37.44	129.69	Cs	408.35	201.34	32.11	111.22
Cu	56.43	21.85	6.05	20.95	Cu	68.34	39.15	6.94	24.03
Fe	21783.38	14793.63	1335.64	4626.78	Fe	53986.09	20266.90	4467.77	15476.81
Hg	51.96	16.48	5.85	20.26	Hg	38.55	13.09	3.33	11.54
K	5805.17	2861.44	443.91	1537.75	K	6639.73	3811.08	514.32	1781.66
Mn	10894.37	3054.65	822.37	2848.77	Mn	5463.38	3235.46	363.64	1259.70
Mo	24.04	8.84	2.19	7.58	Mo	19.18	5.89	1.76	6.09
Ni	69.01	13.31	6.01	20.81	Ni	90.84	32.16	9.53	33.02
Pb	50.58	26.53	2.86	9.90	Pb	58.69	31.23	4.59	15.91
Pd	77.85	37.38	7.75	26.85	Pd	68.23	23.21	5.84	20.23
Rb	38.54	26.76	1.83	6.33	Rb	36.32	20.47	1.86	6.44
S	5299.60	2510.76	425.04	1472.38	S	5770.81	3169.22	575.65	1994.10
Sb	288.31	162.57	27.59	95.57	Sb	245.64	108.98	21.44	74.28
Sc	196.15	100.14	22.58	78.23	Sc	199.94	105.15	15.13	52.43
Se	3.83	.59	.35	1.20	Se	4.06	.93	.43	1.49
Sn	200.68	120.07	16.46	57.01	Sn	211.75	98.74	19.94	69.07
Sr	1379.60	973.47	59.42	205.82	Sr	2498.05	1168.12	130.21	451.05
Te	941.34	546.67	88.12	305.26	Te	920.14	390.91	74.94	259.61
Th	31.76	17.92	1.97	6.83	Th	21.57	13.43	1.66	5.75
Ti	1495.85	771.06	154.38	534.78	Ti	1017.60	584.14	76.22	264.03
U	25.14	4.07	2.35	8.13	U	4.58	.38	.38	1.32
V	52.49	18.03	5.60	19.39	V	24.61	13.91	2.29	7.94
W	80.79	18.55	7.54	26.11	W	93.26	8.35	7.74	26.81
Zn	103.58	70.68	3.92	13.57	Zn	174.81	97.73	10.40	36.04
Zr	1815.23	931.00	144.82	501.67	Zr	1080.53	498.39	89.05	308.46

表 9. 臺灣西北部海岸銀、鋇、鎘、鈾、鈹、銻、錫、碲含量在礁體及沙粒樣本之統計資料

Table 9. Statistics of Ag, Ba, Cd, Cs, Pd, Sb, Sn, Te contents from reef and sand, northwest Taiwan

海岸基質	Maximum	Mean		Std. Deviation	
		Statistic	Std. Error		
reef n=372	Ba	1479.73	585.83	10.31	198.88
	Cs	457.22	171.77	3.54	68.33
	Te	928.25	324.04	7.83	151.01
	Sb	287.15	88.29	2.43	46.85
	Sn	245.24	85.38	2.04	39.26
	Cd	99.27	23.49	.72	13.97
	Ag	57.21	13.26	.46	8.95
	Pd	77.85	17.13	.66	12.69
sand n=153	Ba	1353.32	419.09	9.19	113.71
	Cs	406.62	85.87	3.10	38.36
	Te	941.34	138.33	7.16	88.58
	Sb	288.31	34.28	2.40	29.69
	Sn	191.53	42.34	1.44	17.76
	Cd	83.06	6.62	.73	9.02
	Ag	56.66	2.83	.47	5.82
	Pd	62.03	2.69	.58	7.19

表 10. 臺灣西北部海岸鈦、鉀、鉀、釩、鉻、鈷、汞、鋯、釷含量在礁體及沙粒樣本之統計資料

Table 10. Statistics of Ti, Rb, K, V, Cr, Co, Hg, Zr, Th contents from reef and sand, northwest Taiwan

海岸基質	Maximum	Mean		Std. Deviation	
		Statistic	Std. Error		
reef n=372	Ti	5087.88	789.49	33.69	649.81
	Rb	88.91	26.38	.79	15.19
	K	13212.62	4454.32	125.52	2421.00
	V	69.70	19.55	.68	13.02
	Cr	350.59	21.52	1.66	32.03
	Co	299.35	20.02	2.16	41.62
	Hg	53.60	8.52	.51	9.92
	Zr	2777.65	431.83	20.93	403.67
	Th	42.03	11.12	.32	6.18
sand n=153	Ti	3827.71	2173.16	41.49	513.22
	Rb	79.36	56.69	.67	8.30
	K	13509.48	9666.34	183.47	2269.36
	V	87.78	35.16	1.23	15.25
	Cr	66.09	30.69	1.24	15.37
	Co	150.67	54.75	3.34	41.29
	Hg	51.35	3.46	.46	5.73
	Zr	885.41	210.28	11.02	136.32
	Th	23.06	9.89	.25	3.10



圖 1. 臺灣西北部藻礁海岸調查範圍圖，2014-2015 年。

Fig. 1. Study area of algal reef coasts in northwest Taiwan, 2014-2015.

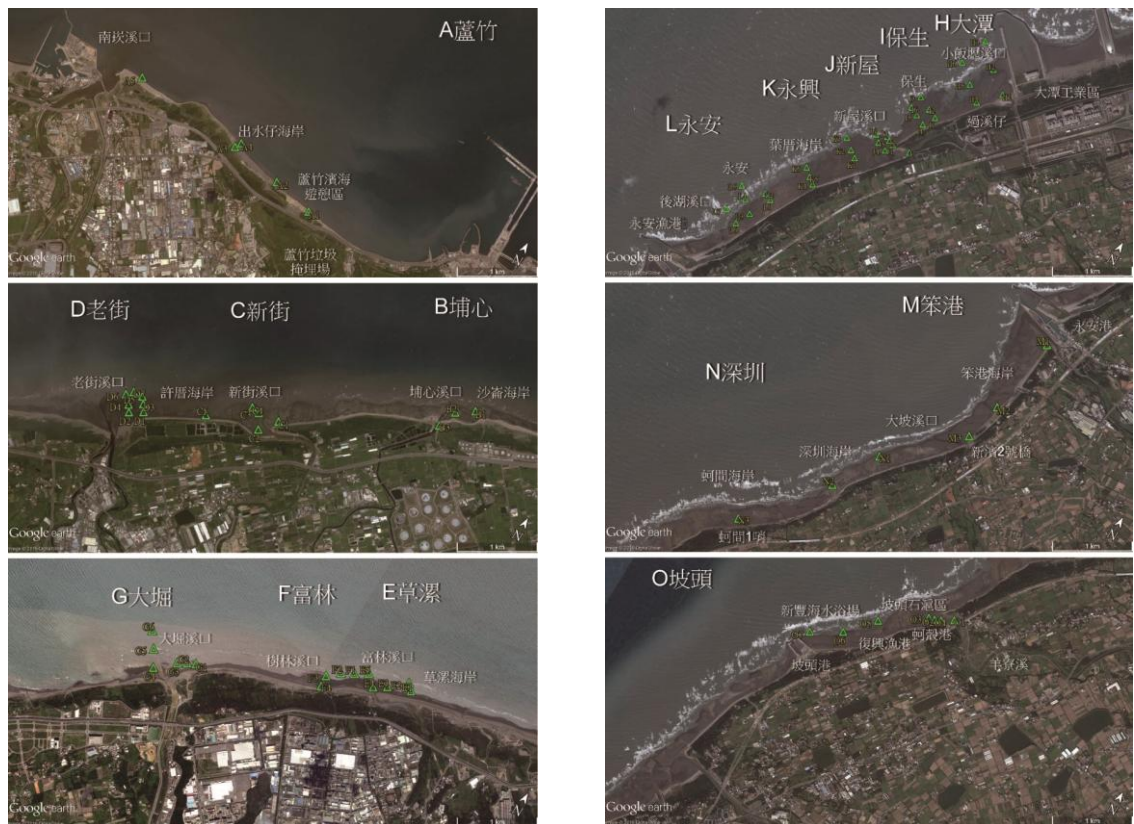


圖 2. 臺灣西北部藻礁海岸採樣站位置圖，2014-2015 年。

Fig. 2. Sampling stations of algal reef coasts in northwest Taiwan, 2014-2015.

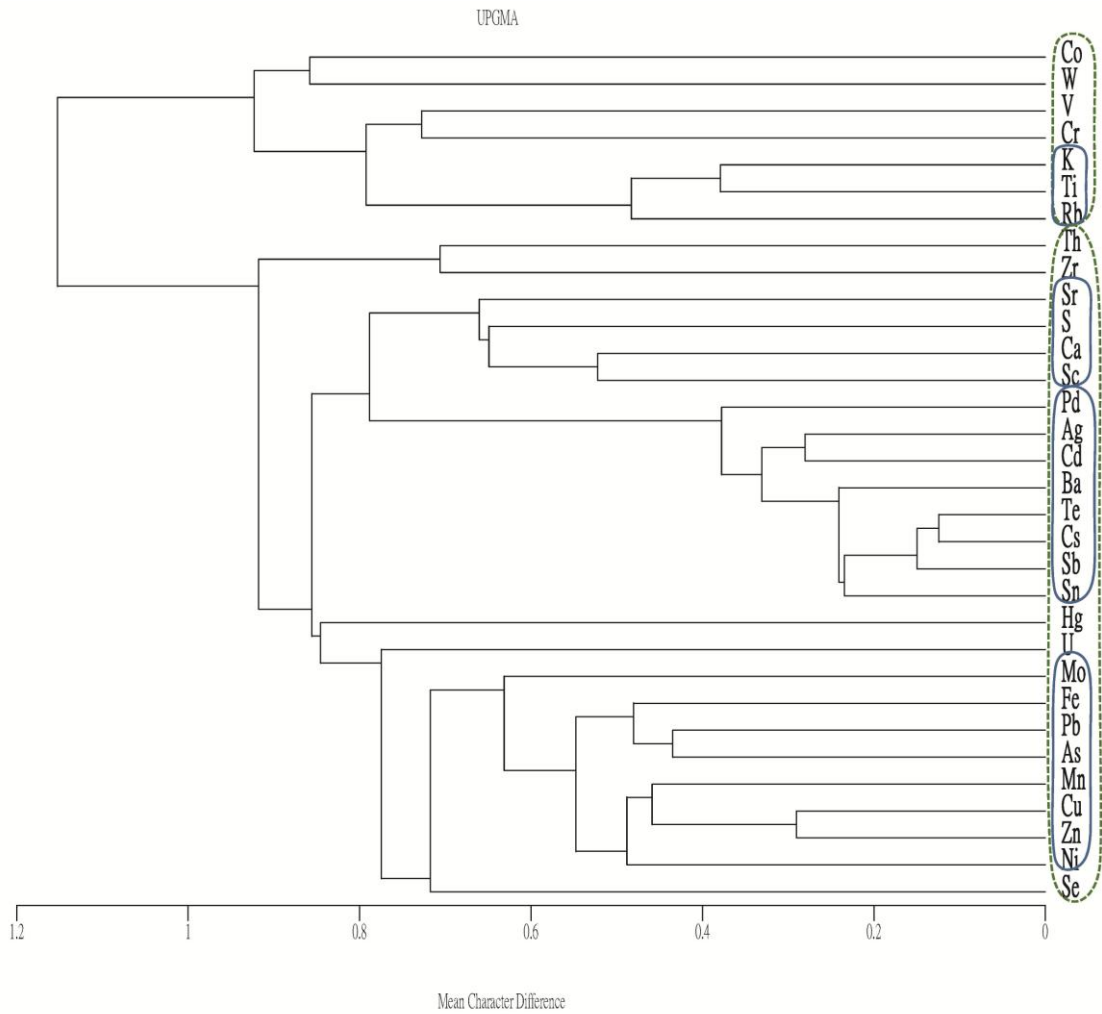


圖 3. 臺灣西北藻礁海岸 252 個樣本中 32 項重金屬元素之層級系統樹狀圖，2014-2015 年。

Fig. 3. A dendrogram showing unweighed pair-group method with the mean character difference of 252 samplings among 32 heavy metal contents in algal reef coasts of northwest Taiwan, 2014-2015.

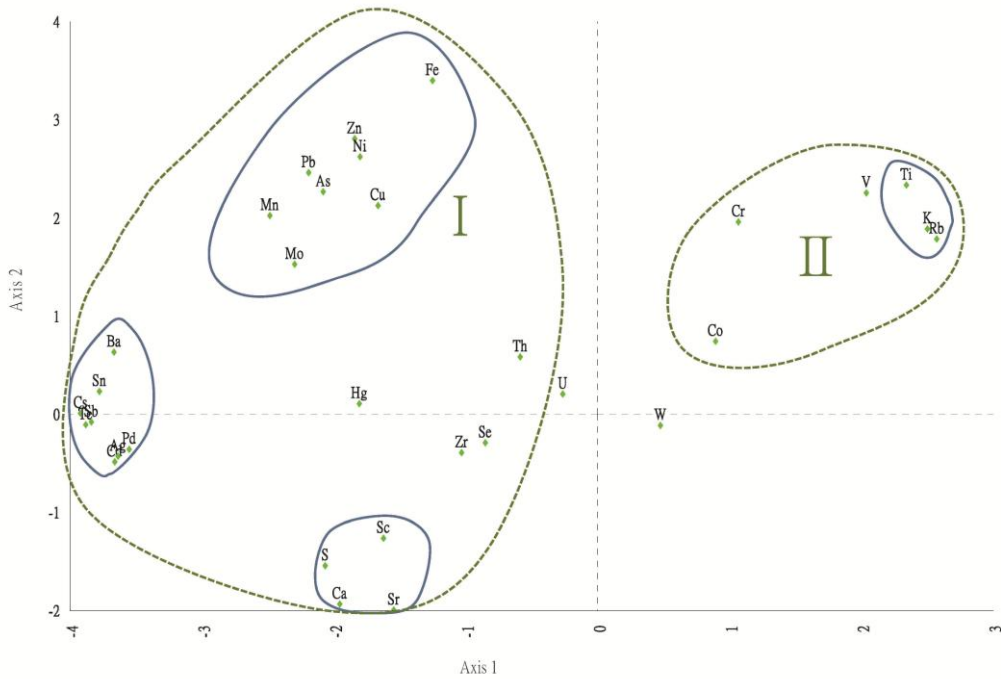


圖 4. 臺灣西北部藻礁海岸以主成分分析計算 525 樣本所繪製 32 種重金屬含量在 PCA 軸之分布序列，2014-2015 年。
 Fig. 4. Ordination of 32 heavy metal contents by 525 samples along the first two PCA axes in algal reef coasts of northwest Taiwan, 2014-2015

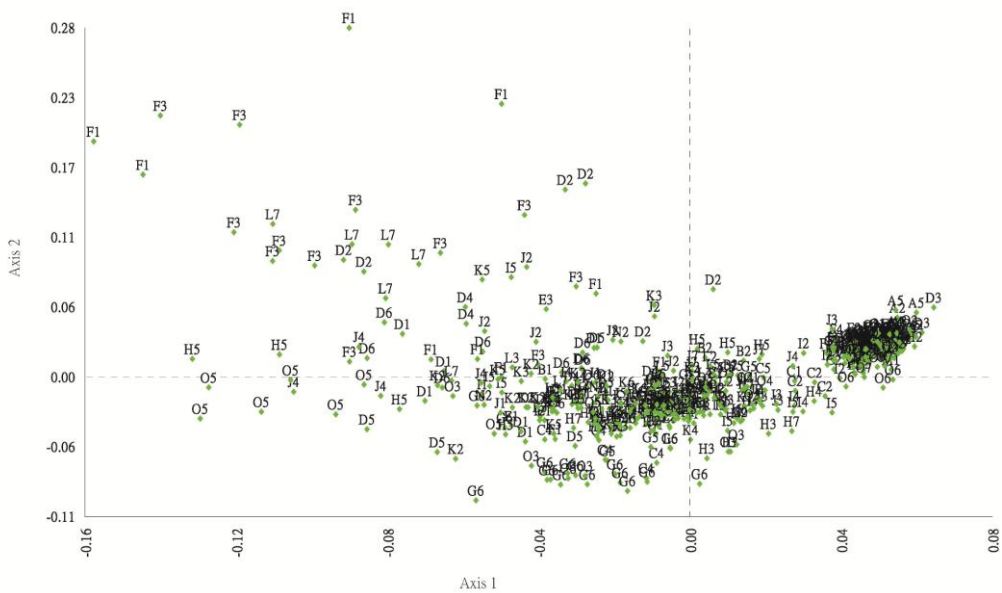


圖 5. 臺灣西北部藻礁海岸以主成分分析計算 32 種重金屬含量所繪製 525 樣本在 PCA 軸之分布序列，2014-2015 年。
 Fig. 5. Ordination of 525 samples by 32 heavy metal contents along the first two PCA axes in algal reef coasts of northwest Taiwan, 2014-2015

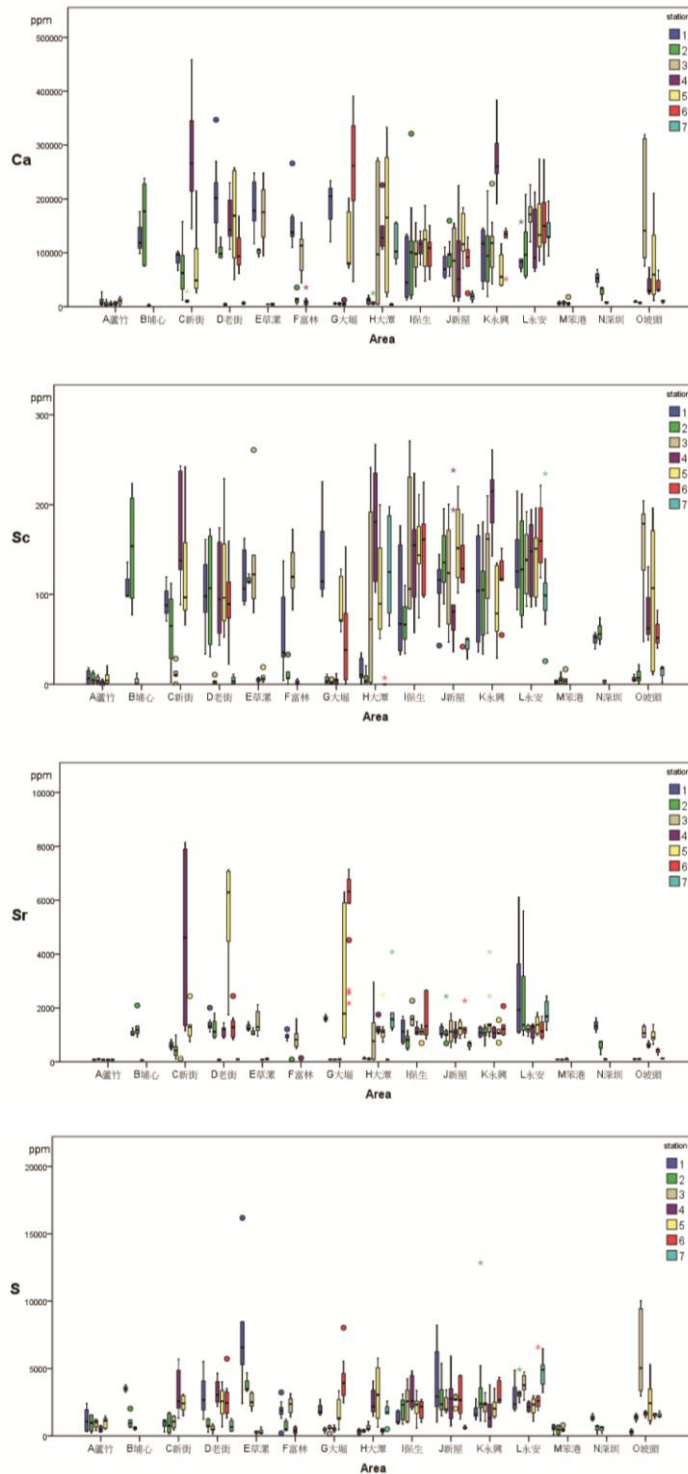


圖 6. 臺灣西北部藻礁海岸各採樣站之鈣、釩、鋇、硫含量變化盒形圖。

Fig. 6. Boxplot of Ca, Sc, Sr, S, contents in sampling stations in algal reefs coast of northwest Taiwan.

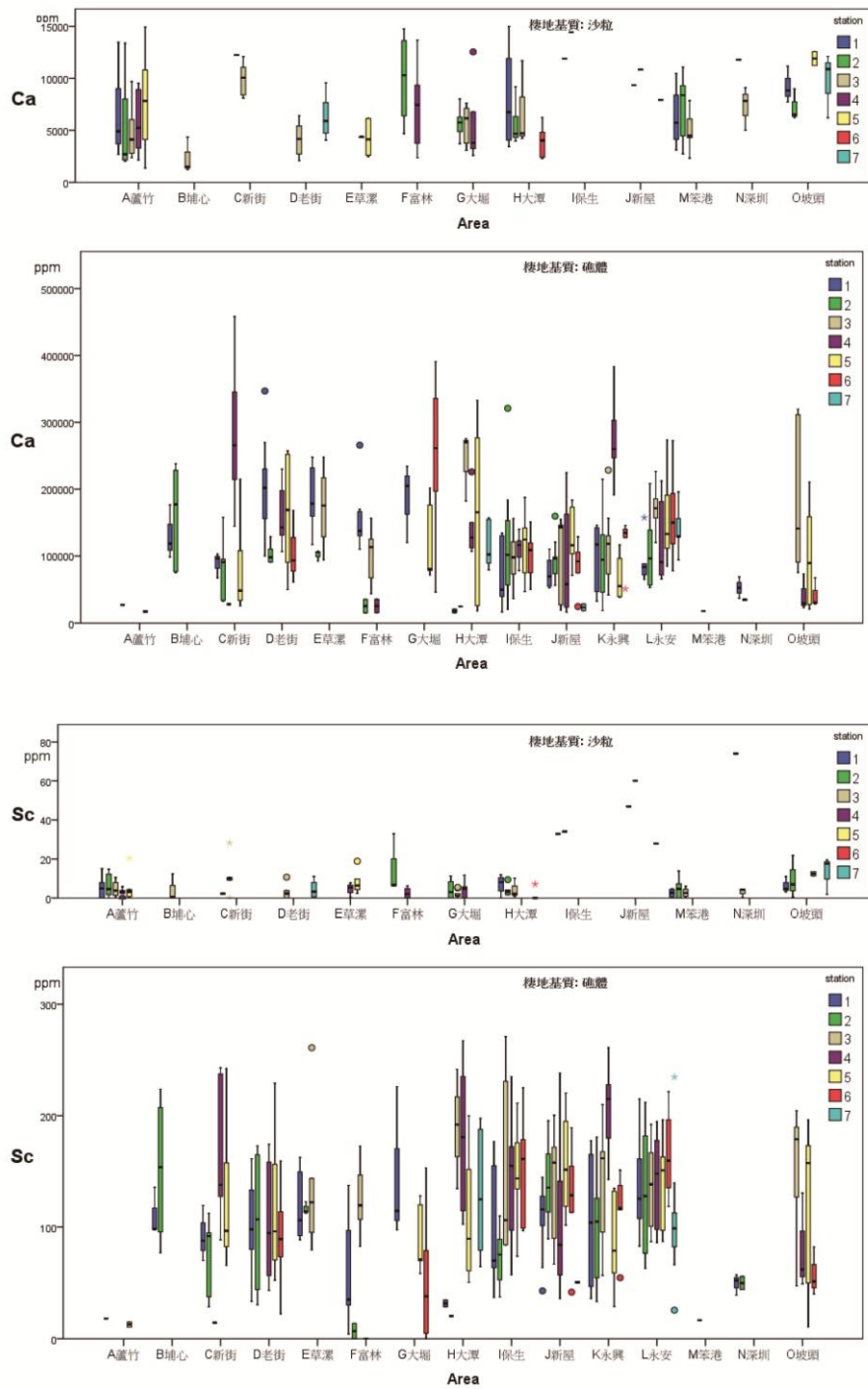


圖 7. 臺灣西北部藻礁海岸棲地基質區分為礁體及沙粒樣本之鈣、銦、鋇、硫含量盒形圖。

Fig.7. Boxplot of Ca, Sc, Sr, S, contents in samplings divided into sand and reef coasts, northwest Taiwan.

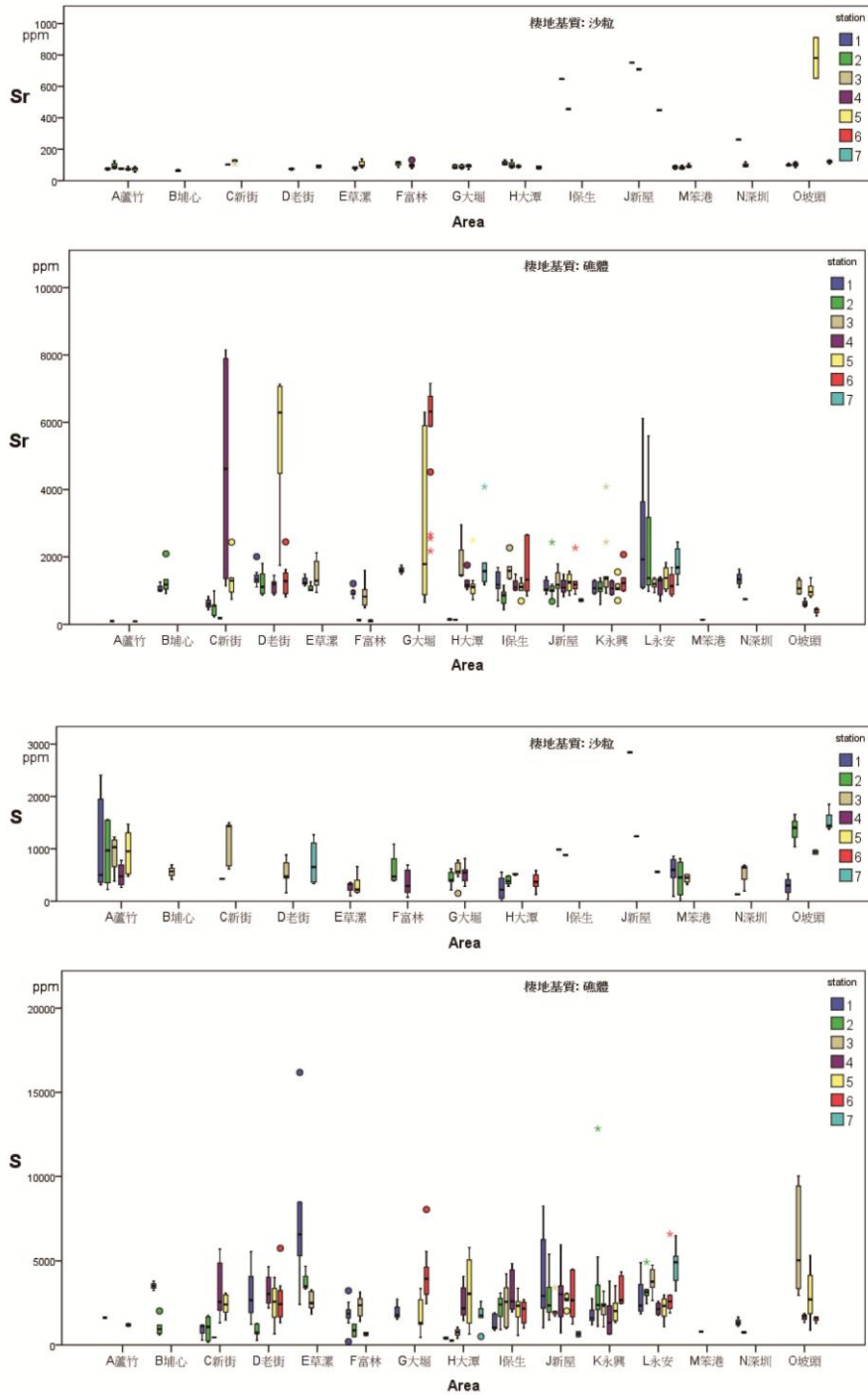


圖 7. (續) 臺灣西北部藻礁海岸棲地基質區分為礁體及沙粒樣本之鈣、銦、鋇、硫含量盒形圖。

Fig. 7. (continue) Boxplot of Ca, Sc, Sr, S, contents in samplings divided into sand and reef coasts, northwest Taiwan.

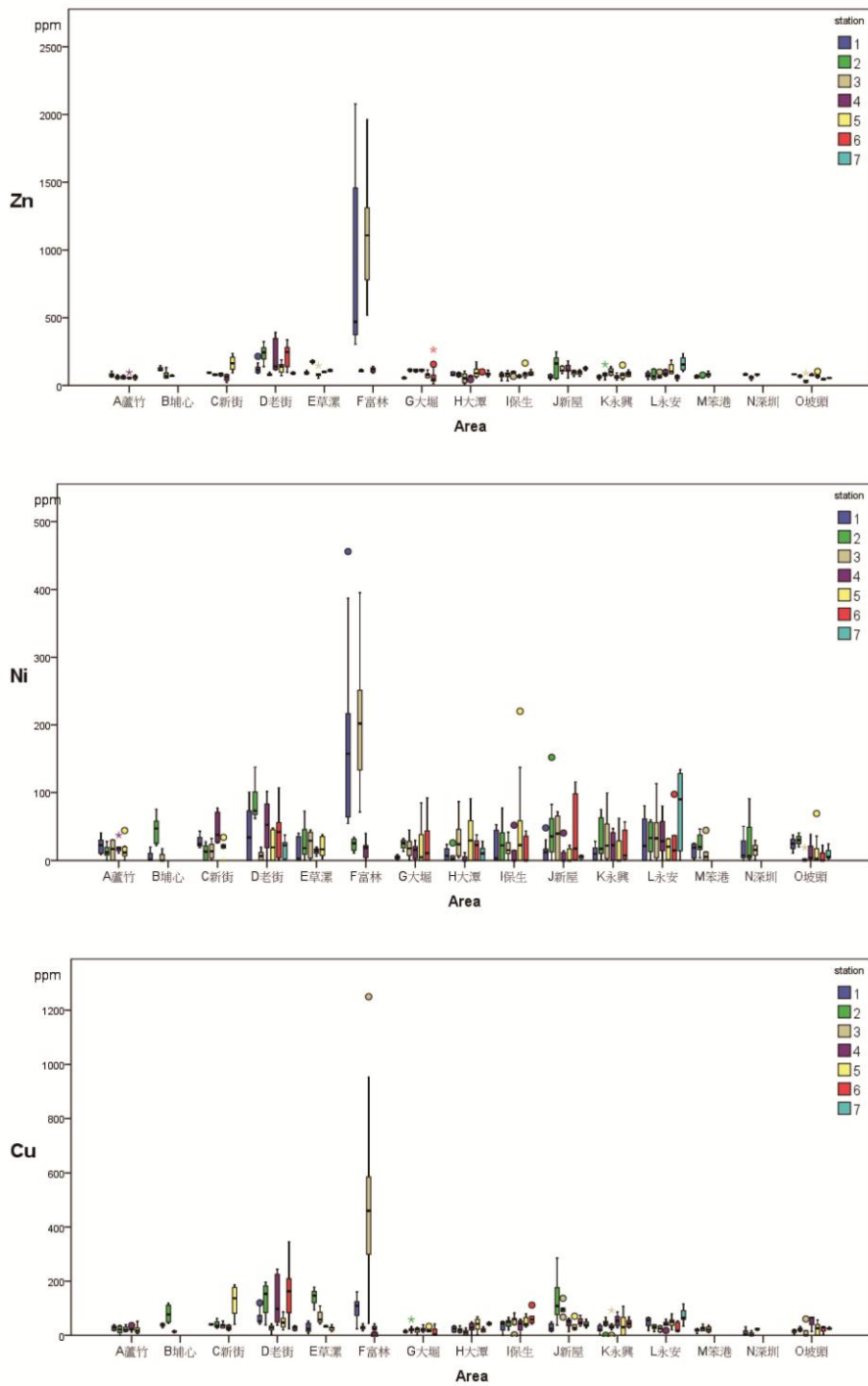


圖 8. 臺灣西北部藻礁海岸各採樣站之鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鋁含量變化盒形圖。

Fig. 8. Boxplot of Zn, Ni, Cu, Mn, Fe, As, Pb, Mo, contents in sampling stations in algal reefs coast of northwestern Taiwan.

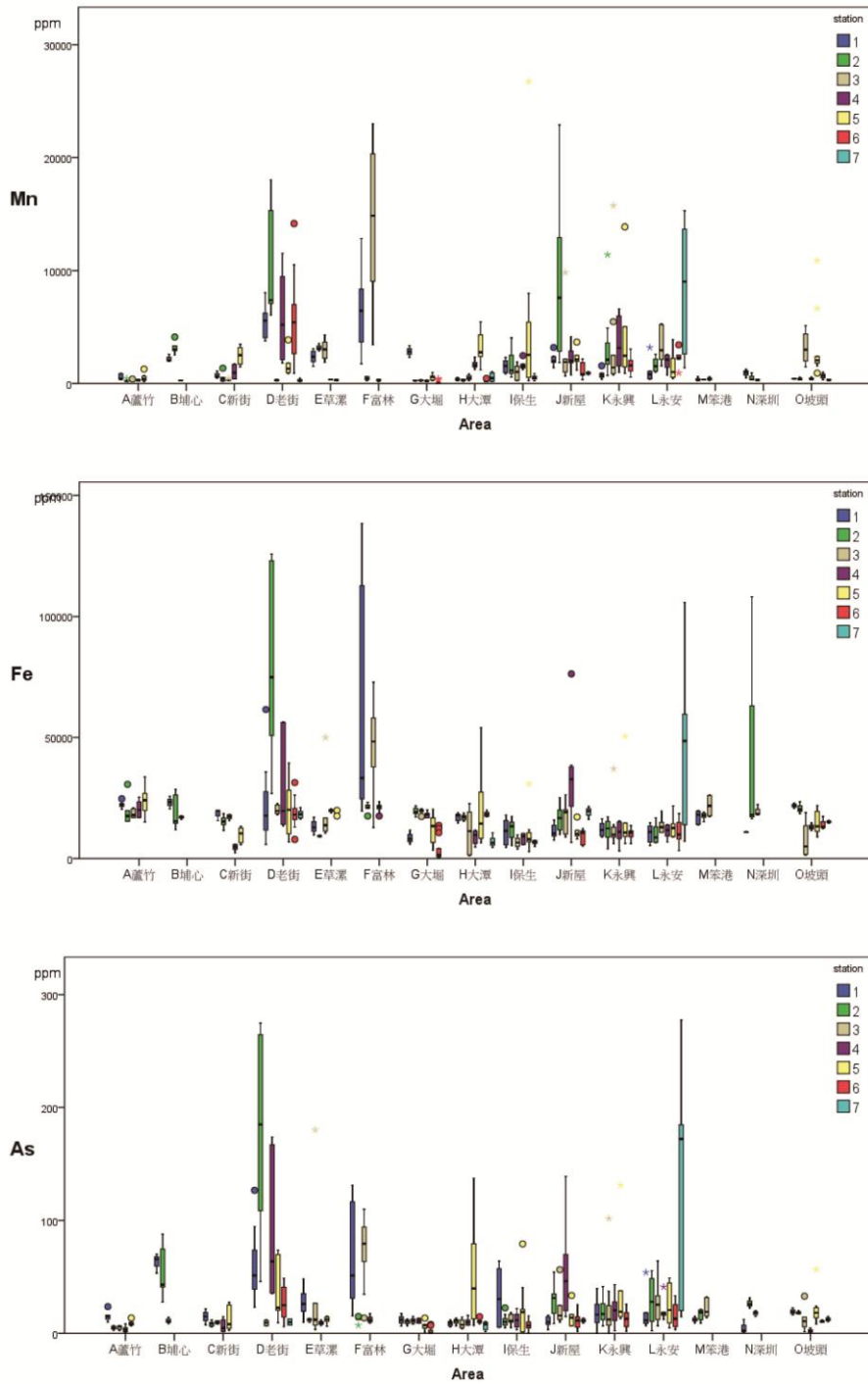


圖 8. (續) 臺灣西北部藻礁海岸各採樣站之鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬含量變化盒形圖。

Fig. 8. (continue) Boxplot of Zn, Ni, Cu, Mn, Fe, As, Pb, Mo, contents in sampling stations in algal reefs coast of northwest Taiwan.

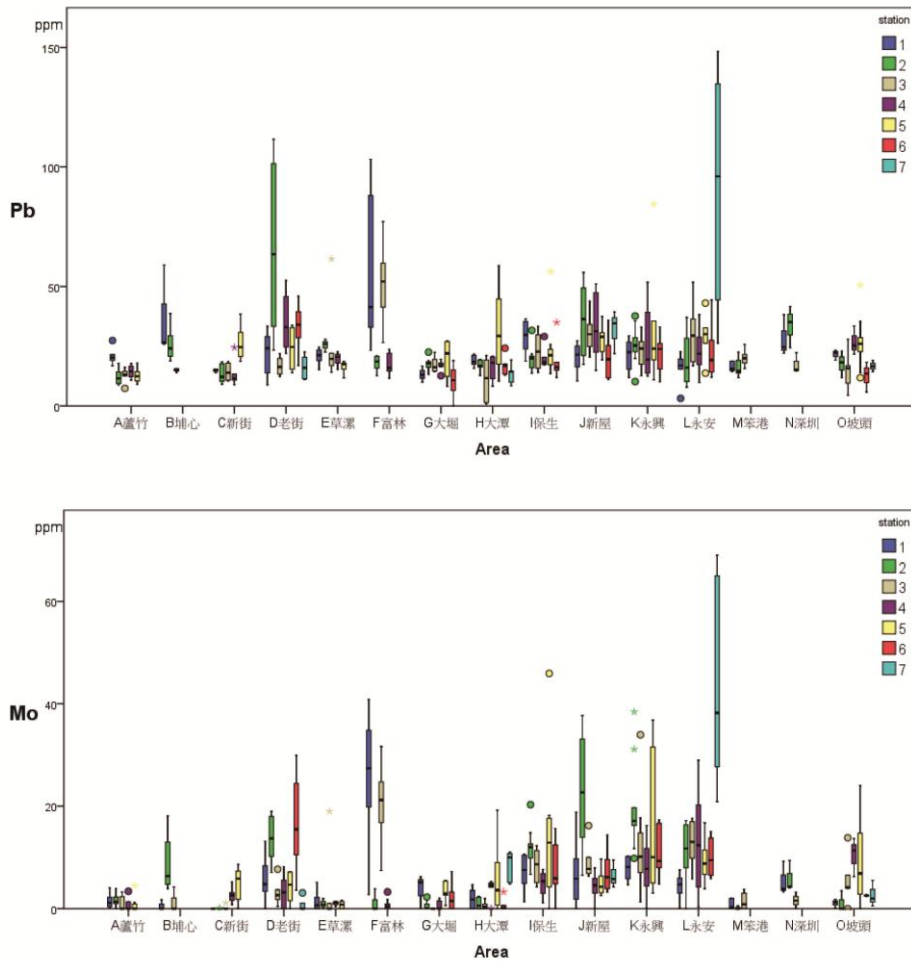


圖 8. (續) 臺灣西北部藻礁海岸各採樣站之鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬含量變化盒形圖。

Fig. 8. (continue) Boxplot of Zn, Ni, Cu, Mn, Fe, As, Pb, Mo, contents in sampling stations in algal reefs coast of northwest Taiwan.

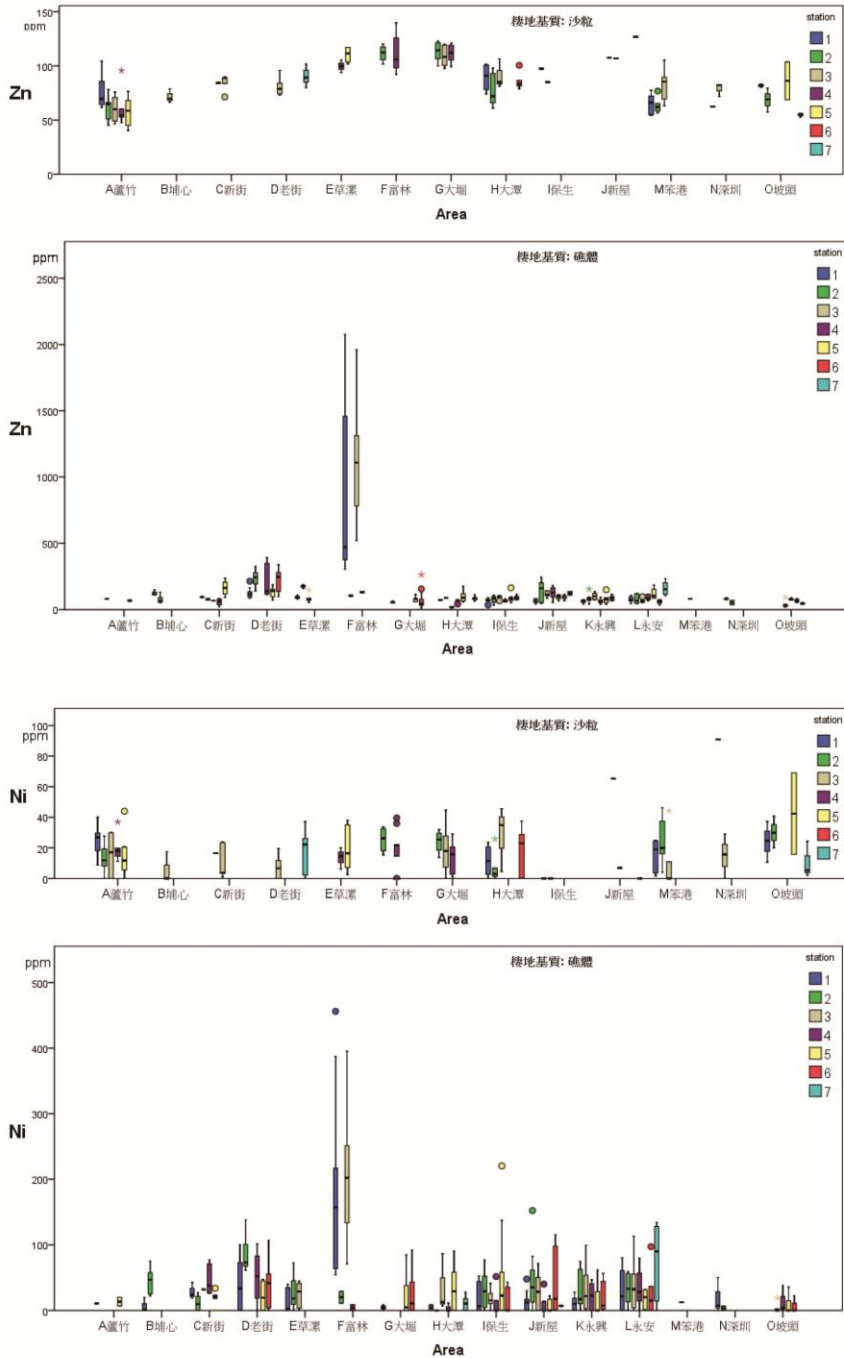


圖 9. 臺灣西北部藻礁海岸棲地基質區分為礁體及沙粒樣本之鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬含量盒形圖。
 Fig. 9. Boxplot of Zn, Ni, Cu, Mn, Fe, As, Pb, Mo contents in samplings divided into sand and reef coasts, northwest Taiwan.

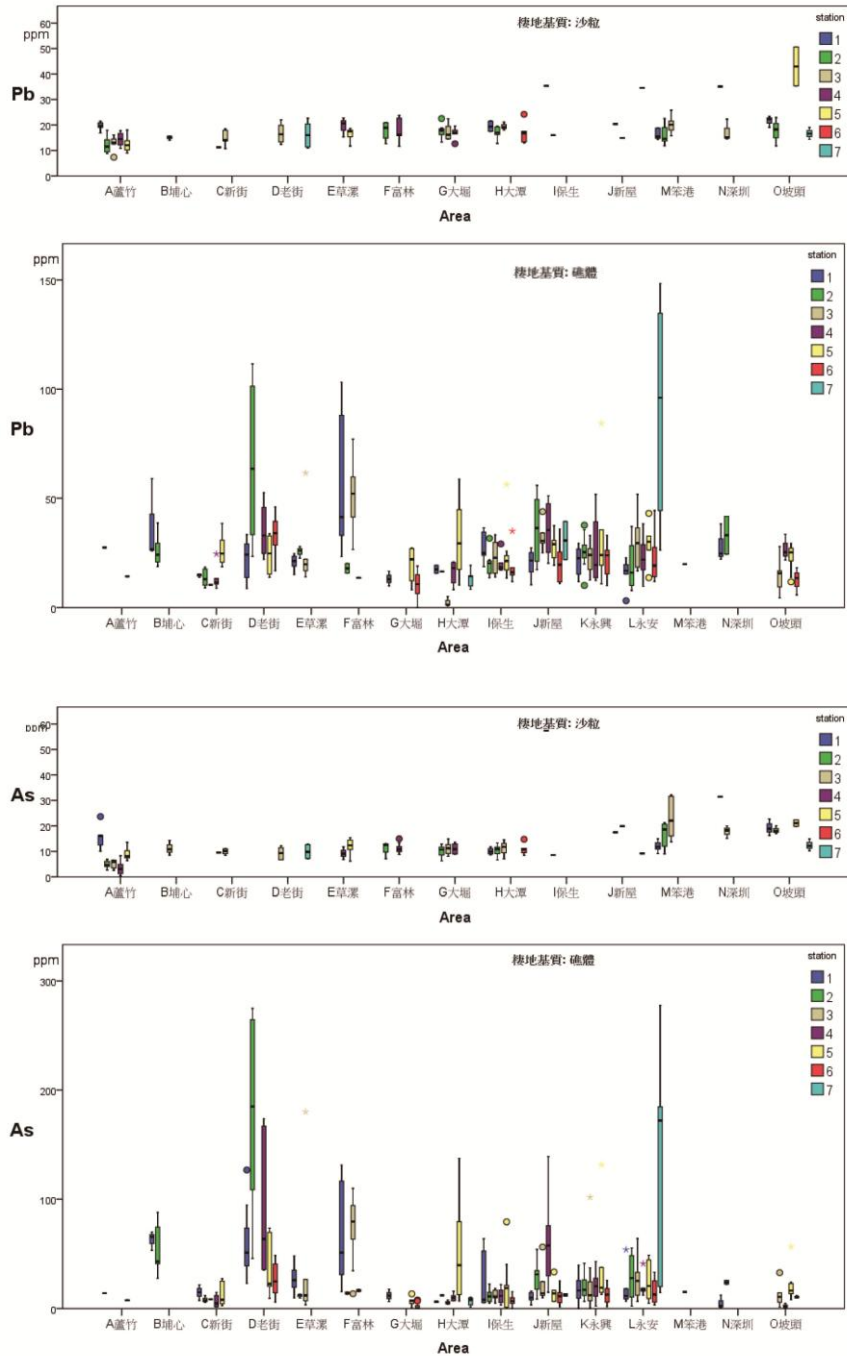


圖 9. (續) 臺灣西北部藻礁海岸棲地基質區分為礁體及沙粒樣本之鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬含量盒形圖。

Fig. 9. (continue) Boxplot of Zn, Ni, Cu, Mn, Fe, As, Pb, Mo contents in samplings divided into sand and reef coasts, northwest Taiwan.

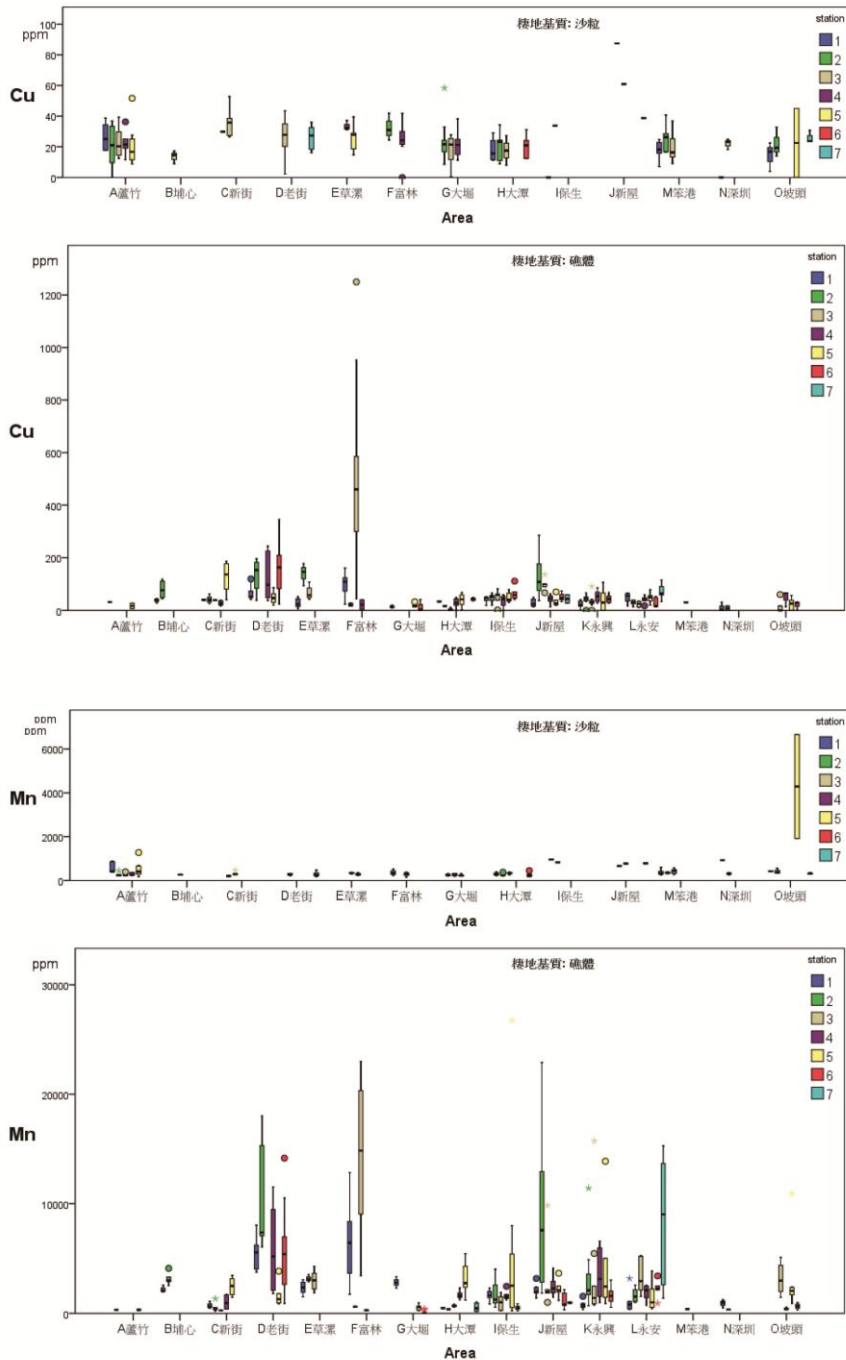


圖 9. (續) 臺灣西北部藻礁海岸棲地基質區分為礁體及沙粒樣本之鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬含量盒形圖。

Fig. 9. (continue) Boxplot of Zn, Ni, Cu, Mn, Fe, As, Pb, Mo contents in samplings divided into sand and reef coasts, northwest Taiwan.

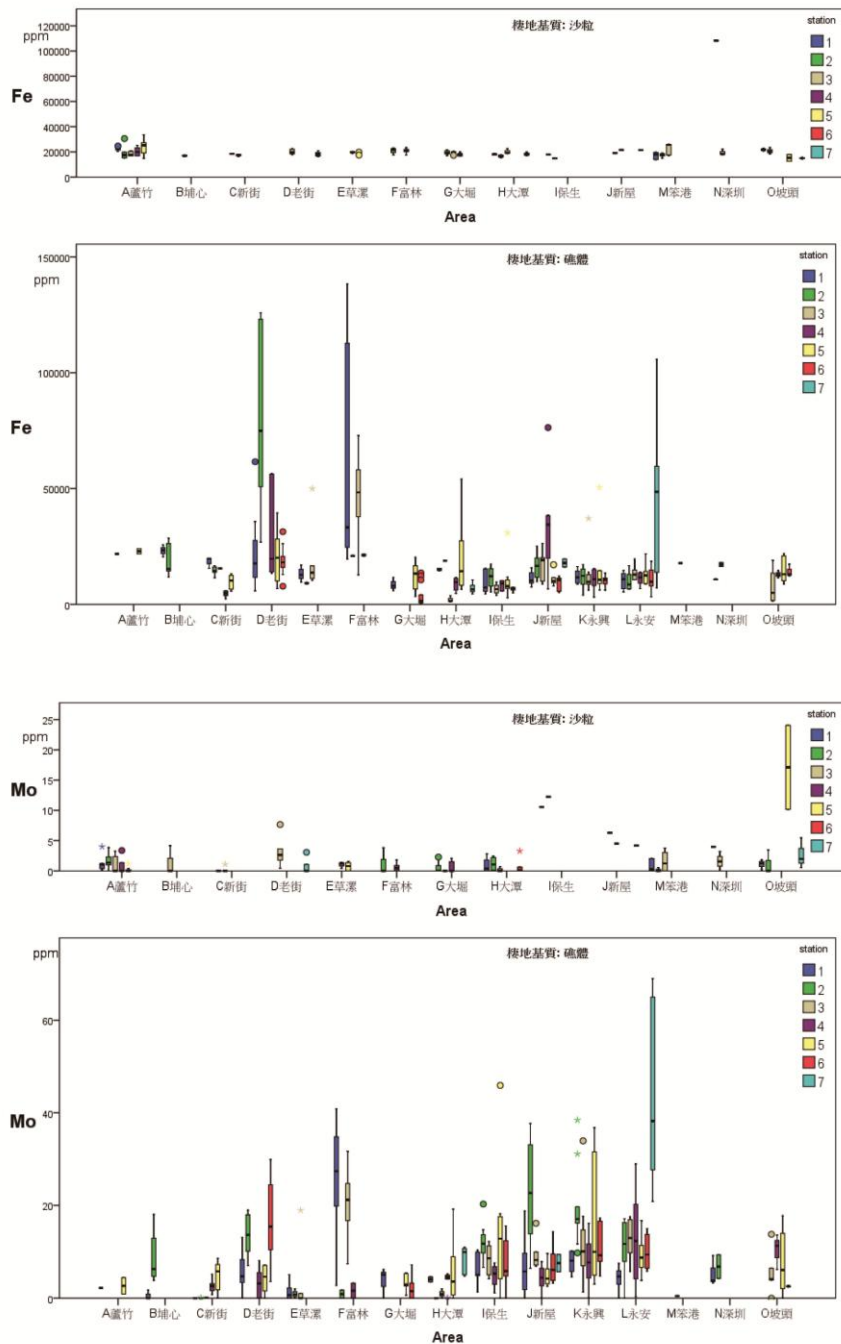


圖 9. (續) 臺灣西北部藻礁海岸棲地基質區分為礁體及沙粒樣本之鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、鉬含量盒形圖。

Fig. 9. (continue) Boxplot of Zn, Ni, Cu, Mn, Fe, As, Pb, Mo contents in samplings divided into sand and reef coasts, northwest Taiwan.

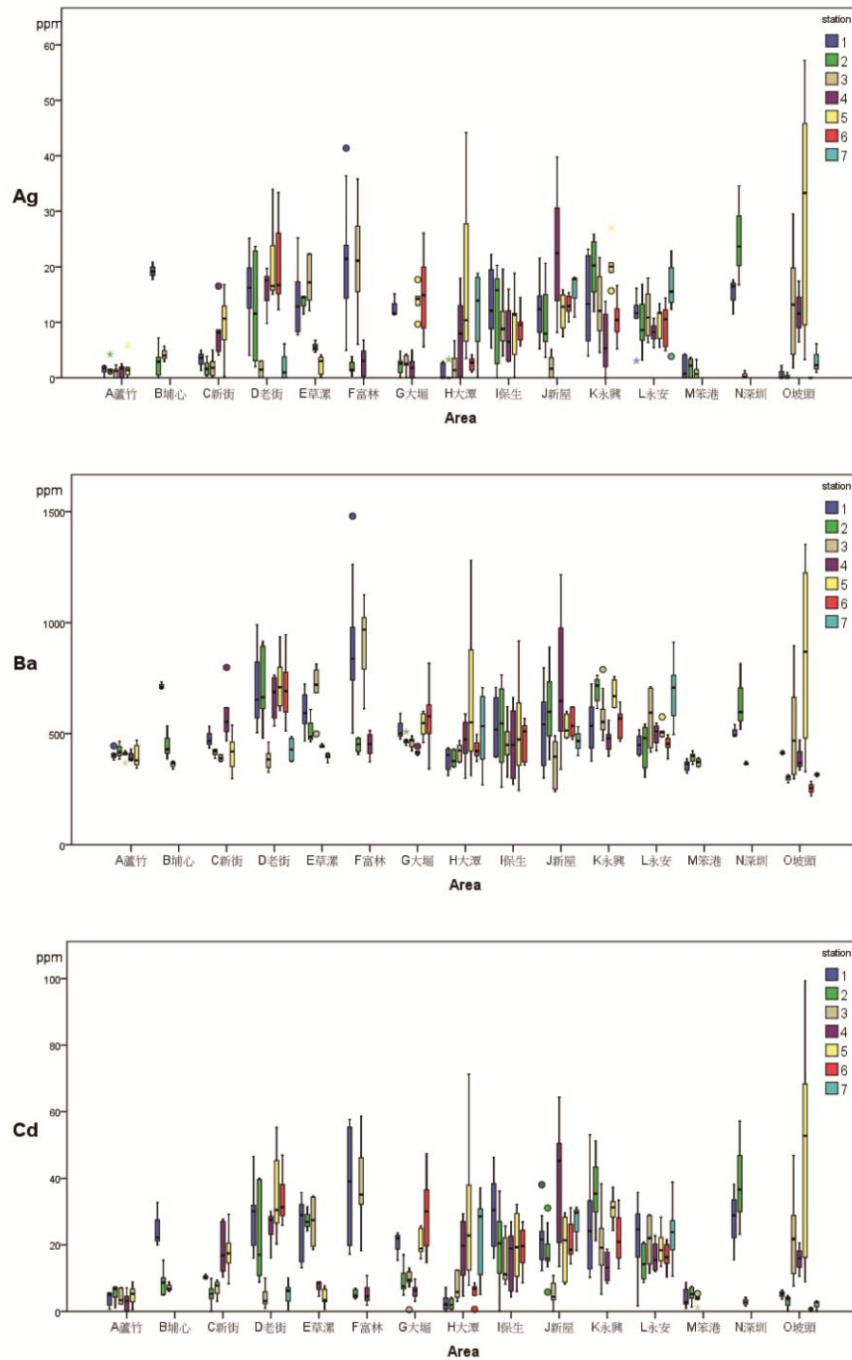


圖 10. 臺灣西北部藻礁海岸各採樣站之銀、鋇、鎘、鉍、鈹、銻、錫、碲含量變化盒形圖。

Fig. 10. Boxplot of Ag, Ba, Cd, Cs, Pd, Sb, Sn, Te, contents in sampling stations in algal reefs coast of northwest Taiwan.

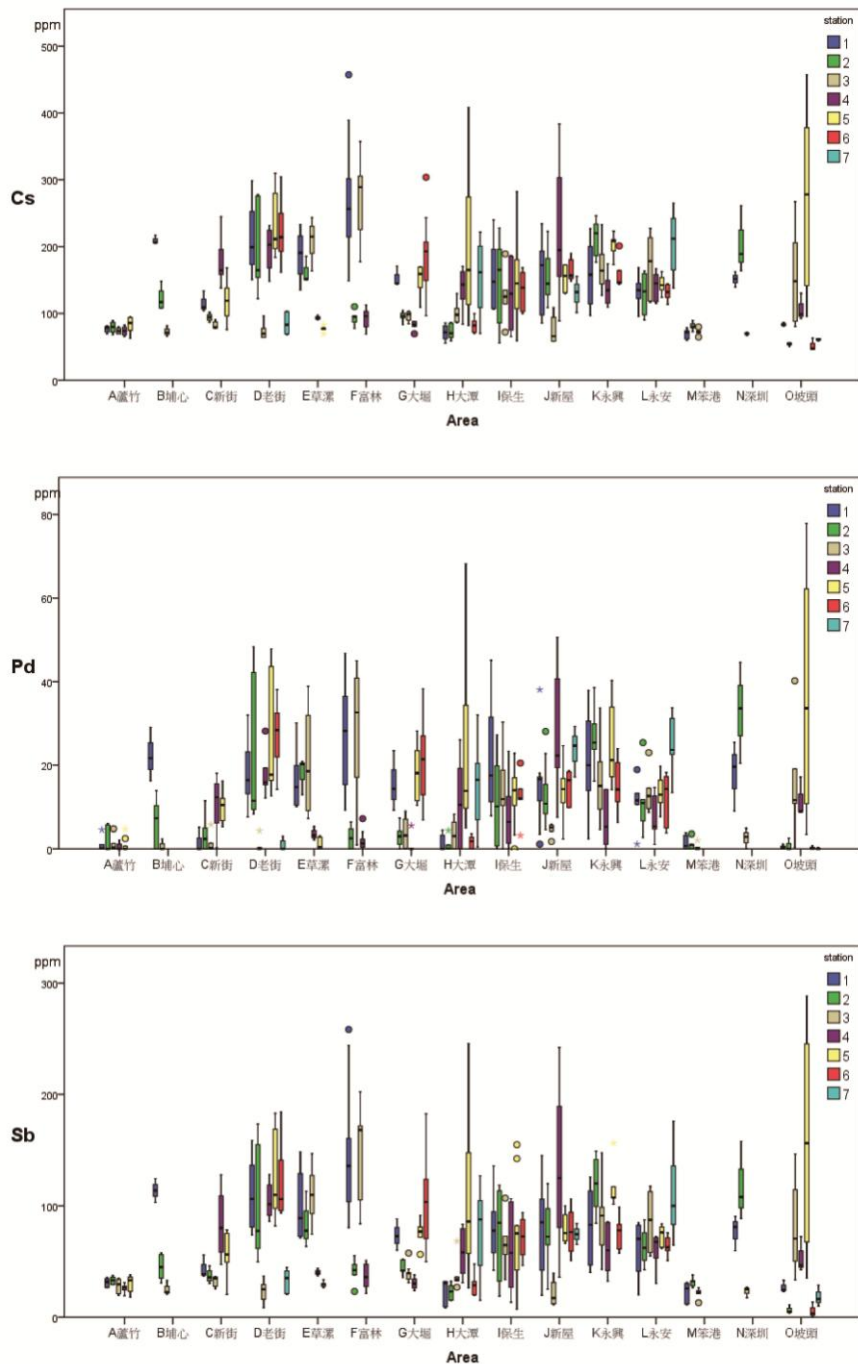


圖 10. (續) 臺灣西北部藻礁海岸各採樣站之銀、鋇、鎘、鉍、鈹、銻、錫、碲含量變化盒形圖。

Fig. 10. (continue) Boxplot of Ag, Ba, Cd, Cs, Pd, Sb, Sn, Te, contents in sampling stations in algal reefs coast of northwest Taiwan.

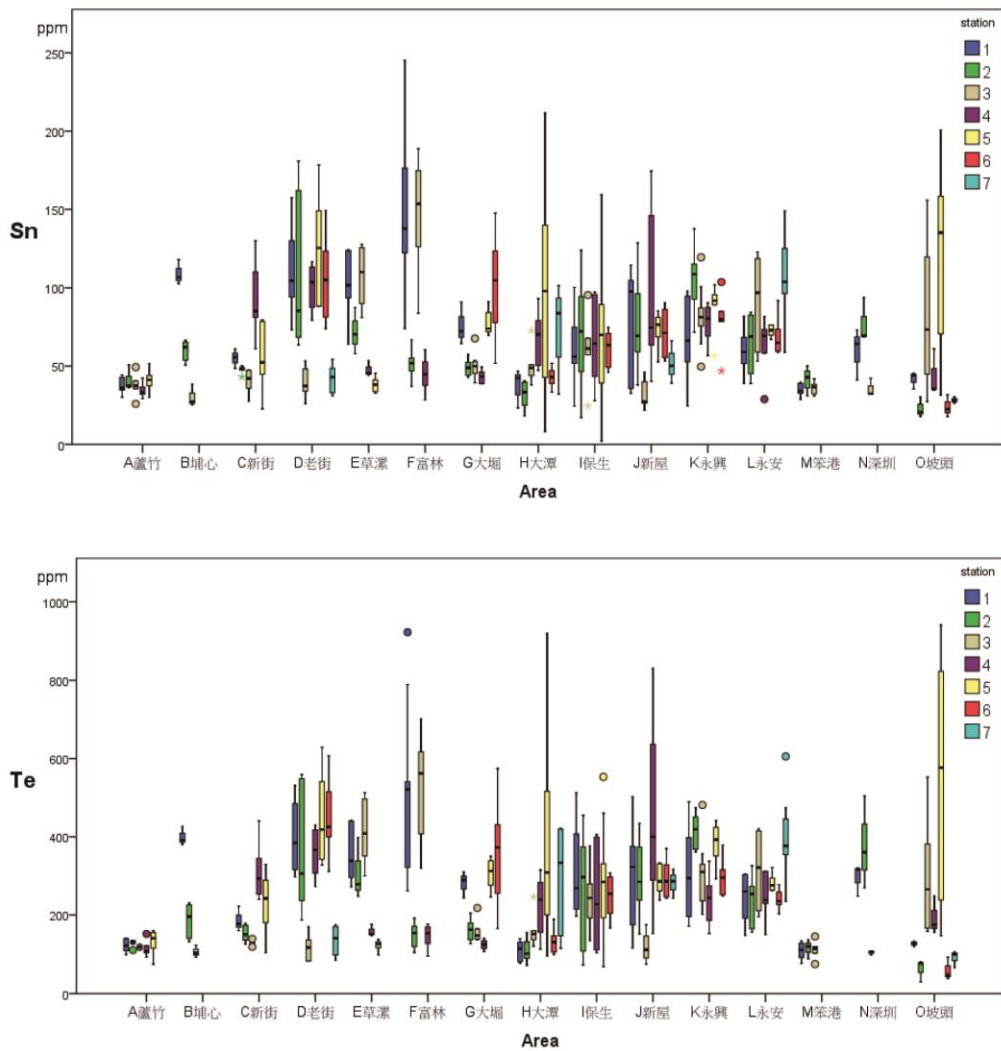


圖 10. (續) 臺灣西北部藻礁海岸各採樣站之銀、鋇、鎘、鉍、鈹、銻、錫、碲含量變化盒形圖。

Fig. 10. (continue) Boxplot of Ag, Ba, Cd, Cs, Pd, Sb, Sn, Te, contents in sampling stations in algal reefs coast of northwest Taiwan.

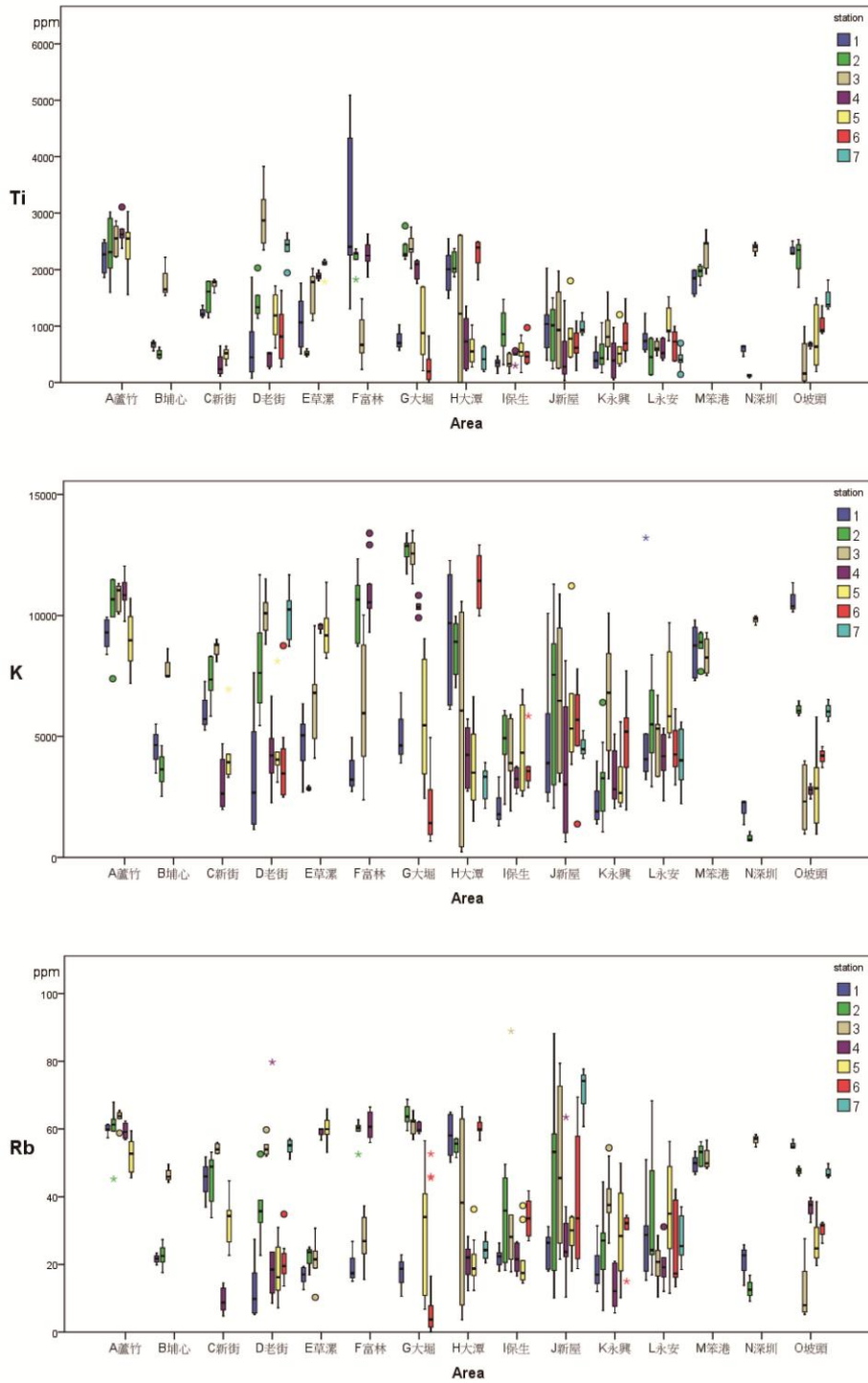


圖 11. 臺灣西北部藻礁海岸各採樣站之鈦、鉀、鉀含量變化盒形圖。

Fig. 11. Boxplot of Ti, K, Rb, contents in sampling stations in algal reefs coast of northwest Taiwan.

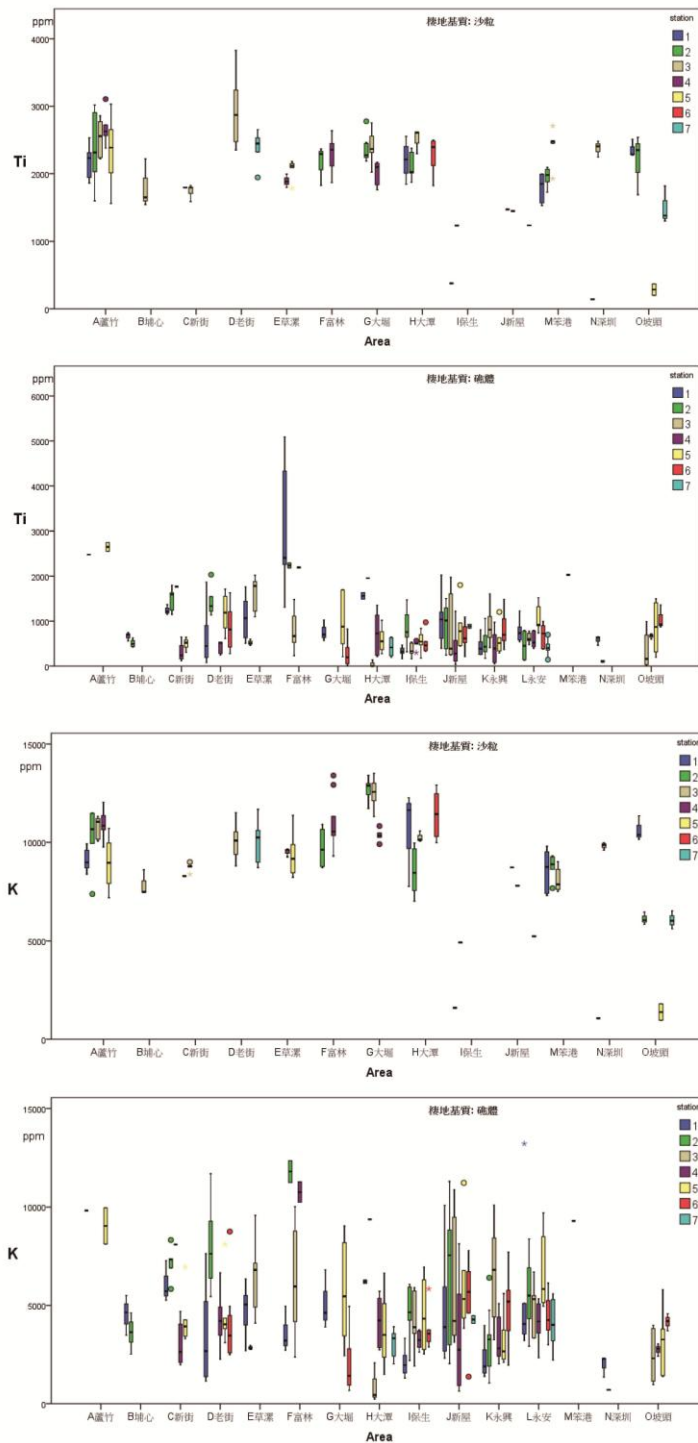


圖 12. 臺灣西北部藻礁海岸棲地基質區分為礁體及沙粒樣本之鈦、鉀含量盒形圖。

Fig. 12. Boxplot of Ti, K, contents in samplings divided into sand and reef coasts, northwest Taiwan.

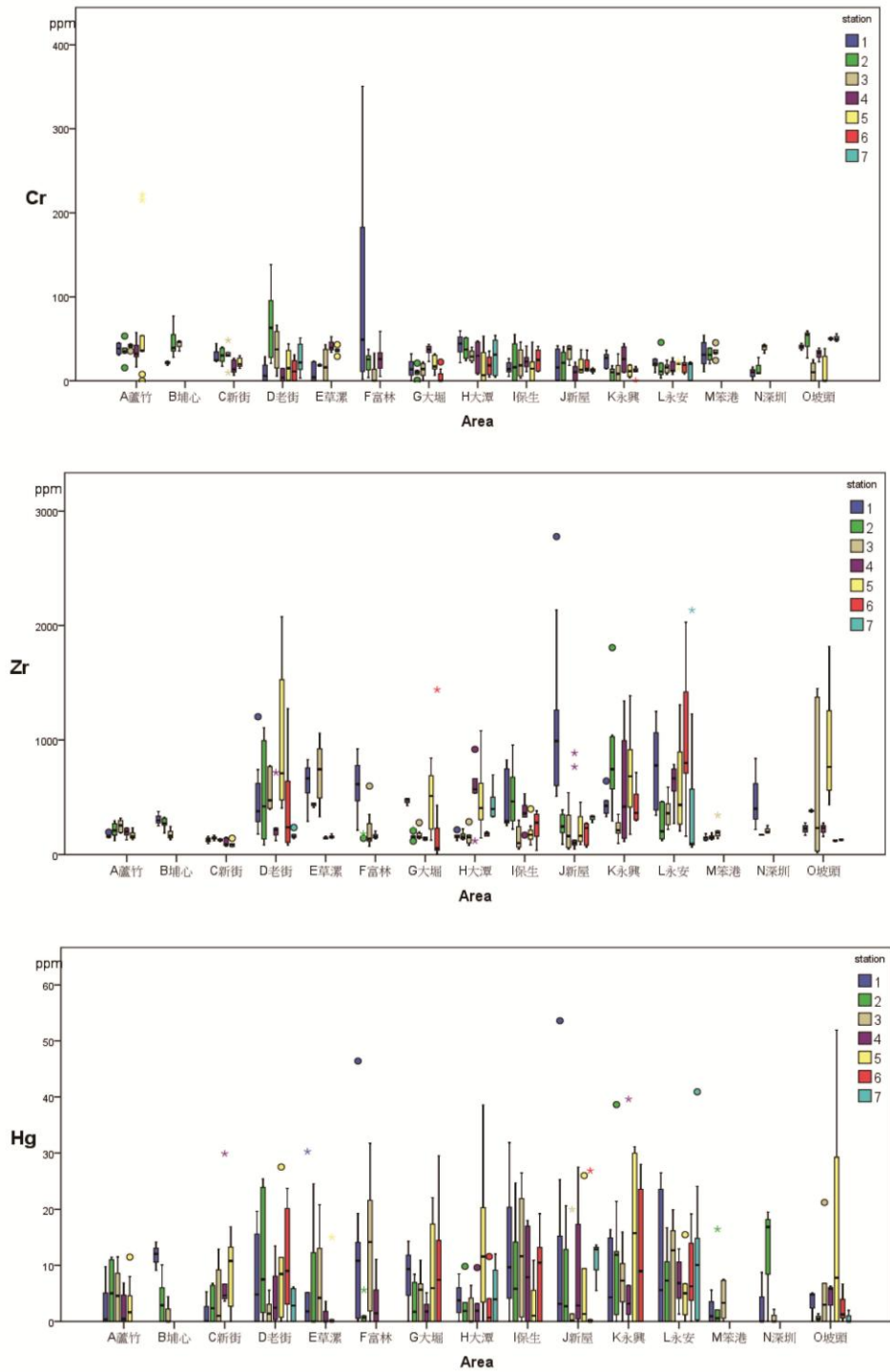


圖 13. 臺灣西北部藻礁海岸各採樣站之鉻、鋇、汞含量變化盒形圖。

Fig. 13. Boxplot of Cr, Zr, Hg contents in sampling stations in algal reefs coast of northwest Taiwan.

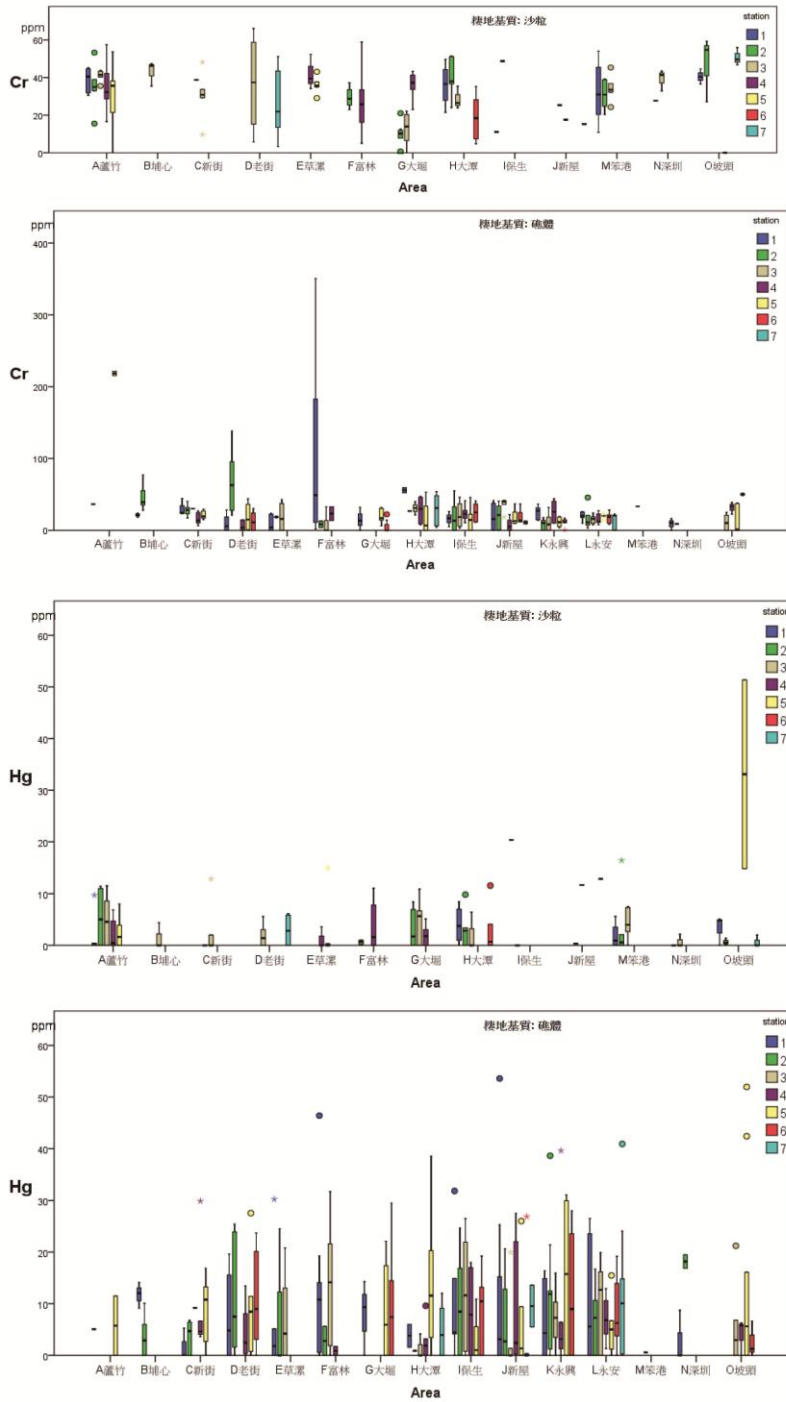


圖 14. 臺灣西北部藻礁海岸棲地基質區分為礁體及沙粒樣本之鉻、汞、鋯、鈾含量盒形圖。

Fig. 14. Boxplot of Cr,Hg, Zr, Th, contents in samplings divided into sand and reef coasts, northwest Taiwan.

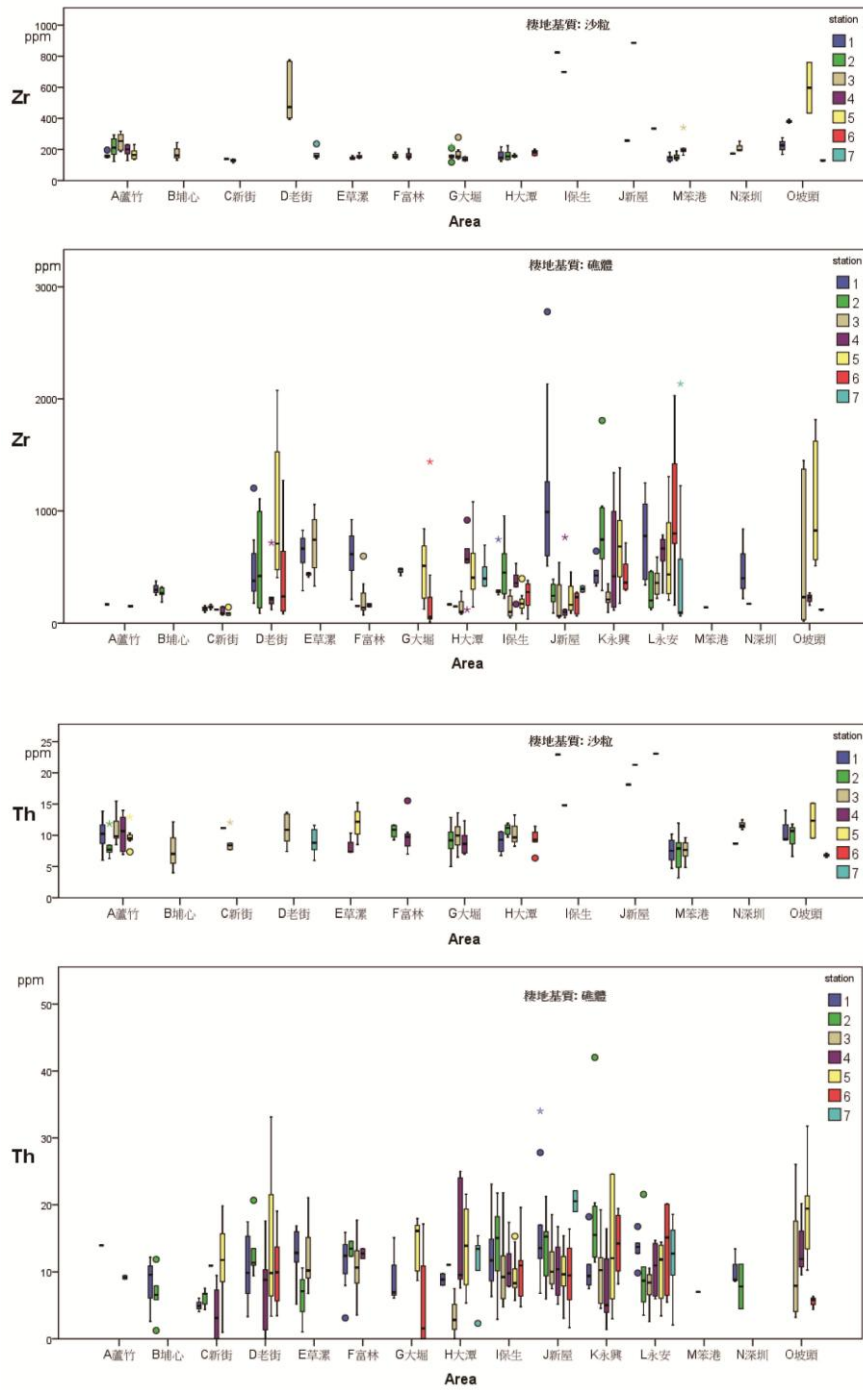


圖 14. (續) 臺灣西北部藻礁海岸棲地基質區分為礁體及沙粒樣本之銻、汞、鉛、鈦含量盒形圖。

Fig. 14. (continue) Boxplot of Cr, Hg, Zr, Th, contents in samplings divided into sand and reef coasts, northwest Taiwan.

《台灣生物多樣性研究》稿約

壹、一般說明

- 一、《台灣生物多樣性研究》為行政院農業委員會特有生物研究保育中心出版之學術期刊，歡迎國內外學者發表有關生物多樣性或自然保育之學術論文，但以未曾在其他刊物發表之原創研究為限。
- 二、本刊為網路期刊，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.