

# 新竹市濱海野生動物保護區土壤重金屬含量分析

## Heavy Metal Contents in Soil in Hsinchu City Coastal Wildlife Refuge

劉靜榆\*

Ching-Yu Liou\*

行政院農委會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集镇民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

\* 通訊作者：lcy@tesri.gov.tw

\* Corresponding author: lcy@tesri.gov.tw

### 摘 要

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

## Abstract

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

**關鍵詞：**新竹市濱海野生動物保護區、重金屬含量、土壤、紅樹林

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

收件日期：2015 年 01 月 15 日

接受日期：2015 年 07 月 24 日

Received: January 15, 2015

Accepted: July 24, 2015

## 前 言

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

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

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

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

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

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

除棲地消失或改變外,工業廢水也影響海

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

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

## 材料與方法

### 一、樣站設置及樣本採集

採樣工作於 2012-2013 年夏、秋季進行,

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

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

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

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

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

## 二、土壤樣本處理及重金屬檢測

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

## 三、資料整理與多變數分析

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

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

## 四、重金屬濃度在時間與空間分布現象

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

## 結 果

### 一、敘述統計及各元素最大值樣站描述

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

檢視敘述統計表中各元素資料，濃度偏高

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

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

## 二、重金屬元素間之相關性

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

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

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

## 三、以多變數分析探討重金屬元素之

### (一) 主成分分析

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

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



桃園偏高的現象，在新竹並未出現。

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

## 五、紅樹林移除方式與時間對土壤中重金屬含量之影響

### (一) 海山罟以人力進行紅樹林移除

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

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

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

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

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

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

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

### (二) 美山海岸以機械方式進行紅樹林移除

另一項移除計畫為 2013 年 9-10 月進行，

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

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

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

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

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

### (三) 客雅水資源回收中心外圍紅樹林較早的移除區

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

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

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

外，平均值遠低於上述兩區(圖 6)。

## 結 論

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

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

鉛、鋅、銅、鐵、錳等元素濃度仍遠高於曾文溪口。

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

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

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

## 參考文獻

尤少彬、張文亮。2009。新竹市客雅水資源回

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

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

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

University of Nairobi. Thesis.

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

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

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

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

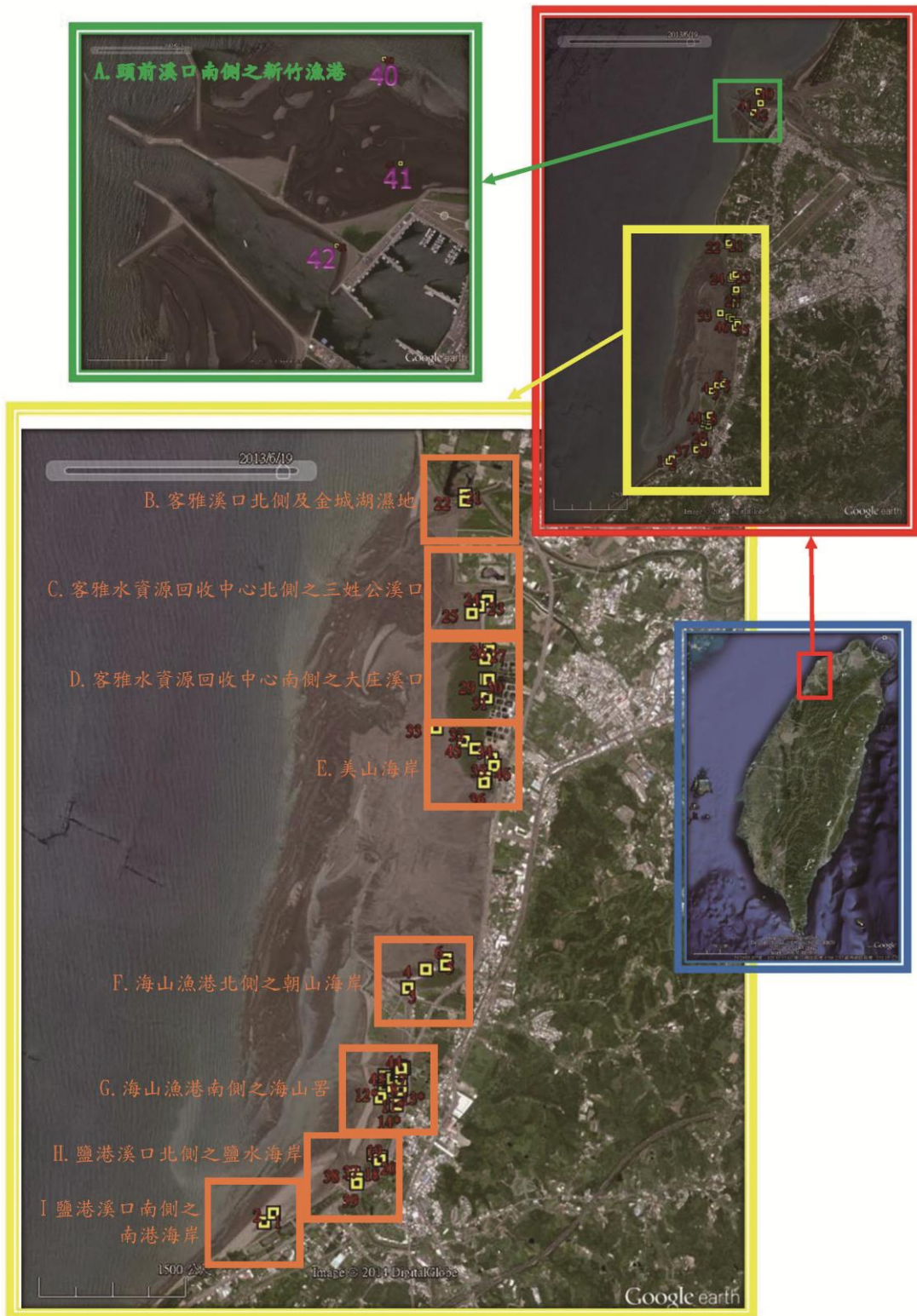




圖 1. 臺灣西北海岸新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 46 個採樣站位置。

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

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

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



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

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

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

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

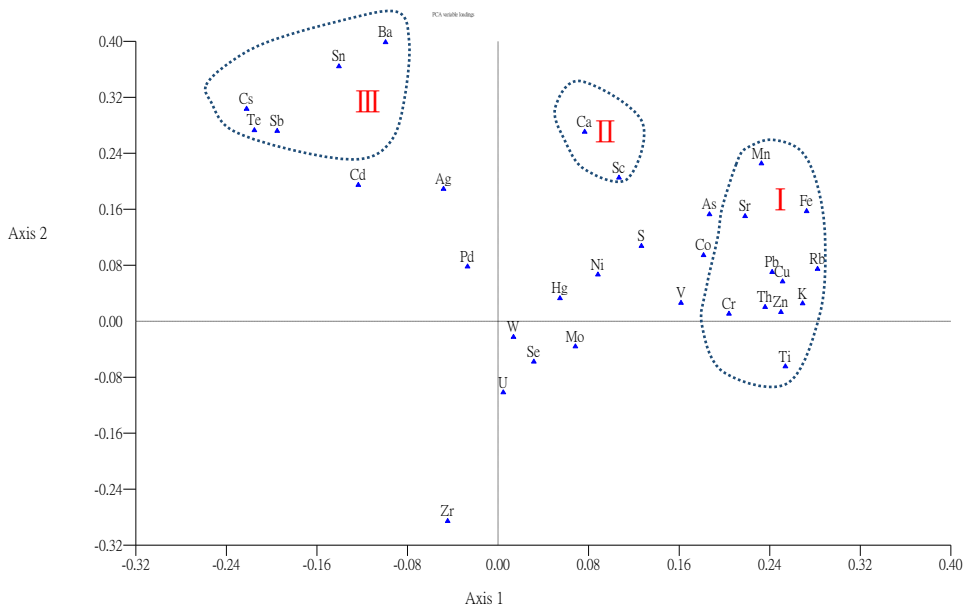


圖 2. 新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 279 筆樣本資料中 32 項重金屬元素在 PCA 軸之分布序列，2012-2013 年。

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

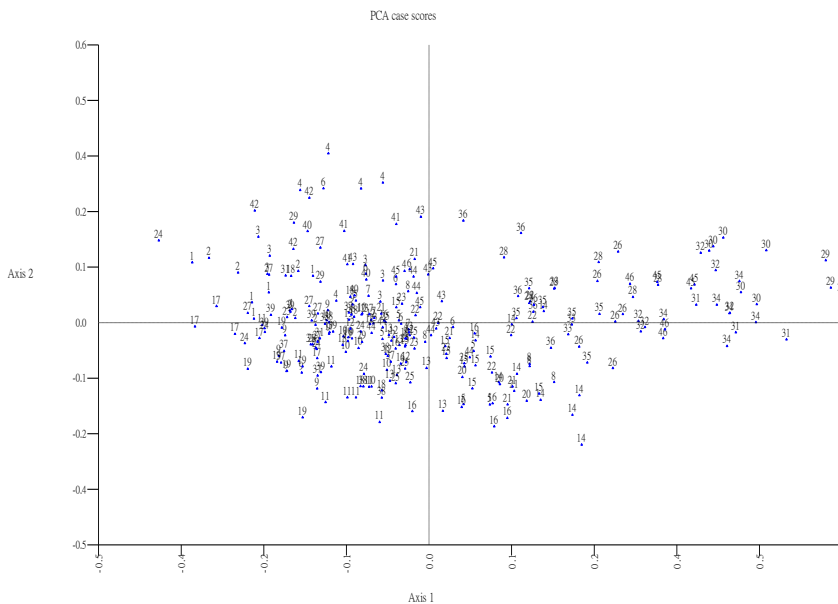


圖 3. 新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 279 筆樣本資料對應 46 樣站在 PCA 軸之分布序列，2012-2013 年。

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

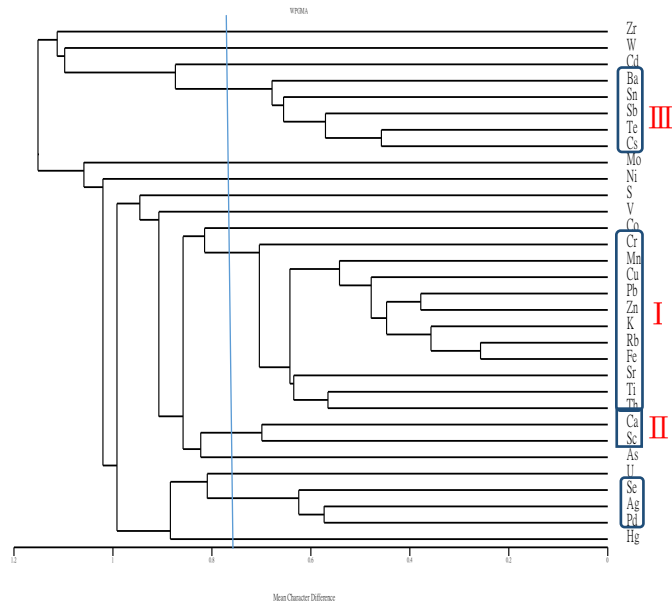


圖 4. 新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口之 279 筆樣本資料中 32 項重金屬元素之相異性係數以加權配對聯結法繪出層級系統樹狀圖，2012-2013 年。

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

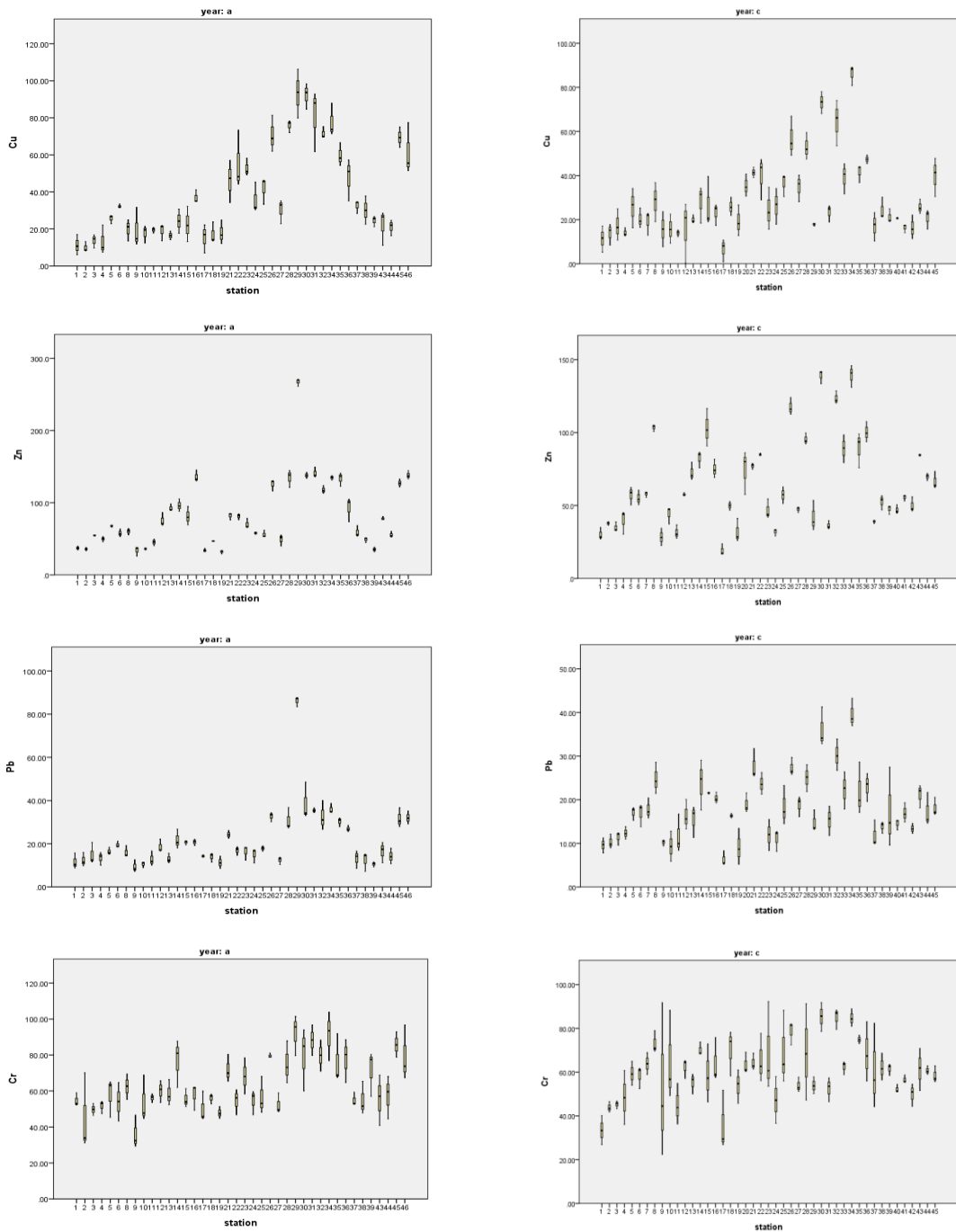


圖 5. 新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口 16 種重金屬含量於 2012 及 2013 年間在 46 樣站變化之盒形圖。

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

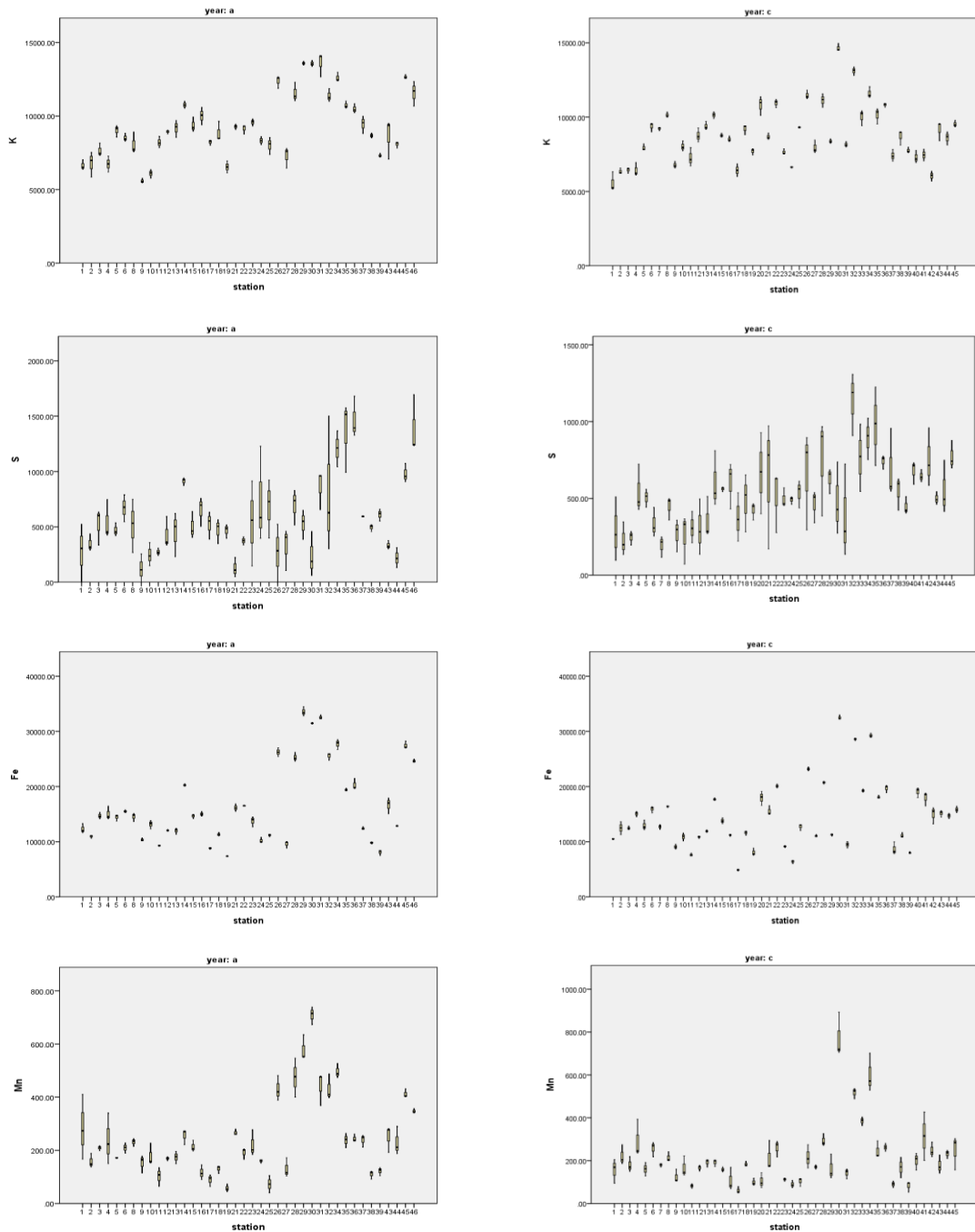


圖 5. (續)新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口 16 種重金屬含量於 2012 及 2013 年間在 46 樣站變化之盒形圖。

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

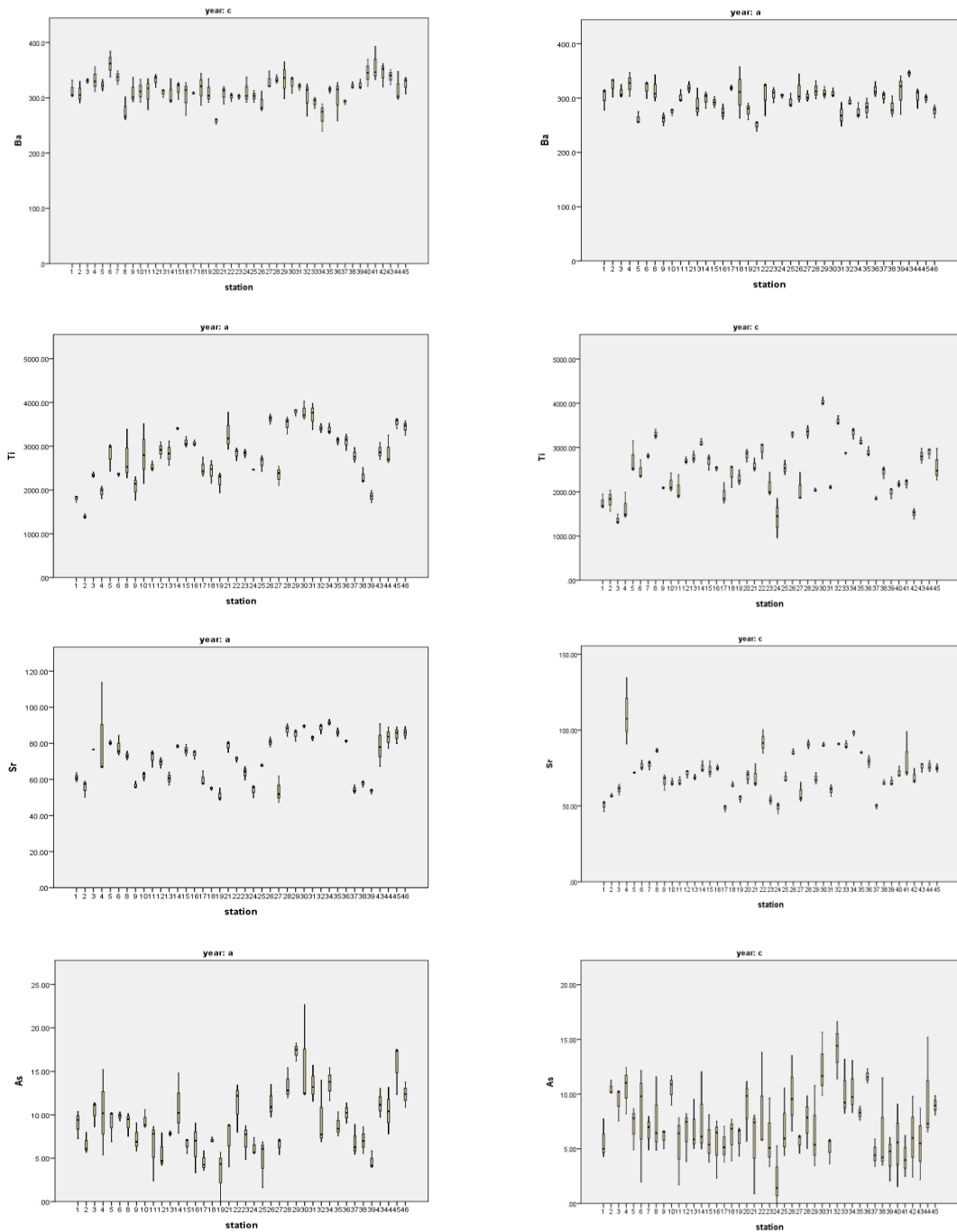


圖 5. (續)新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口 16 種重金屬含量於 2012 及 2013 年間在 46 樣站變化之盒形圖。

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

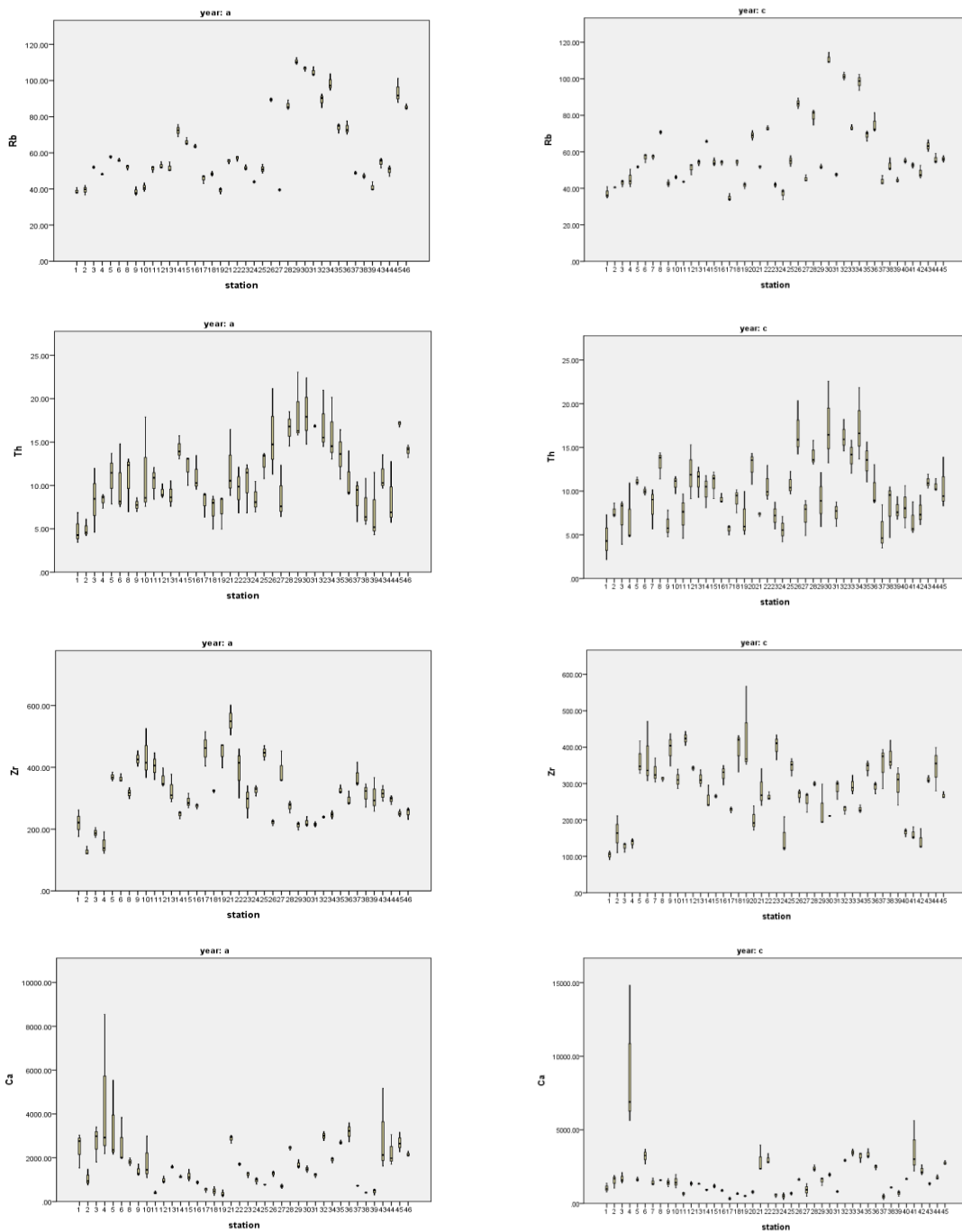


圖 5. (續)新竹市濱海野生動物保護區及頭前溪口 16 種重金屬含量於 2012 及 2013 年間在 46 樣站變化之盒形圖。

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

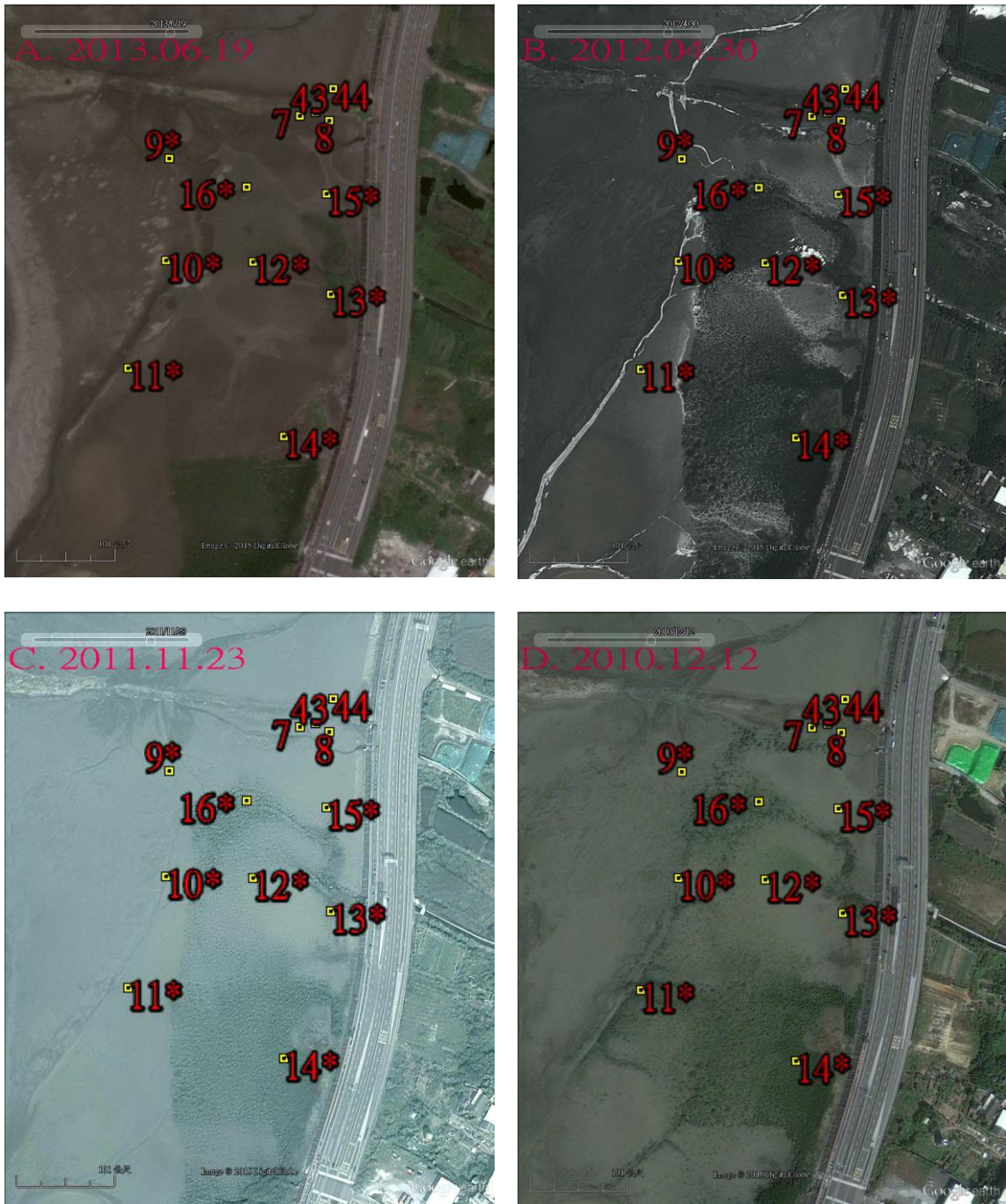


圖 6. 於 2010-2013 年間海山罌樣站以人力進行紅樹林清除範圍之衛星圖(A. 2013 年 11 月 17 日，B. 2012 年 4 月 30 日，C. 2011 年 11 月 23 日，D. 2010 年 12 月 12 日)。

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

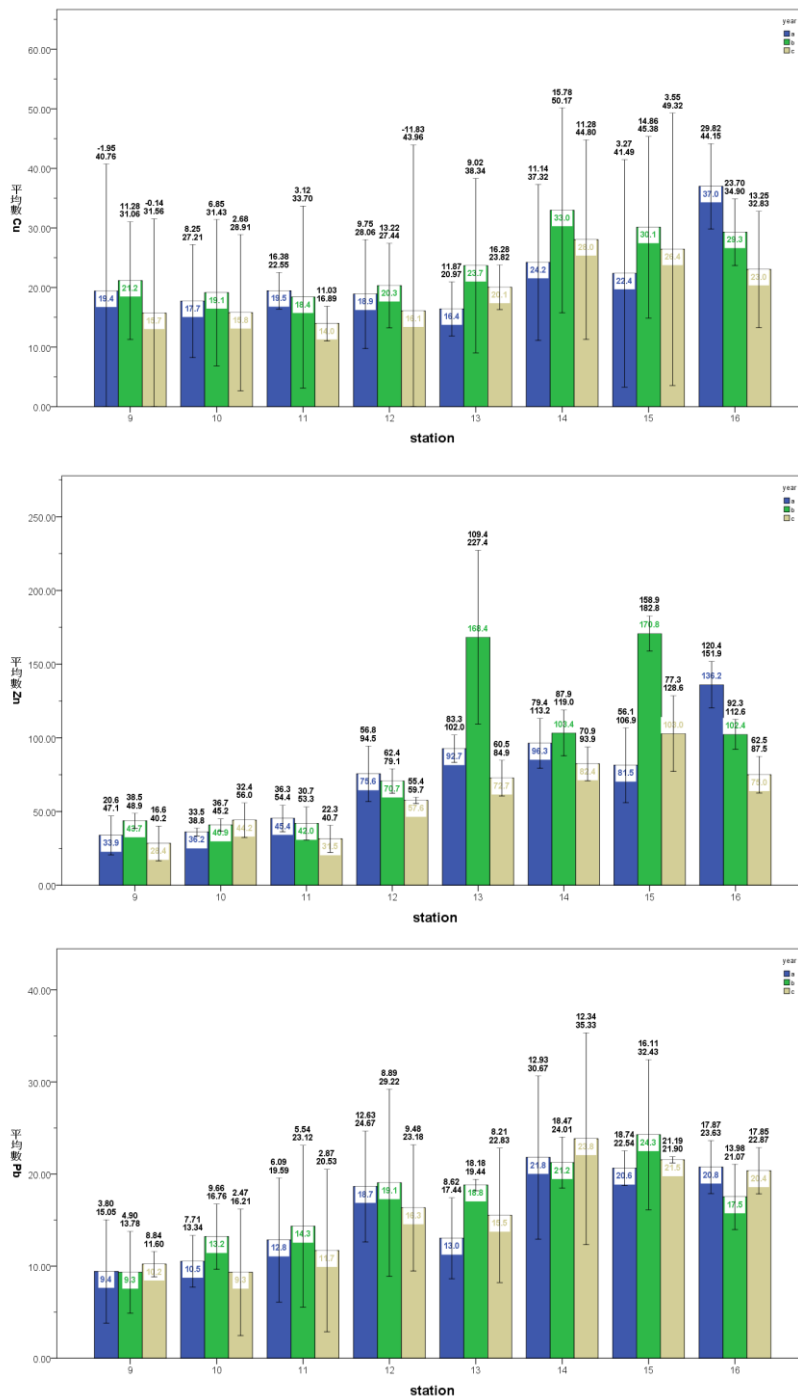


圖 7. 海山罌樣站 12 種重金屬含量於 2012 年紅樹林清除前後及 2013 年間變化之長方圖。

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

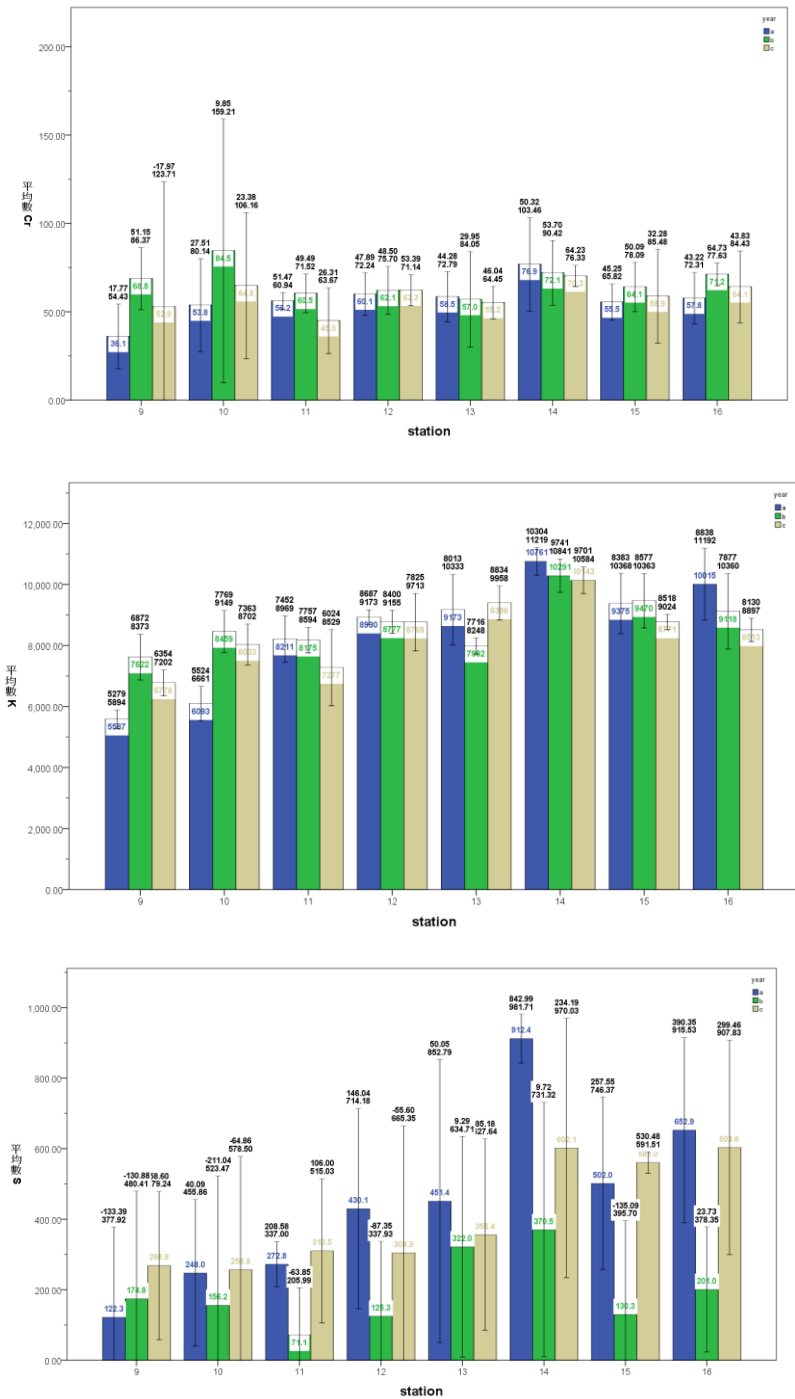


圖 7. (續)海山罟樣站 12 種重金屬含量於 2012 年紅樹林清除前後及 2013 年間變化之長方圖。

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

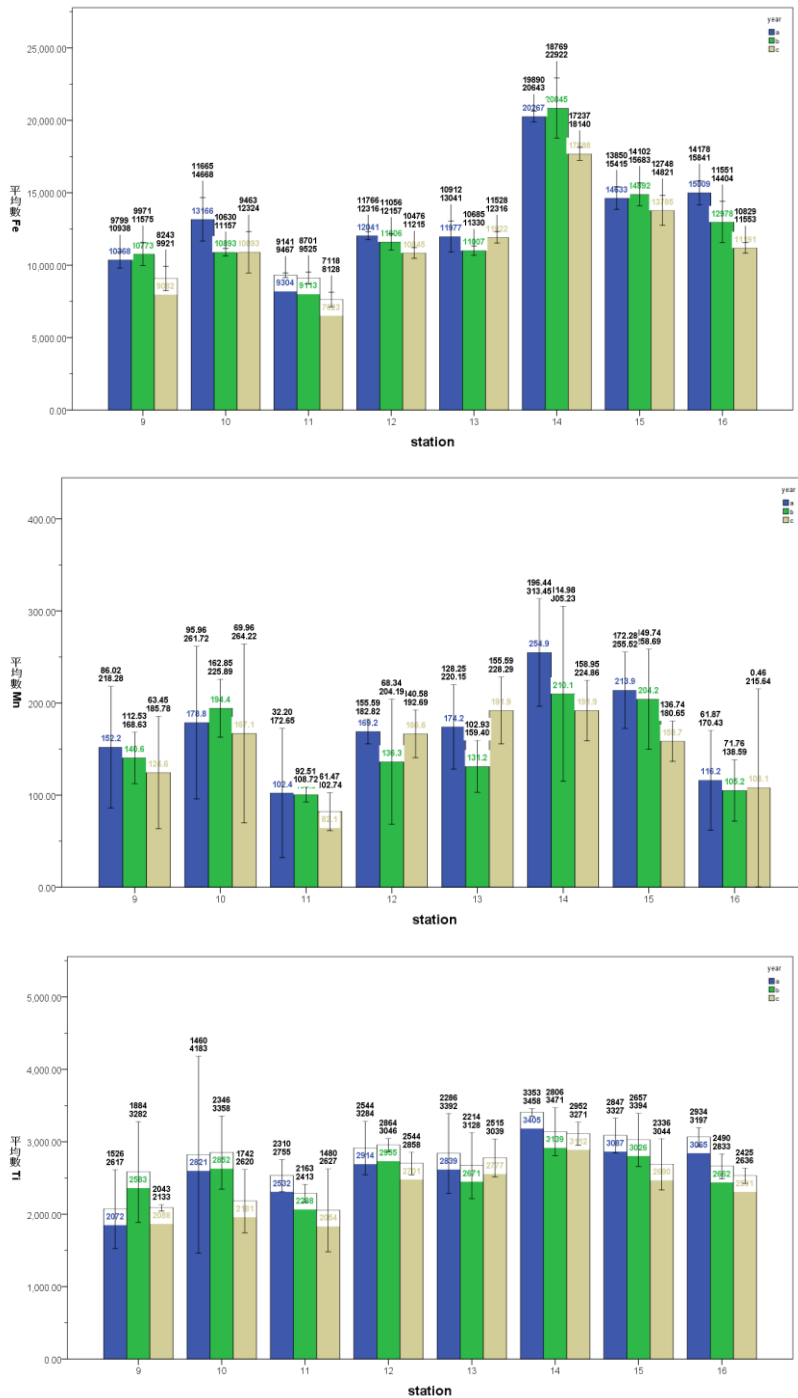


圖 7. (續)海山罟樣站 12 種重金屬含量於 2012 年紅樹林清除前後及 2013 年間變化之長方圖。

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

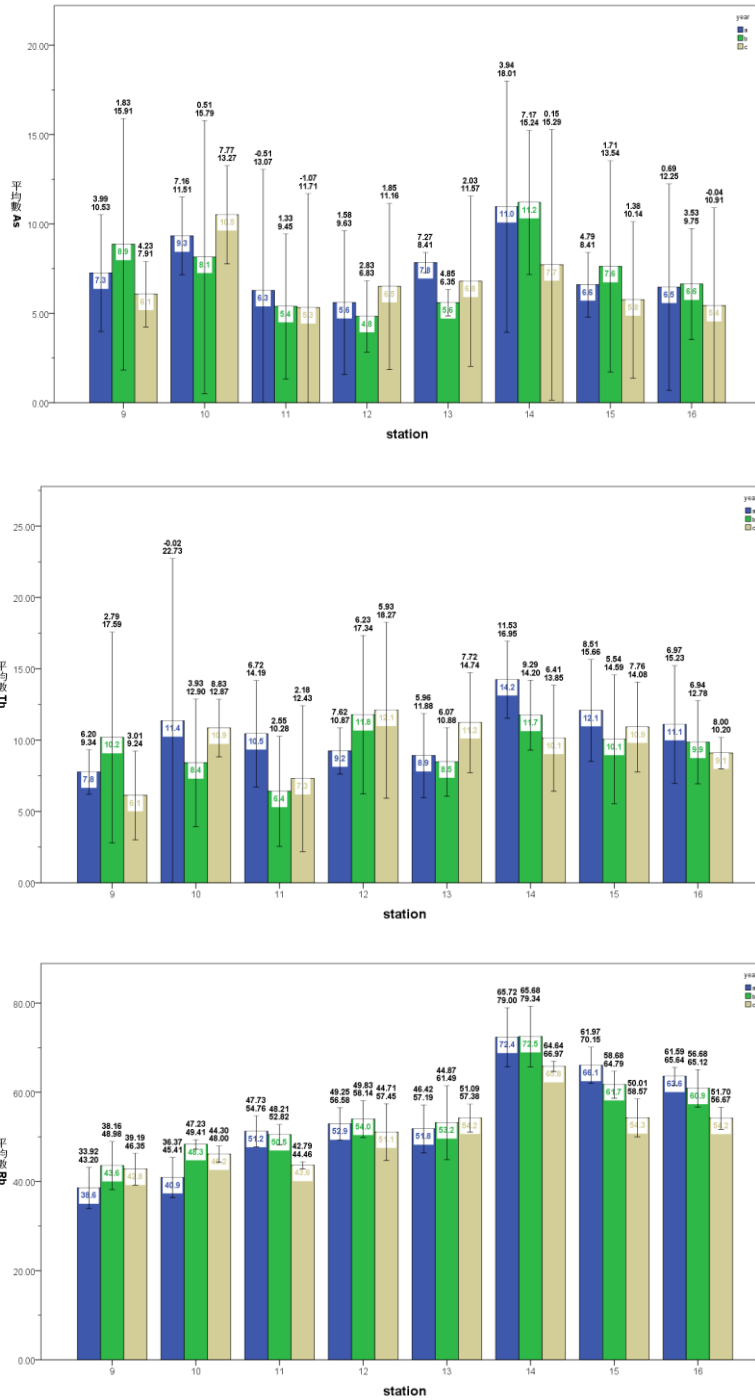


圖 7. (續)海山罟樣站 12 種重金屬含量於 2012 年紅樹林清除前後及 2013 年間變化之長方圖。

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

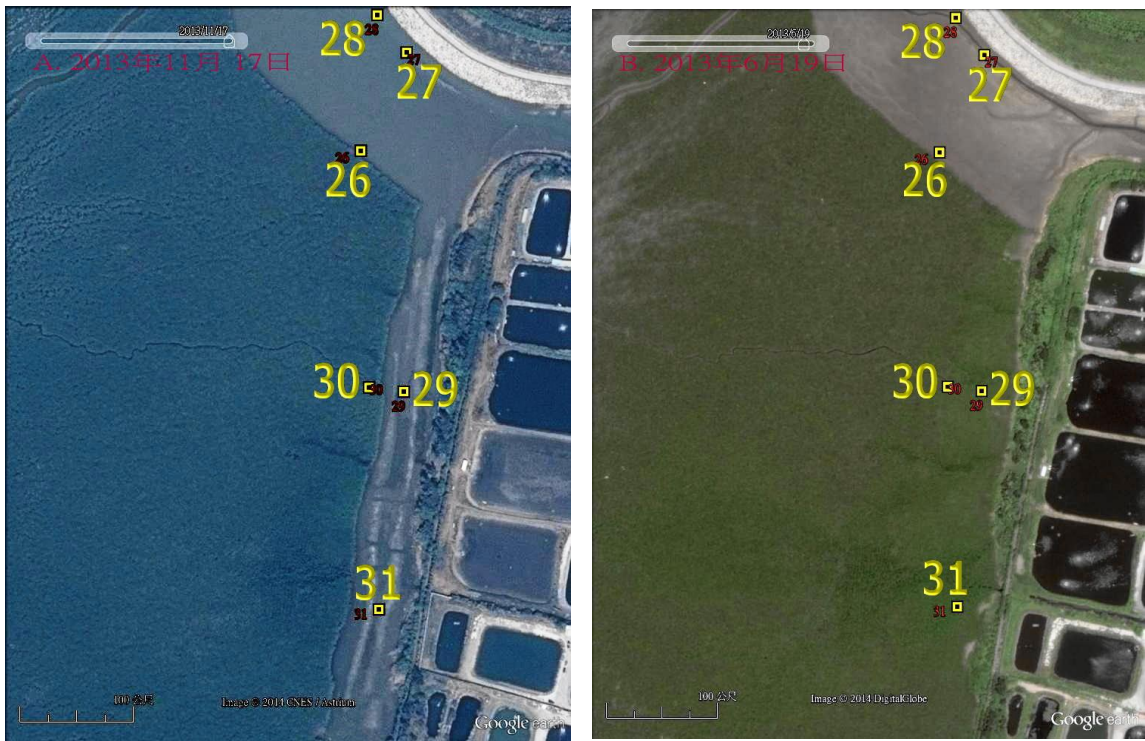


圖 8. 於 2013 年大庄溪口樣站以機械方式進行紅樹林清除之衛星圖 (A. 2013 年 11 月 17 日·B. 2013 年 6 月 19 日)。

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

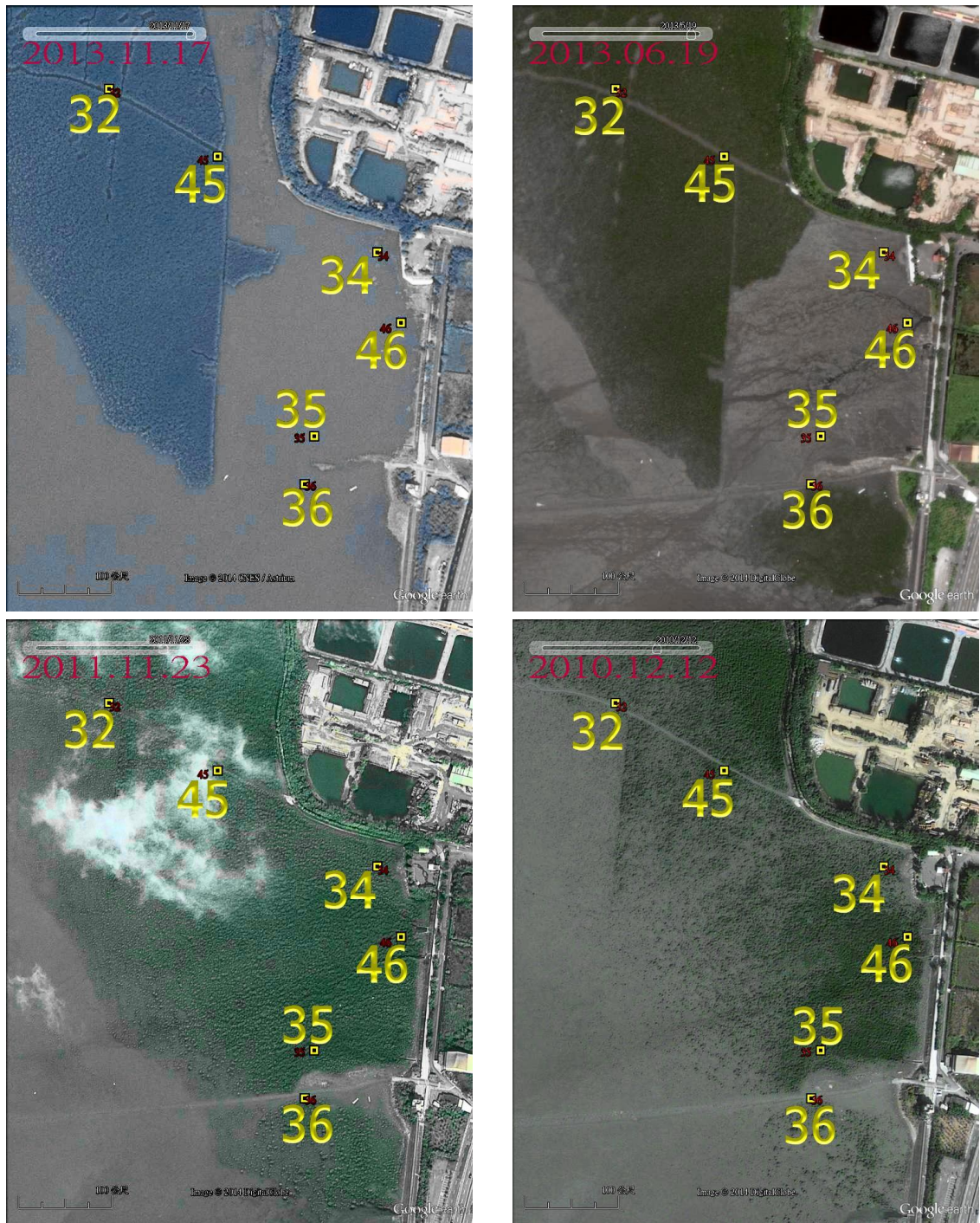


圖 9. 美山海岸樣站之紅樹林清除於 2010-2013 年間衛星圖(A. 2013 年 11 月 17 日，B. 2013 年 6 月 19 日，C. 2011 年 11 月 23 日，D. 2010 年 12 月 12 日)。

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

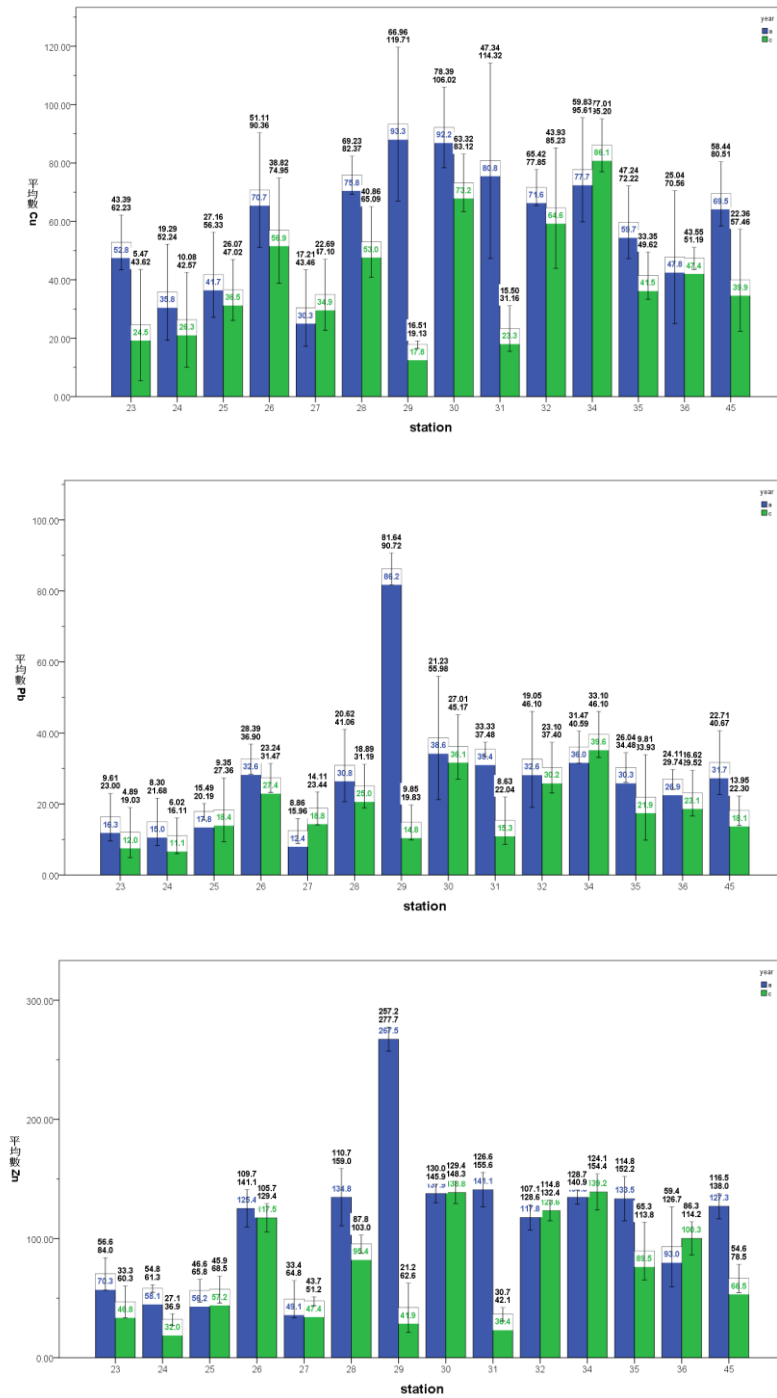


圖 10. 大庄溪口、三姓溪口與美山海岸樣站 12 種重金屬含量於 2012 年及 2013 年間變化之長方圖。  
 Fig.10. Histogram of 12 heavy metal contents at sampling stations in the periphery of Tachuang estuary, Sanxing estuary and Maeshan coastal area between 2012 and 2013.

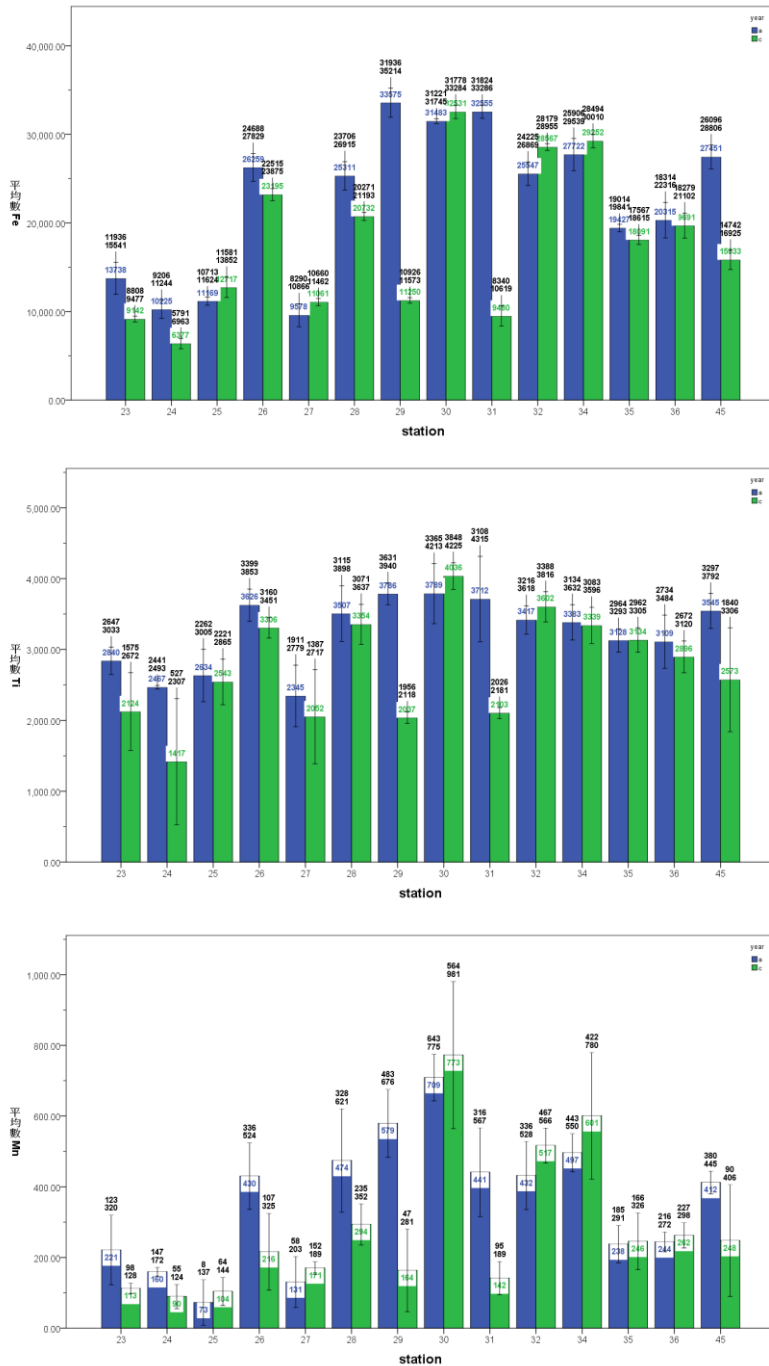


圖 10. (續)大庄溪口、三姓溪口與美山海岸樣站 12 種重金屬含量於 2012 年及 2013 年間變化之長方圖。

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

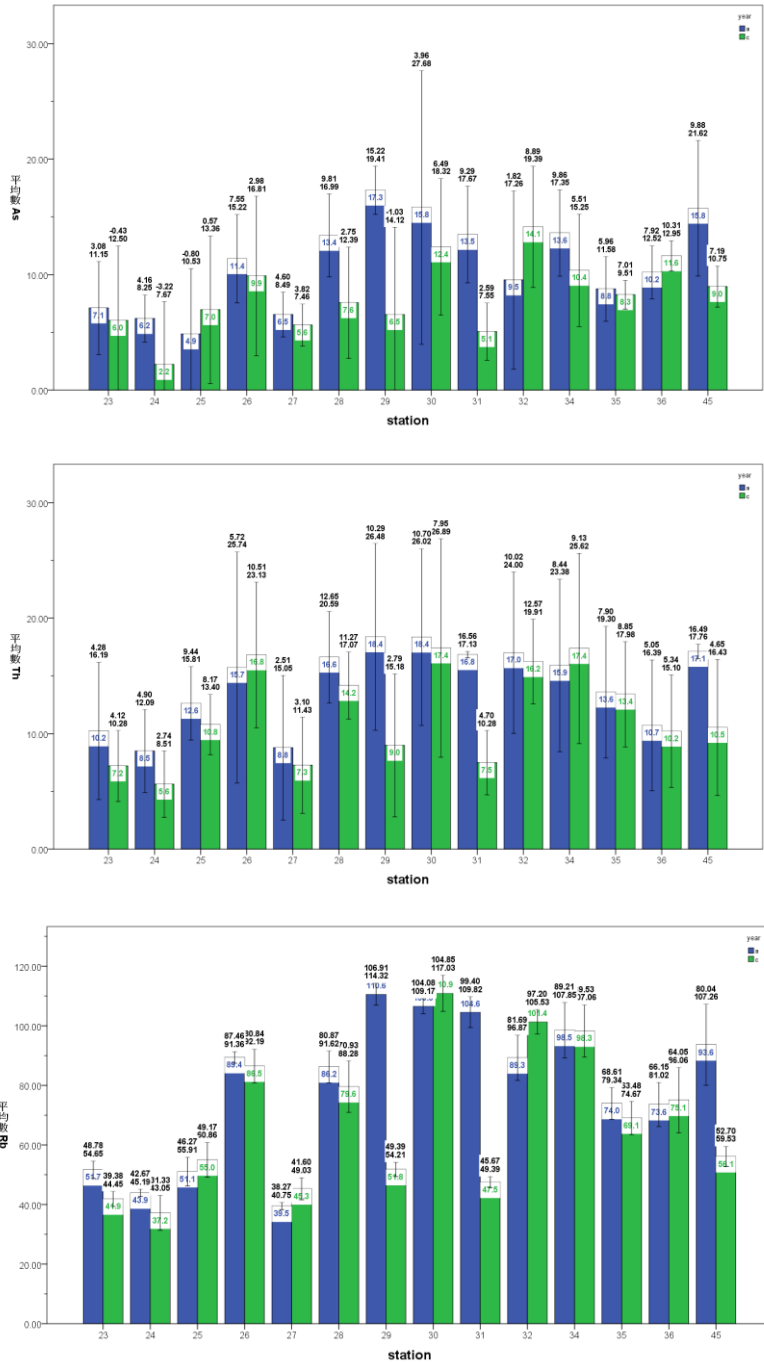


圖 10. (續)大庄溪口、三姓溪口與美山海岸樣站 12 種重金屬含量於 2012 年及 2013 年間變化之長方圖。

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

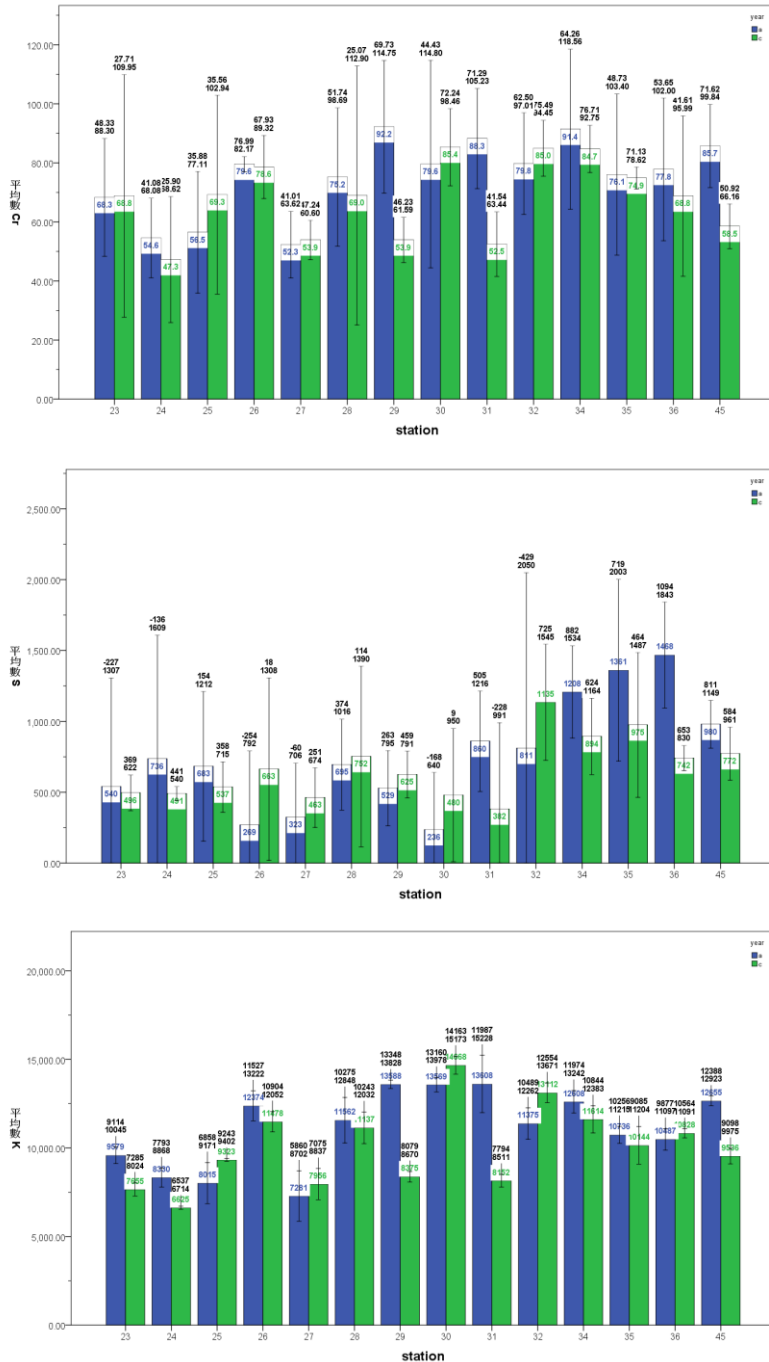


圖 10. (續)大庄溪口、三姓溪口與美山海岸樣站 12 種重金屬含量於 2012 年及 2013 年間變化之長方圖。

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

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

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

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

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

| station | Mo   | Zr            | Sr            | Rb            | Th           | Pb           | As           | Hg           | Zn            | W            | Cu            | Ni     | Co            | Fe              | Mn            | Cr            | V             | Ti             | Sc           | Ca              | K               | S        | Ba      | Cs     | Te            | Sb           | Sn           | U           | Se          | Cd          | Ag   | Pd   |      |
|---------|------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|----------|---------|--------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------|------|------|
| 1       | 1.86 | 261.69        | 63.76         | 40.87         | 7.27         | 15.69        | 10.36        | 5.23         | 39.63         | 36.93        | 17.08         | 30.86  | 76.27         | 1326.24         | 410.02        | 58.92         | 46.89         | 1947.03        | 6.08         | 3033.31         | 7024.94         | 524.12   | 332.08  | 60.32  | <b>112.25</b> | 28.28        | 35.84        | 0.02        | 0.43        | 4.25        | 0.63 | 1.15 |      |
| 2       | 3.10 | 211.68        | 59.01         | 41.86         | 8.63         | 15.97        | 11.29        | 5.87         | 38.95         | 43.88        | 17.73         | 16.30  | 71.79         | 13630.02        | 274.00        | 70.12         | 47.61         | 2400.17        | 7.32         | 1897.82         | 7534.03         | 433.65   | 334.24  | 62.97  | 98.07         | 20.49        | 35.07        | 0.00        | 0.00        | 4.75        | 1.14 | 2.39 |      |
| 3       | 1.73 | 205.42        | 76.75         | 58.21         | 11.98        | 20.63        | 11.38        | 12.66        | 55.49         | 33.76        | 24.91         | 30.99  | 78.00         | 15305.59        | 218.60        | 53.03         | 45.03         | 2406.84        | 13.04        | 3867.50         | 8158.75         | 635.65   | 335.00  | 65.73  | 92.01         | 22.64        | 33.68        | 0.45        | 0.00        | 4.99        | 4.38 | 0.77 |      |
| 4       | 0.95 | 191.35        | <b>134.52</b> | 50.46         | 10.93        | 15.82        | 15.19        | 14.19        | 53.07         | 23.03        | 22.06         | 45.45  | 99.36         | 16417.25        | 393.65        | 60.74         | 60.32         | 2080.74        | 14.20        | <b>14826.56</b> | 7276.98         | 747.27   | 356.08  | 70.07  | 103.62        | 23.79        | 36.61        | 4.74        | 0.00        | 7.95        | 0.16 | 1.03 |      |
| 5       | 4.08 | 417.00        | 81.59         | 58.38         | 13.70        | 18.32        | 10.25        | 6.63         | 68.83         | 51.12        | 34.13         | 20.19  | 92.29         | 14756.38        | 191.15        | 64.99         | 81.94         | 3152.22        | 7.10         | 5541.75         | 9334.96         | 558.47   | 332.92  | 54.34  | 94.89         | 16.17        | 28.12        | 2.61        | 0.40        | 3.55        | 0.00 | 2.89 | 2.35 |
| 6       | 2.24 | 470.43        | 84.29         | 58.62         | 14.80        | 21.15        | 12.16        | 4.61         | 63.44         | 51.19        | 33.48         | 23.25  | 156.01        | 16818.78        | 283.36        | 64.77         | 69.70         | 2723.21        | 5.00         | 3942.31         | 9551.68         | 790.50   | 385.95  | 65.89  | 87.61         | 18.59        | 34.87        | 0.25        | 0.00        | 5.06        | 2.89 | 2.35 |      |
| 7       | 2.35 | 369.96        | 79.64         | 58.34         | 10.16        | 20.39        | 7.95         | 5.46         | 59.05         | 33.92        | 22.78         | 26.00  | 87.95         | 13100.56        | 186.47        | 68.88         | 64.32         | 2866.88        | 4.17         | 1720.63         | 9293.14         | 248.59   | 348.64  | 52.71  | 84.48         | 19.51        | 25.04        | 0.98        | 0.00        | 3.90        | 0.00 | 0.00 |      |
| 8       | 3.45 | 453.53        | 88.03         | 76.16         | 14.38        | 28.60        | 11.58        | 11.43        | 105.14        | 25.71        | 36.76         | 24.91  | 134.96        | 14690.07        | 245.78        | 79.08         | 68.33         | 3414.14        | 5.83         | 1992.79         | 10335.59        | 703.32   | 338.85  | 48.48  | 3.11          | 1.23         | 0.45         | 0.00        | 3.90        | 0.00        | 0.00 | 0.00 |      |
| 9       | 4.61 | 453.48        | 70.37         | 46.24         | 13.80        | 12.61        | 12.91        | 6.13         | 45.29         | 23.40        | 31.63         | 31.59  | 75.47         | 11182.92        | 177.34        | 91.73         | 65.33         | 2821.24        | 1.00         | 1721.30         | 8048.37         | 356.93   | 352.43  | 55.36  | 96.47         | 18.17        | 25.97        | 1.78        | 0.00        | 3.98        | 2.01 | 0.27 |      |
| 10      | 3.16 | 525.48        | 68.41         | 48.89         | 17.90        | 14.79        | 12.39        | 8.07         | 47.75         | 44.62        | 25.13         | 26.41  | 100.35        | 13830.30        | 226.63        | <b>127.61</b> | 49.26         | 3513.12        | 6.55         | 2992.69         | 8732.86         | 366.74   | 344.22  | 54.10  | 96.11         | 19.16        | 25.80        | 0.30        | 1.69        | 2.84        | 0.00 | 0.00 |      |
| 11      | 4.79 | 446.99        | 75.79         | 52.34         | 12.07        | 19.38        | 8.64         | 2.56         | 49.65         | 47.03        | 26.44         | 23.28  | 23.43         | 9838.89         | 134.69        | 65.84         | 61.25         | 2695.46        | 6.21         | 754.04          | 8609.38         | 415.47   | 334.33  | 59.59  | 78.17         | 15.21        | 24.56        | 2.92        | 0.60        | 3.48        | 0.21 | 0.22 |      |
| 12      | 3.58 | 398.07        | 73.22         | 55.91         | 15.29        | 24.52        | 8.20         | 11.36        | 86.44         | 27.92        | 26.95         | 19.55  | 94.75         | 12167.71        | 177.21        | 66.34         | 61.25         | 2695.46        | 6.21         | 1478.78         | 9277.41         | 593.52   | 344.67  | 51.93  | 80.18         | 20.75        | 26.48        | 6.40        | 0.66        | 3.48        | 1.88 | 2.15 |      |
| 13      | 4.59 | 388.67        | 72.38         | 57.97         | 12.73        | 19.16        | 9.51         | 5.49         | 187.07        | 33.73        | 30.60         | 43.36  | 68.00         | 12392.23        | 204.18        | 67.80         | 48.58         | 3117.32        | 6.61         | 1662.32         | 9713.65         | 631.12   | 335.55  | 48.65  | 75.85         | 13.49        | 27.13        | 3.87        | 0.00        | 4.76        | 0.27 | 0.66 |      |
| 14      | 3.59 | 295.36        | 80.25         | 75.76         | 15.73        | 29.06        | 14.81        | 5.48         | 108.78        | 41.57        | 42.90         | 22.60  | 179.02        | 21975.24        | 272.63        | 87.64         | 87.82         | 3429.29        | 4.45         | 1273.64         | 10999.21        | 939.60   | 334.88  | 38.61  | 54.96         | 9.85         | 20.94        | 5.00        | 0.00        | 3.97        | 0.00 | 0.52 |      |
| 15      | 4.49 | 354.12        | 84.99         | 68.41         | 13.14        | 27.14        | 10.90        | 6.71         | 177.20        | 45.27        | 39.62         | 25.03  | 107.18        | 15158.07        | 237.43        | 72.93         | 79.85         | 3219.18        | 4.86         | 1507.11         | 9931.81         | 639.18   | 327.50  | 53.79  | 72.85         | 10.90        | 25.38        | 4.78        | 0.88        | 2.91        | 1.21 | 0.00 |      |
| 16      | 3.21 | 349.46        | 77.21         | 64.74         | 13.45        | 22.05        | 9.04         | 9.20         | 145.18        | <b>63.32</b> | 41.12         | 30.16  | 88.20         | 15446.11        | 169.68        | 75.83         | 66.54         | 3137.70        | 2.63         | 958.61          | 10577.31        | 756.76   | 327.58  | 49.08  | 62.17         | 10.13        | 29.58        | <b>8.11</b> | 0.00        | 4.48        | 0.00 | 1.83 |      |
| 17      | 2.88 | 515.33        | 64.64         | 47.33         | 9.06         | 14.88        | 7.05         | 8.51         | 36.70         | 26.38        | 22.14         | 25.28  | 23.43         | 8923.09         | 106.71        | 59.88         | 55.38         | 2748.92        | 1.74         | 608.56          | 8352.07         | 632.11   | 323.82  | 38.59  | 88.43         | 24.86        | 29.92        | 0.00        | 0.12        | 5.50        | 3.49 | 4.49 |      |
| 18      | 3.86 | 431.51        | 65.96         | 55.44         | 10.15        | 16.84        | 7.69         | 3.23         | 52.68         | 43.49        | 30.12         | 28.57  | 36.39         | 11917.95        | 196.78        | 78.18         | 46.37         | 2668.38        | 6.28         | 740.12          | 9648.57         | 651.78   | 357.40  | 61.12  | 78.46         | 22.67        | 33.51        | 0.76        | <b>2.00</b> | 5.57        | 1.90 | 1.73 |      |
| 19      | 4.18 | 566.68        | 56.69         | 43.20         | 9.97         | 14.16        | 6.89         | 6.29         | 41.15         | 58.66        | 26.66         | 8.28   | 44.87         | 8830.45         | 117.80        | 60.96         | 54.43         | 2491.27        | 1.52         | 562.85          | 7866.87         | 516.32   | 334.66  | 55.68  | 81.42         | 17.80        | 30.58        | 3.48        | 0.75        | 5.04        | 0.00 | 0.56 |      |
| 20      | 1.73 | 238.74        | 73.37         | 71.58         | 14.23        | 21.36        | 11.51        | 9.09         | 86.09         | 21.82        | 40.79         | 27.15  | 75.68         | 19103.21        | 154.92        | 69.09         | 55.24         | 2954.35        | 3.07         | 883.04          | 11374.77        | 928.44   | 262.06  | 38.05  | 41.06         | 8.91         | 17.15        | 5.16        | 1.29        | 2.29        | 0.00 | 0.00 |      |
| 21      | 5.11 | <b>601.19</b> | 80.94         | 56.20         | 16.46        | 31.75        | 8.84         | 6.62         | 84.96         | 39.44        | 57.04         | 33.72  | 116.68        | 16833.90        | 294.07        | 80.36         | 52.79         | 3788.62        | 7.27         | 3967.71         | 9429.20         | 971.01   | 320.07  | 50.28  | 66.84         | 13.13        | <b>39.54</b> | 2.08        | 0.00        | 1.80        | 0.00 | 0.02 |      |
| 22      | 4.88 | 459.59        | 100.14        | 74.29         | 12.96        | 26.23        | 13.81        | 4.81         | 85.87         | 47.93        | 73.38         | 24.86  | 104.82        | 20436.50        | 289.02        | 77.71         | 59.86         | 3081.47        | 11.29        | 3885.22         | 11184.47        | 632.41   | 326.16  | 46.50  | 83.01         | 9.28         | 25.86        | 2.76        | 0.15        | 2.82        | 0.00 | 0.00 |      |
| 23      | 3.40 | 433.45        | 67.05         | 53.34         | 12.39        | 18.93        | 9.64         | 7.59         | 78.22         | 23.57        | 58.14         | 37.66  | 55.23         | 14477.26        | 277.26        | 92.22         | 82.36         | 2990.43        | 1.81         | 1317.18         | 9791.24         | 913.45   | 319.33  | 53.80  | 94.79         | 22.71        | 26.28        | 5.15        | 0.00        | 4.92        | 2.79 | 1.06 |      |
| 24      | 2.23 | 340.45        | 56.50         | 44.56         | 10.47        | 17.09        | 7.38         | 5.33         | 59.63         | 32.16        | 45.25         | 16.18  | 113.30        | 10811.82        | 164.30        | 59.61         | 45.47         | 2481.70        | 1.14         | 1092.07         | 8599.45         | 1228.38  | 337.57  | 70.29  | 107.16        | <b>28.34</b> | 34.02        | 4.97        | 0.00        | <b>8.94</b> | 0.65 | 2.01 |      |
| 25      | 3.69 | 470.26        | 72.32         | 57.88         | 13.67        | 23.32        | 10.55        | <b>14.51</b> | 62.72         | 29.83        | 46.17         | 43.47  | 106.11        | 13059.43        | 116.68        | 88.20         | 48.74         | 2783.63        | 4.96         | 794.82          | 9368.11         | 922.14   | 312.86  | 50.48  | 77.78         | 17.68        | 27.23        | 3.59        | 0.04        | 0.00        | 0.50 | 1.69 |      |
| 26      | 4.70 | 282.94        | 87.67         | 90.36         | 21.16        | 34.29        | 13.52        | 6.35         | 130.20        | 29.81        | 81.34         | 28.92  | 149.41        | 27051.90        | 481.43        | 82.01         | 78.71         | 3730.92        | 8.91         | 1709.61         | 12656.12        | 895.14   | 344.17  | 46.71  | 73.03         | 8.85         | 25.55        | 5.39        | 0.28        | 5.82        | 0.00 | 1.68 |      |
| 27      | 2.74 | 452.49        | 65.62         | 47.46         | 12.34        | 20.54        | 7.20         | 8.43         | 148.17        | 25.86        | 40.21         | 30.12  | 81.66         | 12826.65        | 179.13        | 58.82         | 43.54         | 2527.73        | 4.71         | 1346.56         | 8455.65         | 536.82   | 348.90  | 65.98  | 106.80        | 20.67        | 30.98        | 0.13        | 0.78        | 8.19        | 1.26 | 2.17 |      |
| 28      | 1.86 | 305.86        | 93.56         | 89.27         | 18.52        | 36.72        | 15.42        | 13.51        | 144.60        | 47.10        | 78.21         | 16.84  | 166.81        | 26191.88        | 546.13        | 91.24         | 63.45         | 3661.39        | 9.84         | 2608.87         | 12285.41        | 967.88   | 341.54  | 49.36  | 65.36         | 21.03        | 30.44        | 1.47        | 1.04        | 1.80        | 1.02 | 1.20 |      |
| 29      | 3.12 | 298.35        | 87.35         | 112.67        | <b>23.05</b> | <b>87.71</b> | 18.26        | 23.58        | <b>271.05</b> | 42.51        | <b>106.28</b> | 40.25  | <b>216.51</b> | <b>34466.13</b> | 634.95        | 101.42        | 97.34         | 3831.49        | 8.35         | 1915.09         | 13712.06        | 685.82   | 364.84  | 61.32  | 101.55        | 24.22        | 29.13        | 2.37        | 0.27        | 5.62        | 2.98 | 0.76 |      |
| 30      | 4.42 | 240.74        | 91.99         | <b>114.46</b> | 22.57        | 48.62        | <b>22.67</b> | 12.90        | 141.99        | 37.12        | 98.24         | 43.78  | <b>265.91</b> | 32965.72        | <b>892.63</b> | 93.92         | 105.44        | <b>4143.79</b> | 10.64        | 2072.29         | <b>14959.70</b> | 736.78   | 337.26  | 44.15  | 64.24         | 14.25        | 30.65        | 1.72        | 1.36        | 0.75        | 0.00 | 1.31 |      |
| 31      | 4.51 | 306.80        | 93.47         | 107.60        | 17.00        | 36.51        | 11.79        | 14.94        | 24.03         | 92.82        | 50.61         | 196.69 | 32974.31      | 478.84          | 96.38         | <b>105.47</b> | 68.66         | 3980.70        | 15.55        | 1766.92         | 13707.73        | 1501.32  | 324.60  | 36.37  | 42.53         | 7.14         | 22.31        | 0.00        | 0.00        | 1.73        | 0.00 | 0.00 |      |
| 32      | 3.75 | 242.83        | 81.47         | 103.53        | 21.00        | 39.97        | 16.62        | 10.55        | 128.58        | 47.94        | 75.22         | 29.60  | 138.48        | 28679.76        | 535.83        | 86.38         | <b>105.47</b> | 68.66          | 3980.70      | 15.55           | 3196.32         | 13707.73 | 1501.32 | 324.60 | 36.37         | 42.53        | 7.14         | 22.31       | 0.00        | 0.00        | 1.73 | 0.00 | 0.00 |
| 33      | 4.80 | 322.70        | 93.02         | 74.82         | 15.83        | 26.38        | 13.20        | 13.14        | 98.38         | 11.97        | 45.33         | 30.88  | 86.79         | 19848.27        | 403.11        | 64.56         | 58.76         | 2889.69        | 10.73        | 3695.55         | 10111.49        | 983.25   | 300.53  | 36.62  | 46.59         | 6.39         | 19.54        | 0.00        | 0.35        | 0.00        | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 34      | 3.39 | 259.33        | 99.49         | 103.70        | 21.83        | 43.25        | 15.38        | 12.28        | 145.82        | 29.96        | 89.10         | 49.97  | 226.36        | 29660.33        | 701.56        | 103.83        | 68.16         | 3523.49        | 15.44        | 3404.60         | 12972.36        | 1367.94  | 291.65  | 32.68  | 21.39         | 41.11        | 22.75        | 2.01        | 1.59        | 0.24        | 0.00 | 0.04 |      |
| 35      | 4.08 | 361.75        | 83.05         | 76.03         | 16.43        | 31.86        | 10.33        | 7.40         | 140.82        | 28.58        | 66.58         | 32.78  | 161.34        | 19666.94        | 292.11        | 91.83         | 60.16         | 3222.34        | <b>16.49</b> | 3706.25         | 11006.63        | 1574.43  | 320.83  | 45.78  | 40.44         |              |              |             |             |             |      |      |      |



