

# 彰雲海岸濕地土壤重金屬含量分析

## Heavy metal monitoring in the soil of Changhua and Yunlin coastal wetlands

劉靜榆

Ching-Yu Liou

農業部生物多樣性研究所 552005 南投縣集集鎮民生東路 1 號

Taiwan Biodiversity Research Institute, Nantou, Taiwan

通訊作者：lcy@tbri.gov.tw

Corresponding authors: [lcy@tbri.gov.tw](mailto:lcy@tbri.gov.tw)

### 摘要

為瞭解彰雲海岸濕地之污染現況，本研究依地理位置、河口現況及潮間帶寬度設置採樣站，設置 28 個固定採樣站，於 2022–2023 年進行採樣。在每個固定採樣站檢測水體之鹽度、pH 值、溶氧飽和度、NO<sub>3</sub> 等，各進行 3 次樣點檢測，共 177 筆現場水質、水文檢測資料。每固定採樣站採集上下層土壤各 1 個樣本，帶回實驗室進行後續處理。土壤粒徑分析砂粒、粘粒、粉粒百分比，2 年上下層共 121 筆資料進入分析。土壤重金屬含量檢測以 X-射線螢光光譜儀進行 32 種重金屬濃度檢測，每樣本各 3 次重複，2 年上下層共 393 筆資料進入分析，以定量數據來計算採樣站間、不同土層以及不同年度間之差異。檢驗分析結果，發現彰化縣福寶、舊濁水溪口、八洲排水道口、三豐新街海堤採樣站土壤硫化情形嚴重，

呈現厭氧狀態，溶氧量偏低。據觀察 2023 年 4–5 月有些地區藻華情形嚴重，絲狀綠藻繁生，溶氧過飽和。除芳苑、麥寮、線西，多數採樣站 pH 值偏低。雲林湖口濕地鹽度顯著高於平均海水鹽度。彰化縣線西採樣站 Cu 之上層土壤顯著高於下層土壤，且高於其他採樣站，舊濁水溪口採樣站之上下層土壤 Cu 數值皆偏高，雲林縣金湖採樣站之上下層土壤 Cr 值顯著高於其他採樣站。有畜牧廢水排入的採樣站，例如彰化福寶、三豐採樣站，其溶氧度偏低，且土壤重金屬如 Cu、Zn、Fe、S、Co、Sr、Rb、V、Sc 等含量偏高。彰雲海岸有大量的工業區和畜牧養殖廢水排入，綜合分析兩年的採樣數據，採樣站之間的差異很大，年度的差異較為不顯著，顯示許多採樣站的污染是長期累積，對於海岸生態確實已經發生影響。年度的差異以舊濁水溪口較為顯著，2 年間的土壤粒徑改變，砂粒比例顯著增加，有多種重金屬有顯著下降。

**關鍵詞：**重金屬含量、土壤、彰雲海岸濕地

## Abstract

To investigate heavy metal pollution in the Changhua and Yunlin coastal wetlands, 28 sampling stations were established based on estuary and geographical locations, followed by conducting all samples from 2022 to 2023. Salinity, pH value, dissolved oxygen saturation, and  $\text{NO}_3$  of samples were seasonally measured at each station three times, resulting in 177 records of water quality and hydrological readings over two years. Soil samples were collected from both upper and lower layers at each station and brought back to the laboratory for soil particle size analysis, including percentage of sand, silt, and clay, yielding a total of 121 data records. Additionally, a total of 393 soil samples from both upper and lower layers over two years were collected for measuring

the concentrations of 32 heavy metals using an X-ray fluorescence spectrometer. Quantitative data were then utilized to calculate differences between sampling stations, different soil layers, and different years. The results show severe sulfurization in the soils from various stations, including Fubao, the old Zhuoshui estuary, Bazhou Drainage, and Sanfeng in Changhua county, exhibiting anaerobic conditions with low dissolved oxygen levels. Significant algal blooms were observed in certain areas in April and May 2023, characterized by the proliferation of filamentous green algae and oversaturation of dissolved oxygen. Relatively low pH values were recorded in most of the stations, except for Fangyuan, Mailiao, and Xianxi stations. The salinity in Hukou wetland was significantly higher compared to the average seawater salinity. The upper soil layer at the Xianxi sampling station in Changhua county exhibited significantly higher levels of copper (Cu) than its lower soil layer, and also showed surpassing levels compared to the other stations. The old Zhuoshui estuary station was found with elevated copper (Cu) values in both upper and lower soil layers. Chromium (Cr) values in both upper and lower soil layers at Jinhu station in Yunlin county were significantly higher than those at other stations. Livestock wastewater is discharged to Fubao and Sanfeng stations, leading to low dissolved oxygen levels of water, and the soil at these locations exhibited high concentrations of heavy metals, such as Cu, Zn, Fe, S, Co, Sr, Rb, V, Sc, and others. It is also evident that industrial and livestock farming wastewater is discharged to the Changhua and Yunlin coasts. Data revealed substantial differences between sampling stations, while annual variations were relatively non-significant between years, suggesting that pollution in many stations has accumulated over the long term and is significantly impacting coastal ecology. The annual differences were obviously evident at the old Zhuoshui estuary. Over the two-year period, there was a noticeable increase in the proportion of sand particles and a significant decline in the concentrations of several

heavy metals.

**Key words:** heavy metal content, soil, Changhua and Yunlin coastal wetlands

收件日期：2024 年 2 月 15 日

Received: February 15, 2024

接受日期：2025 年 8 月 8 日

Accepted: August 8, 2025

## 緒言

彰雲海岸大型工業區林立，從北到南分別有全興工業區、彰濱工業區、芳苑工業區及臺塑麥寮六輕工業區、雲林離島式基礎工業區等，長年工業廢水排放是否影響潮間帶土壤中重金屬含量？近年來臨海地區及潮間帶新增不少光電設施，除了棲地破碎化，是否造成周邊地區土壤重金屬含量偏高？同時彰雲亦為畜牧業大縣，大型的養殖戶多集中於河川下游與沿海地區，目前畜牧產生的豬糞尿廢水多數直接排入排水道，很快的進入海岸地區，對於海岸環境是否造成影響？為瞭解土壤重金屬累積現況，本研究利

用兩年的時間進行重複採樣，分析彰雲海岸重金屬累積的濃度。

依據環境部（原環境保護署）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，XRF）三大類（環境部 2006；環境部 2012a；環境部 2012b），對於大多數重金屬元素，傳統之原子吸收光譜法（atomic absorption spectroscopy, AAS），因為可精確定量，已被廣泛應用於環境監測（Welz and Sperling 1999；Popescu *et al.* 2009；童等 2000；陸等 2001；于及林 2001），也包括生物體內元素含量檢驗（黃

2001； 劉 2002； Strezov and Nonova 2005），更應用於漁業或農業上（莊等 1994；于及林 2000a；于及林 2000b），然而原子吸收光譜法受限於單一元素定量，大批樣品分析時之效率較低（陸 2001）。感應耦合電漿法可同時測得樣本中多種元素，但在進行測定前樣本需經酸消化處理，還會造成環境污染。XRF 係利用 X-射線螢光光譜儀發射之初級 X-射線（primary X-ray）作為激發源（primary source）照射樣本，樣本吸收 X-射線的能量而激發，產生次級 X-射線（secondary X-ray），放出樣本所含元素的螢光光譜，經由分光晶體分光後，分析各不同波長的強度，即可得知樣本中組成元素的種類與含量（Jenkins 1999）。X-射線螢光法具有快速、非接觸、非破壞性及多元素分析等特點，逐漸廣為應用，相關原理、操作、應用，及其與實驗室重金屬分析進行比較，國內外有相當多文獻可以參考（Muchori 1984；Shefsky 1997；Jenkins 1999；Dos Anjos *et al.* 2000；Sitko *et al.* 2004；Kilbride *et al.* 2006；

劉 2012；楊等 2012；Weindorf *et al.* 2012；彰化縣政府 2016），類似的研究除有應用於城市垃圾、有機化合物處理監測（Dos Anjos *et al.* 2000），亦應用於測定高污染土壤（Sitko *et al.* 2004），以及追蹤農業或陸域土壤的污染監測（楊等 2012；Ravisan-*kar et al.* 2015；Liang *et al.* 2018；Tighe *et al.* 2018），或污染湖岸和流入湖泊的溪流沉積物重金屬濃度（Makundi 2001；彰化縣政府 2016；劉 2018a）等較高濃度的檢測，也可應用非高濃度的農業環境質量評估，海域或湖泊等沈積物的監測（Muchori 1984；Battiston *et al.* 1993；Makundi 2001；Manceau *et al.* 2002；Weindorf *et al.* 2012；劉 2012；劉 2014a；劉 2014b；劉 2015；Chandramohan *et al.* 2016b；Gandhi 2017；劉 2017a；劉 2017b；Liang *et al.* 2018；劉 2018b；劉 2019），甚至對於生物中微量元素的變化亦可偵測（Tomassini *et al.* 1976；Sauter *et al.* 1979；劉 1999；Liang *et al.* 2018），例如運用在褐藻天然濃度變化，測量受污染較嚴重的

頂部和底部之間，以及不同海藻樣本和採樣季節之間可能的微量元素變化 (Sauter *et al.* 1979)。此外，比較北極的地衣與在污染區周邊地區濃度，計算與冶煉廠距離 (Tomassini *et al.* 1976)，證實 XRF 比傳統分析技術更快，表現出更好的靈敏度和再現性，樣品在分析中也沒有被破壞，亦提供了與傳統實驗室分析相當的重金屬水平的質量結果。本研究依據中華民國 95 年 1 月 18 日環署檢字第 0950006426 號公告之標準 (環境部 2006) 以型號 XL3t 700 之 X-射線螢光光譜儀檢測樣本中重金屬濃度，國內外應用於測定沿海沉積物之主要和微量元素分佈與本研究的調查對象最為相關 (Muchori 1984; Battiston *et al.* 1993; 葉等 2011; 劉 2012; 劉 2014a; 劉 2014b; 劉 2015; 彰化縣政府 2016; Ravisankar *et al.* 2015; Chandramohan *et al.* 2016a; Chandramohan *et al.* 2016b; 劉 2017a; Gandhi 2017; 劉 2018a; 劉 2018b; 劉 2019)。

本研究之儀器曾分別於曾文溪口、大肚溪口兩試驗區，利用 XRF 進

行快速篩檢結果，再以王水消化法及原子吸收光譜法檢測部分樣本，證實環境部所訂之土壤重金屬含量分級標準中，有六種元素於不同分析方式中呈現相符合的趨勢 (劉 2012; 彰化縣政府 2016)。筆者亦已運用此光譜儀於臺灣多處海岸進行檢測，檢測結果其相關研究有宜蘭 (劉 2018c)、彰化縣大肚溪口、臺南市曾文溪口 (劉 2012; 劉及陳 2020)、新竹 (劉 2015; 劉 2018a)、苗栗 (劉 2017b)、臺中 (劉 2021) 等海岸溼地底泥，以及北海岸 (劉 2014b; 劉 2017b)、桃園 (劉 2014a; 劉 2014b; 劉 2017a)、臺灣東南部之生物礁海岸 (劉 2019) 等地調查，推論可能之污染來源。其中宜蘭海岸在五十二甲濕地，鉛、鋅明顯偏高 (劉 2018c)。西北觀音新屋藻礁海岸觀音藻礁之銅、鋅、鉻、砷、鋇、鈦、鋳含量偏高，確實有外來污染為觀音人工蛇籠護岸堤內填土方 (劉 2014a; 劉 2014b)，桃園富林、老街以傳統工業為主，受觀音、大園工業區排水影響，鋅、鎳、銅、錳、鐵、砷、鉛、

鉛數值極端的高，桃園藻礁海岸污染情形嚴重（劉 2017a）。在新竹海岸分析紅樹林清除前後土壤中重金屬變化，確認鉛、鋅、銅、鐵、錳等元素濃度於移除紅樹林後有極顯著的降低（劉 2015）。新竹新豐鳳鼻海岸之銅、鋅、鉛、錫、鎳、鐵、錳、砷、鉬、銀的數值極端偏高，污染源為集塵灰（劉 2017a）。麗水海岸臺灣早招潮（*Xeruca formosensis*）棲地的南邊 2020 年有光電工程進行，有填土，比較 2 年數據，螃蟹樣本之鈦、鋁、鐵含量異常增高（劉 2021）。臺東杉原及白石牛海岸鉻、鎳偏高，鉛、錳、砷、汞在小野柳呈現多個離群高值，砷、鉛、錳在郡界、小野柳有較高的數值（劉 2019）。根據上述多年數據顯示，不同棲地類型有顯著差異，但除了部分有施工的採樣站外，兩個不同的年度整體無顯著差異。

本研究於彰化縣、雲林縣海岸透過固定採樣站調查水質、水文、土壤重金屬等環境樣本蒐集與分析，藉由調查土壤重金屬對應畜牧業廢水或光電設施相關性，釐清海岸受到污染的

來源，瞭解污染程度及分析其影響，並整合過往調查資料，進行棲地評估。檢測結果除參考環境部公告之底泥指標、土壤污染物監測、管制標準砷、鉬、鉻、汞、鎳、鉛、鋅及銅的法定標準，對於尚未明列於行政院環境部的排放標準法規中的多種重金，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之參考，提供後續經營管理之參考，至於是否影響生物多樣性或底棲性動物體內重金屬含量，則於另文討論。

## 材料與方法

據多年數據顯示，重金屬濃度於不同棲地類型或受排水影響，會有顯著差異，因此水文、水質、土壤質地等檢測皆與重金屬樣本之採樣區同步進行。

（一）微棲地之水文、水質、土壤質地及重金屬測定，採樣作業均以行政院環境部公告之採樣法作業。

1. 水文、水質測定：每個固定採樣站現場以德國 WTW 196T 水質測定儀測

量水溫 (water temperature, WT)、導電度 (electrical conductivity, EC)、溶氧量 (dissolved oxygen, DO)、氫離子濃度指數 (hydrogen ion concentration, pH)。可以測量海水的水質儀器笨重且檢測程序繁瑣，根據經驗 pH 值、鹽度對於底棲動物群聚影響較為明顯，為了解簡易型的水質檢測筆與精密的水質檢測儀器測量值的差異，特別在每個固定採樣站現場同步以日本 Horiba 多參數水質檢測筆 (Compact Water Quality Meter) LAQUAtwin 水質計進行簡易的 pH 值、鹽度、NO<sub>3</sub> 現場檢測，數值可作為未來若需採用簡易測量方式時的參考，檢驗數據在表格中以 pH 值 (簡易) 及鹽度 (簡易) 呈現。若數值具有參考價值，未來可考慮採用輕便型的多參數水質檢測筆進行。

2. 土壤測定：採樣作業均以行政院環境部公告之採樣法作業。

(1) 土壤質地：土壤粒徑分析 (particle size distribution analysis) 以比重計法 (hydrometer method) 分析土壤粒徑計算砂粒 (sand, 2–0.05mm)、粉粒

(silt, 0.05–0.002mm) 與粘粒 (clay, <0.002mm) 之含量百分比，由質地三角圖 (textural triangle chart) 劃分質地等級 (textural class)。

(2) 土壤重金屬：依行政院環境部公告之土壤和底泥中元素濃度快速篩選法，利用 X-射線螢光光譜儀進行 32 種土壤重金屬。本研究採用美國 Thermo NITON 手持式 XRF 分析儀 XL3t Series，採樣作業均以行政院環境部公告之採樣法作業 (環境部 2006；環境部 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、銦 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、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，每樣點有 3 次的重覆取樣。

## (二) 水文、水質、土壤質地及重金屬資料分析

原始資料經整理後以敘述統計 (descriptive statistics) 呈現，依照採樣站分別列出各元素的最大值，並檢驗不同土層以及不同年度之間差異，檢驗方式以調整多重比較 p 值 (bonferroni 法) 之 T 檢定，顯著水準 95%，分析結果選定特定元素，繪製盒形圖，討論重金屬濃度在空間分布現象，本研究之運算及繪圖以 SPSS (Statistical Product and Service Solutions) 程式來進行。

## 結果與討論

### (一) 採樣站描述及座標

本研究於彰雲海岸濕地設置 28 個固定採樣站 (sampling station) (附錄 1、附錄 2)，採樣工作於 2022–2023 年進行，採樣時間選擇退潮時段。研究地點現況概述、28 個固定採樣站之編號、名稱及座標分別描述。環境因子現場測量採樣站之水文、水質，棲地土壤樣本粒徑分析及土壤樣本 32 種重

金屬檢測檢驗分析。

彰化臺中以大肚溪為界，臺中火力發電廠、彰濱工業區的突堤效應，形成大肚溪南岸大面積沙泥灘地及沙質灘地以短指和尚蟹 (*Mictyris brevidactylus*) 與乳白南方招潮 (*Austruca lactea*) 為主。河岸與海岸各設置採樣站，並以 GPS 測得 TWD97 系統之座標，採樣站 A1 大肚溪南岸 (198468 2676260) 位於臺 61 線下方、採樣站 A2 大肚溪口南岸 (196207 2676036) 位於全興工業區外，伸港溪底排水外海。另於大肚溪口北岸龍井及麗水增設對照，採樣站簡稱北。

伸港地區原本有大面積臺灣旱招潮棲地，因為垃圾掩埋場造成族群幾乎滅絕，目前在各界人士多方努力族群漸漸恢復，設置採樣站 B 伸港 (194895 2673746)，位於臺 61 線西側之寮仔地溝排水。

彰濱工業區慶安水道外有一片廣闊的潮間帶水域，目前正設置為光電區，高潮線附近有紅樹林分布，採樣站 C 線西 (191607 2669217) 位於彰濱工業區線西光電區隔紅樹林分布區之外

圍堤防。

彰濱工業區南段吉安水道，鄰近垃圾場，沙質灘地以短指和尚蟹與乳白南方招潮為主，設置採樣站 D 吉安（188815 2662377）位於鹿安橋下。福寶、漢寶有大面積畜牧養殖場，舊濁水溪又稱東螺溪，採樣站 E 舊濁水溪口（188314 2661316）位於吉安水道、員林大排、舊濁水溪等 3 水系的匯流口，採樣站 F 福寶海堤水門外（187010 2660674）位於福寶濕地，泥灘地表層呈黃色黏土層，小積水處呈白色的混濁水，且空氣惡臭，其溶氧度偏低，採樣站 G 漢寶溪口（185495 2659558）位於漢寶濕地。採樣站 H 八洲排水道口（198104 2676759）亦位於福寶濕地，以乳白南方招潮主。採樣站 I 蚵路（181785 2657004）位於漢寶外海，可由蚵路往外海 2.5 km 處，沙質灘地，蚵路附近被放置大量的建築廢棄物，棲息地多石塊和牡蠣殼等，形成類似礫岩海岸，底棲物種有土夸大額蟹 (*Metopograpsus thukuhar*)、絨毛近方蟹 (*Hemigrapsus penicillatus*)，中低潮線沙質灘地有遠

海梭子蟹 (*Portunus pelagicus*)、勝利黎明蟹 (*Matuta victor*)、寬身大眼蟹 (*Macrophthalmus abbreviatus*) 等。

王功、永興海埔地設置採樣站 J1 王功（180373 2651801）位於漁港王者之弓橋外，採樣站 J2 後港（180245 2651690）位於後港溪口南岸，採樣站 K 永興（178339 2648631）位於永興海堤南側，二林溪口北岸。

採樣站 L 芳苑（179496 2647798）位於西華宮外，土壤質地為粘質壤土或砂質黏壤土，高潮線附近有大面積紅樹林分布，目前新設架高步道，步道兩旁紅樹林有清除。

大城鄉及芳苑鄉亦有大面積畜牧養殖場，但規模都比較小，所以直接排放的問題比福寶漢寶更為嚴重，採樣站 M 三豐（177861 2644335）位於新街海堤水門外，空氣惡臭，採樣站 N 魚寮（176540 2641552）位於魚寮溪口南岸，這一段海堤內側閒置魚塢或邊際土地，原本有大量的過境水鳥棲息，已經在 2023 年設置為光電區。採樣站 O 大城（174281 2639057）位於濁水溪口北岸、採樣站 P 麥寮

(171338 2636390) 位於濁水溪口南岸，濁水溪口早期沒有臺灣旱招潮，現在卻成為臺灣旱招潮分佈面積最大、密度最高的區域。

新興、台西海埔地設置採樣站 Q 新虎尾 (167738 2628694) 位於新虎尾溪口北岸之沙質灘地，採樣站 R 臺西 (165151 2626150) 位於臺西海園北側，為臺灣旱招潮分佈區，採樣站 S 舊虎尾 (165907 2621777) 位於舊虎尾溪口南岸。

採樣站 T 四湖 (163597 2619822) 位於四湖工作站內之水門，工作站內大面積苗圃，與外海連同的水系。採樣站 U 三條崙 (162646 2617932) 位於海水浴場舊址，採樣站 V 箔子寮 (161634 2615452) 位於箔子寮北側沙丘內側，採樣站 W 金湖 (161438 2608485) 位於金湖碼頭北側。

較為內陸的滯洪池濕地有採樣站 X 成龍濕地 (163896 2606694) 位於臺 61 線西側，採樣站 Y 湖口濕地 (164720 2604798) 位於植梧滯洪池。採樣站 Z 北港溪口 (162385

2603637) 位於雲林和嘉義的交界，牛挑灣溪口南岸，北港溪口北岸，下湖口安檢所南側。

## (二) 水質檢測

調查時間主要選擇退潮，可檢視匯入水質的狀況 (附錄 3)，綜觀分區表，採樣站間差異大，年度之間的差異相對不顯著 (附錄 4、附錄 6)。

### 1. 水溫

統計 2022–2023 年彰雲海岸 28 個採樣站 174 個水質樣點及大肚溪口北岸 1 個採樣站 3 個水質樣點，共計測量 177 個水質資料，調查季節跨春夏秋冬 4 季，水溫介於 16.0–38.8°C，平均 27.94°C (附錄 3)。

### 2. pH 值

正常情形 pH 值與溫度及溶氧量有相關性，然兩年所測得的數據，差異已經大於正常相關性。pH 值介於 6.87–9.67，pH 值平均 7.96 (SD = 0.39, n = 177) (附錄 3)。

採樣站 M (三豐) 的 pH 值 2 年平均為 7.03 (SD = 0.14) (附錄 4)，測得最低 6.87 值 (附錄 5) 為新街海

堤水門外，此採樣站會直接受海水潮汐影響，然此站的數值遠低於平均海水 pH 值，且 2 年都是最低，2 年平均各為 6.94、7.12（附錄 6），有異常偏低，此測站的溶氧值也是偏低。

採樣站 L（芳苑）pH 值 2 年平均為 8.7（SD = 0.57）（附錄 4），最高 9.67（附錄 5），2 年平均各為 8.74、8.64（附錄 6），有異常偏高。此採樣站為排水匯入潮間帶，略受潮汐影響，鹽度僅海水平均鹽度的二分之一，應該不會有如此高的 pH 值，推測有異常排水匯入。

採樣站 P（麥寮）2022 年測得最高值，pH 值達 8.94（附錄 5），平均值 8.39（附錄 6）高於海水平均值，2023 年的數值較為正常，平均值 8.21（附錄 6），此採樣站異常現象與魚塭廢水排入有關。

### 3. 鹽度及導電度

鹽度介於 0.5–65.9 psu，平均 21.49 psu（SD = 12.19, n = 177），導電度 1.09–90.9 ms/cm 平均 36.34 ms/cm（SD = 17.60, n = 177）（附錄 3），整體而言變化很大。採樣站 B（伸港）

不同月分皆測得較為偏低的鹽度，最低為 0.5 psu，2022 年平均 1.13 psu，2023 年 6.63 psu（附錄 6）。採樣站 M（三豐）於 10 月及 11 月測得較為偏低的鹽度，2022 年平均 4.40 psu，2023 年平均 1.5 psu，最低為 0.8 psu，導電度 1.8 ms/cm（附錄 6），呈現幾乎淡水的狀況。採樣站 Y 湖口濕地 2022 年測得鹽度 46.2 psu，導電度 67.1 ms/cm，2023 年測 65.90 psu，導電度 90.9 ms/cm 顯著高於平均海水鹽度，此採樣站不受潮汐影響，冬春季鹽份呈過飽和。

### 4. 溶氧

溶氧百分率 (Dissolved oxygen saturation) 平均為 79.06%（SD = 40.68, n = 172）（附錄 3），有 5 個樣點資料，因為超過 200% 的數值，因此無法呈現。例如 2022 年最高值採樣站 Y（湖口），溶氧值為 11.42 mg/l，溶氧百分率 198.7%（附錄 5），2023 年也測溶氧量 16 mg/l，溶氧百分率無法呈現。本採樣站之不同採樣點差異極大，最低溶氧值為 0.023 mg/l，溶氧百分率僅有 0.4%。同樣有溶氧過飽和的情形發

生在採樣站 C、K、W，近年都有藻華的現象。採樣站 F（福寶）最低溶氧值，2022 年為 0.018 mg/l，溶氧百分率僅有 0.3%，2023 年更低，0.01 mg/l，溶氧百分率僅有 0.2%。採樣站 M（三豐）皆測得偏低的溶氧值，2022 年為 0.03–0.08 mg/l，溶氧百分率僅有 0.4–1.1%，2023 年更低為 0.01–0.051 mg/l，溶氧百分率僅有 0.1–1.0%（附錄 6），此 2 採樣站皆與畜牧產生的糞尿廢水排入有關。採樣站 U（三條崙）平均溶氧值 6.79 mg/l 差異小（SD = 0.5, n = 6）（附錄 4、附錄 5），為平均海水數值。

### 5. 硝酸鹽 (NO<sub>3</sub>)

硝酸鹽數值以大肚溪口南岸、線西工業區光電區、吉安水道、舊濁水溪口、王功漁港、後港溪口、芳苑數值偏高（附錄 6）。

綜合檢視彰雲海岸各採樣站水質差異大，由於調查時間多為退潮，僅採樣站 I、U、V 有較為穩定海水的平均鹽度及 pH 值，採樣站 A2、B 的平均鹽度及 pH 值較低，溶氧值尚在平均值，但採樣站 F、H、M 之鹽度、

pH 值及溶氧值皆偏低，畜牧糞尿廢水確實有影響。藻類明顯的採樣站通常會有溶氧過飽和的數值，伴隨著高 pH 值，例如採樣站 I、Y，採樣站 Y 的鹽度冬春季過高，全年的變化很大，採樣站 L 雖然有非常高的 pH 值，但是溶氧卻異常低，也屬於異常的採樣站。簡易型的 pH 值和鹽度測量結果，雖在極端值時不敏感，然整體趨勢是符合由精密儀器所測量的結果。

### （三）土壤粒徑檢驗分析

土壤粒徑進行 28 個採樣站及大肚溪口北岸 1 個對照採樣站，每 1 次採樣有上下兩層不同的樣點，分別標示為表層土、底層土，每個樣點進行土壤粒徑分析，若採樣站因棲地類型不同，則增設樣區，2022 年採樣站 L 因底層土石塊太多，無法往下挖，另增設 1 個樣區，每年有 30 樣區，2 年共分析 121 樣本，121 筆資料進入分析（表 1、附錄 7、附錄 8、附錄 9）。統計 121 筆樣點資料，砂粒 46–95% 平均為 73.69%（SD = 13.81, n = 121），粉粒 0–32% 平均為 14.06%（SD

= 9.05, n = 121) , 粘粒 4–27% 平均為 12.25% (SD = 5.50, n = 121) (附錄 7) , 採樣的土壤多數歸類為砂質土、壤質砂土、砂質壤土, 有少部分為壤土。

土壤粒徑最大的為採樣站 J1 (王功)、U (三條崙)、採樣站 V (箔子寮)、採樣站 W (金湖), 上層砂粒比例等於或略大於下層, 為海岸典型砂質灘地。

採樣站 A1 大肚溪口南岸、採樣站 C 位於線西工業區光電區北側、採樣站 K 永興海堤南側二林溪口北岸, 上層砂粒比例顯著低於下層, 且 2 年間無顯著差異 (附錄 8、附錄 9) , 顯示棲地逐漸變泥。採樣站 I 漢寶外海蚵路 2 年間土壤粒徑有顯著差異, 底層砂粒及黏粒比表層高。採樣站 N (魚寮) 下層為石礫層無法下挖, 常見秀麗長方蟹 (*Metaplex elegans*)。採樣站 L (芳苑) 紅樹林底層粒徑砂粒比例顯著低 (附錄 8) , 以弧邊管招潮蟹 (*Tubuca arcuata*) 為優勢。採樣站 O (大城)、採樣站 P (麥寮) 為壤土, 屬臺灣旱招潮棲地。採樣站 A2 (大肚

溪)、採樣站 H (八洲)、採樣站 I (王功)、採樣站 Z (北港溪) 介於砂質土、壤質砂土至砂質壤土間, 以乳白南方招潮為主要優勢。採樣站 D (吉安)、採樣站 E (舊濁水) 為砂質黏壤土, 以萬歲大眼蟹 (*Macrophthalmus banzai*) 主要優勢。舊濁水溪口的年度差異較為顯著, 2 年間的土壤粒徑砂粒比例顯著增加 (附錄 9、附錄 10) 。採樣站 X (湖口) 底層的砂粒比較少, 砂粒顯著比表層高很多 (附錄 7、附錄 8) , 以臺灣厚蟹 (*Helice formosensis*) 為主要優勢。

#### (四) 土壤重金屬分析

土壤重金屬統計彰雲海岸 28 個採樣站及大肚溪口北岸 1 個對照採樣站, 每個採樣站有上下兩層 2 個樣區的資料, 2022 年採樣站 H (八洲)、採樣站 L (芳苑)、採樣站 Q (新虎尾) 棲地類型差異增設樣點, 期中分析後發現採樣站 C (線西)、採樣站 D (吉安)、採樣站 W (金湖) 有異常數據, 進行再次採樣 3 個, 計 73 樣點, 2023 年計 58 樣點, 共計 369 樣點資料。

每一個土壤樣點各有三次重複，共計 396 筆資料進入分析（附錄 11）。

### 1.Cu

統計 396 筆樣點資料，Cu 的平均 22.35 mg/kg (SD = 17.84, n = 396) (附錄 11)，採樣站 C、D、E、F、L、M、S 數值偏高（附錄 12），最高值 88.55 mg/kg 為採樣站 C（線西）工業區光電區，因 2022 年平均 32.75 mg/kg，底層土未檢出，故表層土顯著高於底層土，經二次採樣，仍是底層土未檢出，表層土顯著高於底土，2023 年平均 56.22 mg/kg，未達顯著差異的原因是底表層土的差異更大（圖 7），表、底層土平均分別為 58.91 mg/kg、22.23mg/kg 有顯著差異（附錄 15），確認為近期造成的污染，原因推論為在潮間帶設置光電板工程擾動所致。依據環境部公告之底泥指標 Cu 上限值 157.0 mg/kg、下限值 50.0mg/kg，線西表層土已高於下限值，需增加檢測頻率值。

採樣站 D（吉安）底層土 Cu 最高值 78.69 mg/kg（附錄 13），底、表層土平均分別為 42.62 mg/kg、51.58

mg/kg，年度間及土層間的差異皆不顯著（附錄 15、附錄 16），屬於長期累積。同採樣站 D 之 Hg 亦高於其他採樣站，2 年平均達 6.21 mg/kg，為各採樣站之冠（附錄 12）。本採樣站為吉安水道位於鹿安橋下鄰近垃圾場，表、底層土皆已高於下限值，需增加檢測頻率值。

採樣站 E（舊濁水）2022 年底層土壤中 Cu 的最高值 80.98 mg/kg（附錄 14），底層土已高於下限值，需增加檢測頻率值。舊濁水溪又稱東螺溪，沿岸多有大型的養殖戶，因部分畜牧廢水直接排入，本採樣站 2 年平均值達 50.86 mg/kg，為各採樣站之冠（附錄 12），底、表層土平均分別為 59.21 mg/kg、42.51 mg/kg 土層間無顯著差異（附錄 15），顯示為長期累積，且同採樣站 E 之 Zn、Cr、S 等 2 年平均值亦高於其他採樣站，確實有污染。然 2022 年、2023 年平均分別為 66.64 mg/kg、35.08 mg/kg 年度間有顯著差異（附錄 16），根據土壤粒徑檢測結果，舊濁水溪口之土壤粒徑有顯著改變，砂粒增加，比較 2 年有多種重金

屬有顯著下降，但也有可能是畜牧污水改善的結果。

比較臺灣其他處海岸，西北觀音新屋藻礁海岸觀音藻礁有外來污染為觀音人工蛇籠護岸堤因破堤，因堤內所回填的廢棄物被溶出，近岸處 Cu 的數值全高於下限值，接近上限值（劉 2014a；劉 2014b），桃園富林、老街受觀音、大園工業區排水影響，Cu 數值極端偏高，最大值高達 1249.8 mg/kg（劉 2017a）。新竹新豐鳳鼻海岸集塵灰 Cu 的數值極端的高，最大值高達 4355.2 mg/kg（劉 2017a），遠高於上限值，上述地點多數重金屬也都超標，為確認污染區，鳳鼻海岸資料發表後，相關單位於 2018 年已進行污染整治。除上述 2 區，臺灣其他處海岸僅宜蘭五十二甲濕地最大值為 94.27 mg/kg（劉 2018c）、臺東三仙台海岸最大值 130.8 mg/kg（劉 2019）及臺中松柏港最大值 122 mg/kg（劉 2021）高於下限值。

## 2.Zn

Zn 的平均 331.69 mg/kg (SD = 49.39, n = 396)（附錄 11），採樣站

E（舊濁水）2 年平均達 233.59 mg/kg，為各採樣站之冠（附錄 12），底、表層土平均分別為 267.13 mg/kg、200.05 mg/kg 無顯著差異（附錄 15），2022 年、2023 年平均分別為 299.12 mg/kg、168.06 mg/kg 有顯著差異（附錄 16），依據環境部公告之底泥指標 Zn 的上限值 384 mg/kg、下限值 140 mg/kg，已高於下限值，需增加檢測頻率值。

本採樣站 2023 年檢測結果 Cu 及 Zn 都有顯著的下降（附錄 15），表層土檢驗的數值也有降低，推論畜牧排水經過積極處理，有效減緩海岸 Cu 及 Zn 累積的狀況。於 2022 年、2023 年平均值除了 Cu、Zn 都顯著下降外，還有 Mo、Rb、Th、As、Fe、Cr 都有顯著下降。

比較臺灣其他處海岸，除桃園富林、老街、新竹新豐鳳鼻海岸外，宜蘭海岸在五十二甲濕地，Zn 明顯的偏高，最大值達 601.70 mg/kg（劉 2018c），臺中松柏港底層土 Zn 高達 1587 mg/kg，平均 955.99 mg/kg（劉 2021）皆高於上限值。

### 3.Hg

同採樣站 E (舊濁水) 底層土 Hg 高達 23.7 mg/kg (附錄 13、附錄 14)，依據環境部公告之底泥指標 Hg 上限值 0.87 mg/kg、下限值 0.23 mg/kg，已高於上限值，疑為長期廢水排放造成的污染，應啟動風險評估。

由於 Hg 易揮發，在檢測前處理乾燥時，很容易就降低含量，往年檢測多數樣本為微量或未檢出，多年檢測資料僅新竹新豐鳳鼻海岸受集塵灰污染的 309.73 mg/kg 極端偏高值 (劉 2017a)，西北藻礁海岸最高在新屋海岸 53.6 mg/kg (劉 2017a)，復興漁港 52.0 mg/kg，觀音藻礁蛇籠護岸堤破堤處 28 mg/kg (劉 2014b)，客雅水資源回收中心外圍 14.5 mg/kg (劉 2015)，汞在生物礁樣本明顯高於沙粒，因此舊濁水數值屬異常。

### 4.S

同採樣站 E (舊濁水) 之 S 於 2 年平均價值達 2975 mg/kg，為各採樣站之冠 (附錄 12)，年度間及土層間的差異皆不顯著 (附錄 15、附錄 16)，屬於長期累積。

S 的平均值 1133.16 mg/kg (SD = 810.24, n = 396) (附錄 11)，最高值 3738.9 mg/kg (附錄 13) 為採樣站 F (福寶) 表層土，本採樣站底、表層土平均分別為 3017 mg/kg、2901 mg/kg 無顯著差異 (附錄 15)，2022 年、2023 年平均分別為 3241 mg/kg、2677 mg/kg 有顯著差異 (附錄 16)。本採樣站測得最低溶氧值，2022 年為 0.018 mg/l，溶氧百分率僅有 0.3%，2023 年更低，0.01 mg/l，溶氧百分率僅有 0.2%。本採樣站因常年排放畜牧廢水，海岸泥灘地表層累積厚厚的糞便，氧化還原層不到 1cm，底質硫化的情形非常嚴重，是海岸潮間帶底棲蟹類數量最少的採樣站，只能在堤腳礫石間尋獲少許。

S 的平均值採樣站 F、E 很高外，採樣站 M (三豐) 也偏高，2 年平均達 2198 mg/kg，底、表層土平均分別為 2207 mg/kg、2189 mg/kg，2022 年、2023 年平均分別為 2214 mg/kg、2182 mg/kg，土層間、年度間皆無顯著差異 (附錄 15、附錄 16)，屬於長期累積。本採樣站亦排放惡臭的畜牧廢水，從

大排經新街海堤之水門排放到海裡的水流，在衛星圖上可視，常年呈現黑色水體，海岸泥灘地表層底棲蟹類的洞口極少，氧化還原層薄，底質硫化的情形亦頗嚴重，超泥濘的灘地，幾乎無法行走。週邊的漁民若要下海作業，必須藉助大滑板，趴在滑板上面滑出潮間帶，此海岸潮間帶底棲蟹類數量少，本採樣站只能勉強採集到弧邊管招潮蟹。

#### 5.Fe

同採樣站 M（三豐）還有 Fe、Co、Sr、Rb、V、Sc、Ca、K 等多種元素年平均值為各採樣站之冠（附錄 12），Fe 的值 2 年平均達 33697 mg/kg，為各採樣站之冠（附錄 12），底、表層土平均分別為 34160 mg/kg、33235 mg/kg，2022 年、2023 年平均分別為 32706 mg/kg、4689 mg/kg，土層間、年度間皆無顯著差異（附錄 15、附錄 16），屬於長期累積。Fe 連續在採樣站 L（芳苑）、M（三豐）、N（魚寮）、O（大城）、P（麥寮）、Q（新虎尾）、S（舊虎尾）的數值都偏高（附錄 12）。

#### 6.Zr

Zr 的平均值 299.34 mg/kg（SD = 140.53, n = 396）（附錄 11），最高值 1248 mg/kg（附錄 11、附錄 13、附錄 14）為採樣站 W（金湖），本採樣站因為 2022 年發現異常，已重複採樣多次。除此站外，採樣站 J1（王功）、J2（後港）及 K（永興）的數值也顯著偏高（附錄 12）。2022 年採樣站 J1 表層土高達 1057.75 mg/kg（附錄 13、附錄 14），土層間、年度間皆無顯著差異（附錄 15、附錄 16），未達顯著差異的原因是底表層土、年度間的差異更大，顯示為偶發狀況，例如港口疏濬機具。採樣站 J2 的 Zr 值 2 年平均達 684.9 mg/kg，為各採樣站之冠（附錄 12），底、表層土平均分別為 674.6 mg/kg、695.2 mg/kg 無顯著差異（附錄 15），屬於長期累積，2022 年、2023 年平均分別為 570.1 mg/kg、799.7 mg/kg 有顯著差異（附錄 16），有增加趨勢。

#### 7.Pb

Pb 的平均值 22.23 mg/kg（SD = 7.96, n = 396）（附錄 11），採樣站 L

(芳苑) 2 年平均達 31.65 mg/kg，為各採樣站之冠(附錄 12)，同採樣站水質測得超高 pH 值，應追蹤來源。Pb 的最高值 74.14 mg/kg 為採樣站 X (成龍)，底、表層土平均分別為 17.99 mg/kg、39.54 mg/kg 無顯著差異(附錄 15)，屬於長期累積，2022 年、2023 年平均分別為 10.70 mg/kg、46.83 mg/kg 有顯著差異(附錄 16)，有增加趨勢。依據環境部公告之底泥指標 Pb 上限值 161 mg/kg、下限值 48.0 mg/kg，未高於下限值，此採樣站 X 為滯洪池，潮汐的影響不大，如此高的 Pb 值，應追蹤來源，2018 年在宜蘭 52 甲濕地有類似的情形，也是測到非常高的 Pb 值，最大值高達 407.6 mg/kg (劉 2018c)。整體而言雖然這兩處濕地所採集的樣本 Pb 值偏高，若與桃園工業污染海岸樣區及新竹新豐海岸比，並無較高，但若與西海岸之一般樣區相比，仍是較高。

#### 8.As

As 的平均 9.30 mg/kg (SD = 3.66, n = 396) (附錄 11)，採樣站 S 舊虎尾溪口 2 年平均 14.91 mg/kg 為各採樣

站之冠(附錄 12)，最高值為採樣站 A2 (大肚溪口南岸) 22.97 mg/kg (附錄 13、附錄 14)。依據環境部公告之底泥指標 As 上限值 33.0 mg/kg、下限值 11.0 mg/kg，大肚溪口南岸 2023 年採得之數值高於下限值，需增加檢測頻率。

#### 9.Mn

Mn 的平均 320.0 mg/kg (SD = 139.6, n = 396) (附錄 11)，採樣站 W (金湖) 2 年平均 529.9 mg/kg 為各採樣站之冠(附錄 12)，最高值為採樣站 T 四湖工作站水門 1003.1 mg/kg (附錄 13、附錄 14)。

#### 10.Cr

Cr 的平均值 27.70 mg/kg (SD = 17.28, n = 396) (附錄 11)，最高值 119.35 mg/kg 出現在採樣站 W (金湖) (附錄 13、附錄 14)，依據環境部公告之底泥指標 Cr 上限值 233.0 mg/kg、下限值 76.0 mg/kg，金湖採得之數值高於下限值，需增加檢測頻率。同一個採樣站中，除 Cr 高於下限值外，Mo 14.76 mg/kg、Zr 1248 mg/kg、Th 34.30 mg/kg、As 21.73 mg/

kg、Ti 6075.4 mg/kg 數值都是最高（附錄 13、附錄 14），As 21.73 mg/kg、Hg 18.12 mg/kg 皆為次高，Hg 已高於底泥指標上限值 0.87 mg/kg，As 已高於底泥指標下限值 11.0 mg/kg，金湖採樣站為簡易碼頭，多種重金屬數值為彰雲海岸各樣本之冠，確認有不明污染源。

比較臺灣其他海岸，筆者曾於 2016–2017 年調查東海岸，在臺東杉原美麗灣測得最大值 611.4 mg/kg，平均值 142.11 mg/kg ( $n = 30$ )（劉 2019），大部分樣本都超過環境部的土壤污染監測標準 175。在臺灣西北部藻礁海岸平均值 24.19 mg/kg ( $n = 525$ )（劉 2017a），最大值 350.59 mg/kg 採自觀音工業區外側富林溪口採樣站。金湖採樣站高於新竹（不含集塵灰或爐石採樣資料）（劉 2015；劉 2018a）及苗栗海岸（劉 2018b）。

#### 11.Ti

Ti 的平均值 3337.75 mg/kg ( $SD = 714.98, n = 396$ )（附錄 11），最高值 6075 mg/kg 出現在採樣站 W（金湖）（附錄 13、附錄 14），2 年平均

4192 mg/kg 在採樣站 N（魚寮），底、表層土平均分別為 4269 mg/kg、4154 mg/kg 無顯著差異（附錄 15），屬於長期累積，2022 年、2023 年平均分別為 3914 mg/kg、4331 mg/kg 有顯著差異（附錄 16），有增加趨勢。

#### 12.Co

Co 的平均值 60.88 mg/kg ( $SD = 53.59, n = 396$ )（附錄 11），最高 286.61 mg/kg 又出現在採樣站 M（三豐），土層間、年度間皆無顯著差異（附錄 15、附錄 16），屬於長期累積。

#### 13.Sc

Sc 的平均值 5.22 mg/kg ( $SD = 5.82, n = 396$ )（附錄 11），最高 31.17 mg/kg 又出現在同採樣站 M（三豐），且 2 年平均 19.19 mg/kg 為各採樣站之冠（附錄 12），土層間、年度間皆無顯著差異（附錄 15、附錄 16），屬於長期累積。

#### 14.V

V 的平均值 42.42 mg/kg ( $SD = 18.96, n = 396$ )（附錄 11），最高 111.35 mg/kg 又出現在同採樣站 M（三豐），且 2 年平均 68.20 mg/kg 為各

採樣站之冠（附錄 12），土層間、年度間皆無顯著差異（附錄 15、附錄 16），屬於長期累積。

#### 15.Ni

Ni 的平均值 2.33 mg/kg，最高值 94.50 mg/kg，為採樣站 A1（大肚溪口南岸）位於臺 61 線下方，採樣這 2 年正進行施工。依據環境部公告之底泥指標 Ni 上限值 80.0 mg/kg、下限值 24.0 mg/kg，已高於底泥指標上限值，應啟動風險評估。採樣站 B（伸港）位於寮仔地溝排水，於這 2 年平均值 47.16 mg/kg，為各採樣站之冠（附錄 12），然土層間、年度間皆無顯著差異（附錄 15、附錄 16），應屬於長期累積，大肚溪口南岸及伸港寮仔地溝皆受全興工業區排水，應增加檢測頻率。

筆者曾於 1998 年及 1999 年在大肚溪口南岸樣點檢驗重金屬，以王水消化全量（NIEA S321.62C）及 0.1N 的 HCl 萃取量（NIEA S320.60T）兩種方法進行，取樣點較靠近全興工業區排水，兩年分別測得全量為 580.2mg/kg、347mg/kg，萃取量為

254.3mg/kg、152mg/kg（劉等 1998；劉等 1999；劉等 2000；劉 2001；劉 2002）。再對照彰化縣政府於 2016 年委託東海大學熱帶生態學與生物多樣性中心執行大肚溪口野生動物保護區土壤底泥環境調查計畫，也強調位於伸港排水與全興排水外圍樣點之 Ni 值超標，測值為 94.75mg/kg，以王水消化法檢測 Ni 濃度 140.9mg/kg（彰化縣政府 2016），同時比對 2013–2014 年執行營建署城鄉發展分署委託同一團隊在全彰化海岸進行底泥重金屬調查 Ni 也有超標現象（內政部營建署城鄉發展分署 2015）。

比較臺灣其他海岸，筆者曾於 2016–2017 年調查東海岸，在臺東杉原美麗灣測最大值 354.9 mg/kg，平均值 132.66 mg/kg（n = 30），大部分樣本都超過環境部的土壤污染監測標準 130 mg/kg（劉 2019）。杉原北邊的白石牛海岸的 Ni 最大值 140.21 平均值 67.52 mg/kg（n=24），也是偏高。Ni 在臺灣西北部藻礁海岸平均值 31.1 mg/kg（n = 525）（劉 2017a），最大值 456.1 mg/kg 亦採自觀音工業

區外側富林溪口採樣站，為生物礁底質，在苗栗海岸最大值 50 mg/kg，平均值 10.20 mg/kg (n = 255) (劉 2018b)。

#### 16.Cd

Cd 的平均值 7.27 mg/kg，最高值出現在採樣站 U 三條崙海水浴場，為 19.37 mg/kg，在採樣站 I (漢寶) 延伸往外海約 2 km 之蚵路，2 年平均值 9.87 mg/kg，為各採樣站之冠 (附錄 12)，土層間、年度間皆無顯著差異 (附錄 15、附錄 16)，屬於長期累積。依據環境部公告之底泥指標 Cd 上限值 2.49 mg/kg、下限值 0.65 mg/kg，皆已高於底泥指標上限值，應啟動風險評估。

## 結論

本研究為臺灣海岸潮間帶重金屬調查系列之一，透過 XRF 進行大範圍的快篩，能夠快速的找到重金屬污染源，甚至在有些覺得應該沒有污染的地方，卻檢測出嚴重的污染，例如桃園觀音藻礁、新竹新豐鳳鼻海岸、臺東杉原美麗灣等。

針對環境部公告之底泥指標、土壤污染物監測、管制標準的砷、鎘、鉻、汞、鎳、鉛、鋅及銅，透過與傳統實驗室重金屬檢驗，以及長期的經驗，快篩對於 Hg 及 Cd 的結果與實驗室的差異較大，現場整合分析也比較難歸納污染脈絡，其餘元素大概可以分成傳統工業污染、畜牧廢水、以有毒廢棄物作為填方、碼頭或建築施工等幾大來源，通常有污染的地方，就會有好幾種元素同時都是偏高的。本研究透過兩個年份還有不同深度的土層的比較，去推論污染的時間點。

本研究綜合分析兩年的採樣數據，採樣站之間的差異很大，年度的差異較為不顯著，顯示許多採樣站的污染是長期累積。彰雲海岸近年來臨海地區及潮間帶新增不少光電設施，其中以線西海岸規模最大，調查確認線西採樣站 Cu 之表層土壤顯著高於底層土壤，且兩年結果一致，此現象在其他採樣站罕見，底、表層土顯著差異除有施工外，僅松柏港，比較 2 年數據，Zn、Cu、Cr、Pb、Ni 元素皆為底層土壤數值高於表層，可以確認

松柏港在早期就已經遭受汙染，之後覆蓋在表層因為是砂質壤土，海岸漂沙的移動性較高，所以數值較低。線西採樣站剛好相反，因為設置光電板，水流變緩，兩年間土壤粒徑顯著變小，棲地已明顯的泥化，加上光電設施可能有些元素釋出，所以才會連續 2 年 Cu 表層土壤顯著高於底層土壤。

彰化縣與雲林縣多為平原地形，溪水流動平緩，海岸潮間帶的波浪小，無論溪流和海岸對於污染物的自淨能力低，大型的畜牧養殖戶多集中於河川下游與沿海地區，畜牧產生的豬糞尿廢水有些會排入排水道，進入海岸地區，長年來對於海岸生態環境造成極大，依據本研究結果確實有異常。有畜牧廢水排入的採樣站，例如彰化福寶海堤水門、新街海堤的三豐採樣站，其氨氮偏高及溶氧度偏低，且土壤重金屬如 Cu、Zn、Fe、S、Co、Sr、Rb、V、Sc 等含量偏高，這些採樣站因為土壤硫化，底棲動物的種類及數量都很少，甚至會完全找不到。此外，養豬廢水排放至河道，撲鼻的臭味，對海岸濕地生態旅遊意願產生

負面的影響。雖然彰化及雲林縣政府皆已提出相關政策來輔導畜牧業者轉型資源化經濟，然目前尚未達標，因此效益有限。同時因為畜牧廢水排入海中，會使潮間帶的底泥變得非常的泥濘，甚至連行走都沒有辦法，漁民必須要藉著大滑板才可以出去收漁獲，且漁獲種類及數量也受到影響，也影響週邊居民靠海謀生的機會。年度的差異以舊濁水溪口較為顯著，土壤粒徑改變，砂粒比例顯著增加，目前檢測有多種重金屬有顯著下降，也有可能是畜牧污水改善的結果，持續進行海岸環境生態監測實屬必要。

彰雲海岸 2 年調查採樣數據，多數受畜牧廢水影響的採樣站水中 pH 值偏低，平均值低於正常海水 pH 值，長期不利海洋生物存活。但彰化芳苑 pH 值卻偏高，高於海水正常平均值，有異常，同採樣站 Cu、Pb 也偏高，需追溯排水源頭。

本研究執行因同步進行生態調查，所選擇的環境採樣站多為生態尚可的位置，因此與往年曾經調查的點位不盡相同，對照其他團隊的採樣結

果，雖然這些取樣點非同一位置，但可看出大肚溪口南岸受全興工業區的排水長期影響。整體而言，彰雲海岸重金屬的濃度較苗栗、臺中、臺南等地高。

## 引用文獻

- 于迺文、林正鈞。2000a。土壤重金屬含量變化之評估：（一）模式之建立。土壤與環境 3(3): 249-255。
- 于迺文、林正鈞。2000b。土壤重金屬含量變化之評估（二）。模式之應用。土壤與環境 3(3): 257-269。
- 于迺文、林正鈞。2001。土壤中重金屬含量的變化（一）重金屬元素個論及其在土壤中的來源。工業污染防治 78: 57-76。
- 內政部營建署城鄉發展分署。2015。彰化海岸生態環境調查監測計畫委託案（102-103 年度），委託東海大學熱帶生態學與生物多樣性中心執行 2013.9-2015.5。
- 莊淑滿、張穗蘋、盧宗榮。1994。台南地區河口魚類重金屬含量之調查研究。海岸濕地生態及保育研討會論文集 166-179 頁。中華民國野鳥學會。
- 陸瑩、馮金源、劉沛宏、吳芳娥、周劍平。2001。重金屬檢測技術--排放管道中重金屬檢測。研究報告行政院環境保護署委託工業技術研究院環境與安全衛生技術發展中心。
- 童翔新、歐育憲、葉奕宏、陳欽昭。2000。土壤中重金屬污染物之生物有效性意義研究。第十五屆廢棄物處理技術研討會論文集 7-1-7 頁。
- 黃品薰。2001。香山地區牡蠣群體、沈積物及懸浮顆粒重金屬含量之季節與區域變化。台灣大學海洋所碩士論文。
- 楊晴晴、鄭景智、劉曜文、李達源、莊愷瑋。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。
- 林惠真。2016。大肚溪口野生動物保護區土壤底泥環境調查計畫成果報告書。彰化縣政府。
- 劉永貴。1999。臺灣西部沿岸蚵螺體內重金屬對其性變異之研究。臺灣大學海洋所碩士論文。
- 劉靜榆、李訓煌、曾彥學、沈慧萍。1998。野生動物保護區環境監測模式建立之研究。臺灣省特有生物研究保育中心 87 年度試驗研究計畫執行成果。18-27 頁。
- 劉靜榆、李訓煌、曾彥學、沈慧萍。1999。野生動物保護區環境監測模式建立之研究 — 以大肚溪口及四草野生動物保護區為例。臺灣省特有生物研究保育中心 88 年度試驗研究計畫執行成果 1-13 頁。
- 劉靜榆、李訓煌、曾彥學、陳添水、沈慧萍。2000。野生動物保護區環境監測模式建立之研究 — 以四草及大肚溪口為例。特有生物研究保育中心 89 年度試驗研究計畫執行成果 145-153 頁。
- 劉靜榆、陳昭倫。2020。曾文溪河岸臺灣招潮蟹族群分佈及棲地維護計畫。交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處。
- 劉靜榆。2001。大肚溪口地區環境監測研究。國立臺灣博物館年刊 43:1-25。
- 劉靜榆。2002。大肚溪口潮間帶地區大型底棲動物群聚現象與相關重金屬含量分析。特有生物研究 4(2): 9-29。
- 劉靜榆。2012。曾文溪口臺灣招潮棲地特性研究。台灣生物多樣性研究 14(1-2): 1-25。
- 劉靜榆。2014a。臺灣西北部觀音藻礁海岸重金屬含量分析。台灣生物多樣性研究 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。台灣生物多樣性研究 16(4):

- 355–378。
- 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 17(3):153–189。
- 劉靜榆。2017a。臺灣西北部藻礁海岸重金屬污染分析。台灣生物多樣性研究 19(1): 49–96。
- 劉靜榆。2017b。劣化海岸與濕地生態系與棲地關係之監測研究。特有生物研究保育中心 106 年度試驗研究計畫 (106 農科-12.9.3-生 -W4) 執行成果。
- 劉靜榆。2018a。新竹海岸基質重金屬污染分析。台灣生物多樣性研究 20(1):35–72。
- 劉靜榆。2018b。苗栗海岸土壤重金屬含量分析。台灣生物多樣性研究 20(1):9–33。
- 劉靜榆。2018c。劣化海岸與濕地生態系與棲地關係之監測研究。特有生物研究保育中心 107 年度試驗研究計畫 (107 農科-11.9.3-生 -W2) 執行成果。
- 劉靜榆。2019。臺灣東南部海岸底質重金屬含量分析。台灣生物多樣性研究 21(4):195–240。
- 劉靜榆。2021。臺中海岸濕地重金屬監測及蟹類生物群聚研究。特有生物研究保育中心 110 年度試驗研究計畫 (110 農科 -7.2.3-生 -W1) 執行成果。
- 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。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。
- Battiston, G. A., R. Gerbasi, S. Degetto and G. Sbrignadello. 1993. Heavy metal speciation in coastal sediments using total-reflection X-ray fluorescence spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic*

- Spectroscopy 48(2): 217–221.
- Chandramohan, J., A. Chandrasekaran, G. Senthilkumar, G. Elango and R. Ravisankar. 2016b. Heavy metal assessment in sediment samples collected from Pattipulam to Devanampattinam along the East Coast of Tamil Nadu Using EDX-RF Technique. *Journal of Heavy Metal Toxicity and Diseases* 1(2):1–9.
- Chandramohan, J., G. Senthilkumar, M. S. Gandhi and R. Ravisankar. 2016a. Data on Heavy metal in coastal sediments from South East Coast of Tamilnadu, India using Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF) Technique. *Data in brief* 9: 661–666.
- Dos Anjos, M. J., R. T. Lopes, E. F. O. De Jesus, J. T. Assis, R. Cesareo and C. A. A. Barradas. 2000. Quantitative analysis of metals in soil using X-ray fluorescence. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 55(7): 1189–1194.
- Gandhi, M. S. 2017. Assessment of Heavy Metal Contamination in Marine Sediments of East Coast of Tamil Nadu Affected by Different Pollution Sources. *Marine Pollution Bulletin* 121(1–2):418–424.
- Jenkins, R. 1999. *X-ray Fluorescence Spectrometry*. John Wiley & Sons, New York.
- Kilbride, C., J. Poole and 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.
- Liang, J. H., P. P. Liu, Z. Chen, G. X. Sun and H. Li. 2018. Rapid evaluation of arsenic contamination in paddy soils using field portable X-ray fluorescence spectrometry. *Journal of Environmental Sciences* 64: 345–351.

- 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(1): 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.
- Popescu, I. V., C. Stihl, GH. V. Cimpoca, G. Dima, GH. Vlaicu, A. Gheboianu, I. Bancuta, V. Ghisa and G. State. 2009. Environmental samples analysis by Atomic Absorption Spectrometry (AAS) and Inductively Coupled Plasma-optical Emission Spectroscopy (ICP-AES). *Romanian Journal of Physics* 54(7–8): 741–746.
- Ravisankar, R., S. Sivakumar, A. Chandrasekaran, K. V. Kanagasabapathy, M. V. R. Prasad and K. K. Satapathy. 2015. Statistical assessment of heavy metal pollution in sediments of east coast of Tamilnadu using Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectroscopy (EDXRF). *Applied Radiation and Isotopes* 102: 42–47.
- 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.
- Sitko, R., B. Zawisza, J. Jurczyk, F. Buhl and U. Zielonka. 2004. Determination of high Zn and Pb concentrations in polluted soils using energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry. *Polish Journal of environmental studies* 13(1): 91–96.
- Strezov, A. and T. Nonova. 2005. Environmental Monitoring of Heavy Metals in Bulgarian Black Sea Green Algae. *Environmental Monitoring and Assessment* 105: 99–110. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-005-3158-3>
- Tighe, M., G. Rogan, S. C. Wilson, P. Grave, L. Kealhofer and P. Yukongdi. 2018. The potential for portable X-ray fluorescence determination of soil copper at ancient metallurgy sites, and considerations beyond measurements of total concentrations. *Journal of Environmental Management* 206: 373–382.
- 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.
- Weindorf, D. C., Y. Zhu, S. Chakraborty, N. Bakr and B. Huang. 2012. Use of portable X-ray fluorescence spectrometry for environmental quality assessment of peri-urban agriculture. *Environmental monitoring and assessment* 184(1): 217–227.
- Welz, B. and M. Sperling. 1999. *Atomic Absorption Spectroscopy*. 3rd Edition, Wiley-VCH. Weinheim, New York.

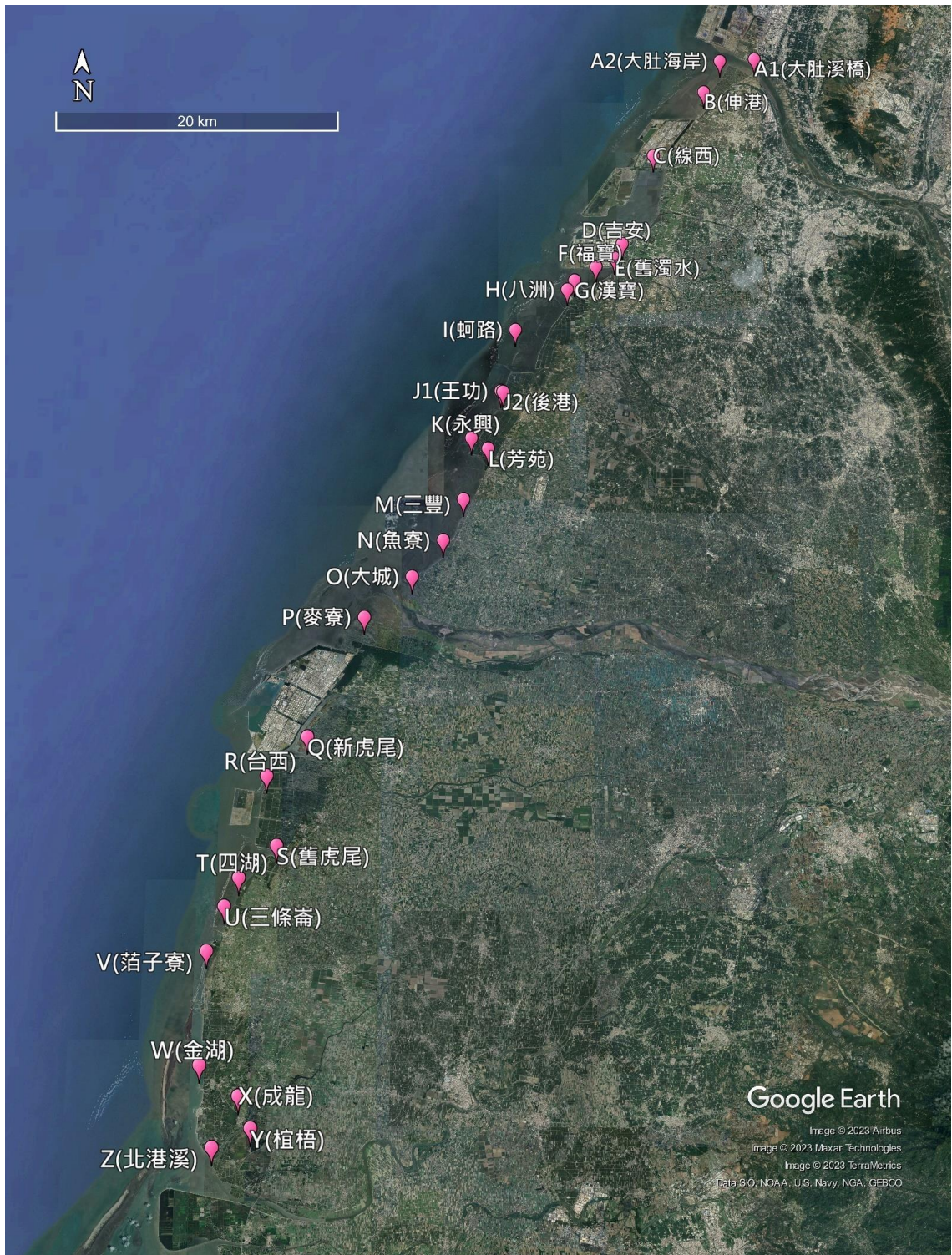
表 1 2022–2023 年間各樣站的採樣點數

Table1 Number of sampling points at each sampling station, 2022–2023

Sampling station	Sampling points		
	Water quality (2022/2023)	Soil particle size (2022/2023)	Heavy metal (2022/2023)
A1	3/3	2/2	6/6
A2	4/3	2/2	12/9
B	3/3	2/2	6/6
C	3/3	4/2	12/6
D	3/3	4/2	12/6
E	3/3	2/2	6/6
F	3/3	2/2	6/6
G	3/3	2/2	6/6
H	3/3	2/2	9/6
I	3/3	2/2	6/6
J1	3/3	2/2	6/6
J2	3/3	2/2	6/6
K	3/3	2/2	6/6
L	3/3	3/2	9/6
M	3/3	2/2	6/6
N	3/3	1/2	3/6
O	3/3	2/2	6/6
P	4/3	2/2	6/6
Q	4/3	4/2	12/6
R	3/3	2/2	6/6
S	3/3	2/2	6/6
T	3/3	2/2	6/6
U	3/3	2/2	6/6
V	3/3	2/2	6/6
W	3/3	3/2	18/6
X	3/3	2/2	6/6
Y	4/5	2/2	6/6
Z	3/3	2/2	6/6
north	2/1	0/2	12/6
	90/87	63/58	219/177
total	177	121	396

附錄 1 彰雲海岸 28 個採樣站位置圖，2022–2023 年。

Appendix 1 Twenty-eight sampling stations in Chang-Yun coastal wetlands of Taiwan, 2022–2023.



## 附錄 2 彰雲海岸 28 個採樣站編號位置描述及座標 (TWD97), 2022–2023 年

## Appendix 2 Descriptions and coordinates (TWD97) of the 28 sampling stations in Changhua and Yunlin coastal wetlands

Sampling station	Name of sampling station	Chinese name of sampling station	Description of sampling station	Coordinate (TWD97)
A1	Dadu Bridge	大肚溪橋	大肚溪口南河岸台 61 線下方	(198468 2676260)
A2	Dadu Coast	大肚海岸	大肚溪口南海岸	(196207 2676036)
B	Shenggang	伸港	伸港寮仔地溝排水位於台 61 線西側	(194895 2673746)
C	Xianxi	線西	線西工業區光電區	(191607 2669217)
D	Ji'an	吉安	吉安水道位於鹿安橋下鄰近垃圾場	(188815 2662377)
E	Old Zhuoshui	舊濁水	舊濁水溪口(東螺溪口)	(188314 2661316)
F	Fubao	福寶	福寶海堤水門外	(187010 2660674)
G	Hanbao	漢寶	漢寶溪口	(185495 2659558)
H	Bazhou	八洲	八洲排水道口	(198104 2676759)
I	Oyster Road	蚵路	蚵路外海	(181785 2657004)
J1	Wang Gong	王功	王功漁港位於王者之弓橋外	(180373 2651801)
J2	Hougang	後港	後港溪口	(180245 2651690)
K	Yongxing	永興	永興海堤南側二林溪口北岸	(178339 2648631)
L	Fang Yuan	芳苑	芳苑西華宮外	(179496 2647798)
M	Sanfeng	三豐	三豐新街海堤水門外	(177861 2644335)
N	Yuliao	魚寮	魚寮溪口南岸	(176540 2641552)
O	Dacheng	大城	大城濁水溪口北岸	(174281 2639057)
P	Mailiao	麥寮	麥寮濁水溪口南岸	(171338 2636390)
Q	New Huwei	新虎尾	新虎尾溪口	(167738 2628694)
R	Taixi	台西	台西海園北側	(165151 2626150)
S	Old Huwei	舊虎尾	舊虎尾溪口	(165907 2621777)
T	Sihu	四湖	四湖工作站水門	(162646 2617932)
U	Santiaolun	三條崙	三條崙海水浴場舊址	(161634 2615452)
V	Bazi Liao	箔子寮	箔子寮北側沙丘內側	(161438 2608485)
W	Jinhua	金湖	金湖碼頭北側	(163896 2606694)
X	Chenglong	成龍	成龍濕地	(164720 2604798)
Y	Xufu	植梧	湖口濕地之植梧滯洪池	(162385 2603637)
Z	Beigang River	北港溪	北港溪口北岸(下湖口安檢所南側)	(163597 2619822)

附錄 3 彰雲海岸及大肚溪北岸水質樣點檢測資料敘述統計表，2022–2023 年  
 Appendix 3 Statistics of water quality data along Changhua and Yunlin coastal wetlands and north bank  
 of Dadu Estuary, 2022–2023

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
water temperature °C	177	16.00	38.80	27.94	4.40
pH	177	6.87	9.67	7.96	.39
salinity psu	177	.50	65.90	23.68	12.19
electrical conductivity ms/cm	177	1.09	90.90	36.34	17.60
dissolved oxygen saturation %	172	.10	198.70	79.06	40.68
dissolved oxygen mg/l	176	.01	19.38	5.63	3.13
NO <sub>3</sub> mg/l	164	30	1200	553.26	242.89
pH(LAQUA twin)	130	6.9	9.5	7.68	.38
salinity(LAQUA twin)	160	.7	50.7	20.34	9.95

附錄 4 彰雲海岸 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之水質樣點檢測平均值，2022–2023 年  
Appendix 4 Average of water quality across 28 sampling stations along Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at the north bank of Dadu Estuary, 2022–2023

	Water temperature °C			pH			Salinity psu			Electrical conductivity ms/cm			Dissolved oxygen saturation %			Dissolved oxygen mg/l			NO <sub>3</sub> mg/l			pH (LAQUA twin)			Salinity (LAQUA twin)				
	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD
A1	30.47	4.12	6	7.68	.18	6	22.12	5.88	6	34.88	8.12	6	87.93	11.04	6	5.84	.68	6	653	210	6	7.4	.3	6	21.5	4.0	6		
A2	27.49	3.93	7	7.73	.22	7	5.03	5.25	7	8.70	8.36	7	70.86	26.14	7	5.41	2.06	7	213	139	7	7.6	.3	7	5.4	4.7	7		
B	23.18	4.26	6	7.83	.26	6	4.18	7.14	6	7.16	11.39	6	72.15	35.59	6	6.15	3.10	6	131	112	6	7.6	.4	6	3.9	5.4	6		
C	26.95	5.44	6	8.18	.41	6	19.77	9.03	6	31.26	13.58	6	97.72	39.18	6	8.99	5.57	6	530	263	6	7.7	.3	6	16.8	7.8	6		
D	27.93	6.53	6	7.82	.17	6	25.80	6.85	6	40.02	10.20	6	72.95	17.67	6	5.10	1.66	6	588	122	6	7.4	.2	6	21.8	5.3	6		
E	27.77	8.78	6	8.07	.14	6	29.15	4.67	6	44.92	6.43	6	91.25	23.87	6	6.23	1.71	6	635	162	6	7.7	.3	6	23.9	3.4	6		
F	27.08	6.47	6	7.69	.22	6	17.68	8.27	6	28.22	11.94	6	34.37	39.43	6	2.26	2.52	6	455	175	6	7.5	.3	6	15.5	6.8	6		
G	28.87	3.66	6	7.78	.26	6	7.23	2.99	6	12.51	4.76	6	66.53	28.20	6	4.97	2.17	6	260	86	6	7.6	.1	6	6.7	2.3	6		
H	31.60	2.00	6	7.73	.14	6	18.98	2.69	6	30.28	3.88	6	26.85	26.28	6	1.82	1.77	6	525	70	6	7.6	.2	6	16.5	2.4	6		
I	31.97	2.52	6	8.33	.26	6	33.47	.94	6	50.53	1.26	6	107.18	23.72	6	6.96	2.17	6	752	58	6	7.9	.5	6	28.1	1.7	6		
J	26.17	1.72	6	8.10	.20	6	30.90	1.99	6	47.40	2.69	6	98.23	9.29	6	6.68	.72	6	830	164	6	7.8	.2	6	26.1	1.0	6		
J2	26.38	1.71	6	7.80	.29	6	25.38	7.05	6	39.38	10.33	6	57.98	51.84	6	4.02	3.55	6	696	144	6	7.5	.2	6	22.5	6.2	6		
K	25.55	3.73	6	7.93	.40	6	15.12	12.51	6	24.08	18.61	6	55.04	29.74	6	5.73	4.70	6	325	193	6	7.9	.8	6	11.0	10.7	6		
L	28.07	1.50	6	8.69	.57	6	16.68	10.20	6	26.62	15.29	6	55.02	45.24	6	3.83	3.11	6	495	331	6	8.3	1.1	6	13.6	8.4	6		
M	26.17	3.43	6	7.03	.14	6	2.95	4.17	6	5.27	6.83	6	1.57	2.35	6	.13	.19	6	74	66	6	7.3	.3	6	7.5	10.8	6		
N	28.68	2.55	6	7.90	.23	6	20.65	6.29	6	32.51	9.06	6	66.53	22.67	6	4.62	1.67	6	543	229	6	7.6	.2	6	17.1	5.5	6		
O	28.25	4.31	6	8.13	.18	6	23.18	10.37	6	36.09	15.43	6	116.65	28.65	6	7.93	1.61	6	624	227	6	7.8	.2	6	20.3	8.9	6		
P	29.39	2.01	7	8.31	.38	7	25.53	4.28	7	39.74	6.02	7	105.00	24.09	7	6.95	1.55	7	706	148	7	8.0	.4	7	22.6	3.7	7		
Q	26.96	4.15	7	7.92	.19	7	23.04	11.26	7	35.86	16.23	7	76.37	27.70	7	5.19	1.60	7	600	360	7	7.7	.3	7	19.3	11.5	7		
R	28.95	3.41	6	7.82	.11	6	29.55	1.88	6	45.37	2.61	6	95.13	29.32	6	6.19	1.65	6	632	103	6	7.5	.2	6	26.4	4.3	6		
S	25.93	3.43	6	7.84	.29	6	19.43	10.03	6	30.78	14.61	6	71.83	42.58	6	5.07	2.85	6	460	178	6	7.6	.3	6	18.8	8.9	6		
T	29.97	3.43	6	7.88	.28	6	30.27	2.55	6	46.27	3.66	6	84.57	38.15	6	5.43	2.46	6	802	130	6	7.5	.5	6	26.2	1.3	6		
U	29.70	2.75	6	8.12	.13	6	33.18	1.30	6	50.32	1.83	6	106.92	5.60	6	6.79	.50	6	668	99	6	7.7	.3	6	27.1	1.2	6		
V	29.50	3.05	6	8.02	.17	6	33.05	1.44	6	49.93	2.15	6	95.98	13.48	6	6.13	.95	6	678	133	6	7.6	.2	6	27.3	2.0	6		
W	27.38	4.36	6	8.01	.09	6	30.77	3.41	6	46.35	5.21	6	92.33	13.05	6	6.19	.97	6	643	72	6	7.8	.2	6	26.4	2.6	6		
X	27.94	5.36	7	8.07	.42	7	30.97	3.49	7	47.41	4.87	7	79.97	60.59	7	6.79	5.34	7	591	140	7	8.1	.4	7	26.1	3.7	7		
Y	27.91	6.79	8	8.30	.46	8	50.05	10.00	8	71.96	12.52	8	108.77	87.04	8	8.03	5.93	8	779	124	8	8.0	.5	8	41.3	7.1	8		
Z	26.95	4.04	6	8.13	.14	6	30.18	5.83	6	41.33	12.52	6	107.92	13.73	6	7.31	.67	6	533	135	6	7.6	.3	6	24.1	6.9	6		
North	26.43	8.12	3	7.87	.36	3	26.90	5.54	3	41.70	7.28	3	92.43	25.84	3	6.37	.99	3	573	102	3	7.6	.2	3	20.4	7.3	3		

Note: measured using the LAQUA twin water quality tester.

附錄 5 彰雲海岸於 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之水質樣點檢測最大值及最小值，  
2022 - 2023 年  
Appendix 5 Maximum and minimum values of water quality across 28 sampling stations along Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary, 2022–2023

	Water temperature °C		pH		Salinity psu		Electrical conductivity Ms/cm		Dissolved oxygen saturation %		Dissolved oxygen mg/l		NO <sub>3</sub> mg/l		pH (LAQUA twin)		Salinity (LAQUA twin)	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
A1	34.20	23.50	7.94	7.44	29.00	13.20	44.30	22.50	101.40	73.30	6.63	4.88	950	380	7.7	7.0	25.9	15.6
A2	33.70	23.50	8.02	7.46	16.80	2.00	27.40	3.79	99.10	34.50	8.10	2.56	480	88	8.0	7.2	15.9	2.8
B	29.50	17.20	8.10	7.52	18.70	.50	30.30	1.09	122.60	25.20	10.18	1.90	330	30	8.2	7.3	14.8	.7
C	34.50	21.90	8.70	7.48	27.30	3.60	42.70	6.65	125.20	31.50	19.38	2.44	870	150	8.0	7.3	23.5	3.7
D	33.80	18.00	8.04	7.64	31.70	12.90	49.10	20.70	91.70	45.50	7.22	2.90	750	430	7.7	7.2	28.7	12.5
E	37.00	16.00	8.23	7.86	35.90	24.10	53.80	37.80	121.70	52.40	7.71	3.00	820	400	8.0	7.2	28.5	20.2
F	33.30	18.20	8.05	7.53	32.70	10.50	49.70	17.06	93.70	.20	6.03	.01	760	270	7.9	7.2	27.8	9.4
G	32.80	22.40	8.07	7.46	11.50	3.80	19.14	6.80	101.60	31.10	7.12	2.32	350	120	7.8	7.5	10.1	3.2
H	34.50	29.60	7.94	7.60	22.30	16.30	35.10	26.50	65.60	2.30	4.56	.15	650	460	7.9	7.4	19.5	13.7
I	35.70	29.40	8.76	8.05	34.90	32.50	52.40	49.40	128.90	62.90	10.33	3.62	820	690	8.3	7.2	30.1	25.1
J	29.30	24.60	8.48	7.90	32.80	27.50	49.90	42.80	112.00	86.60	7.74	5.84	1000	660	8.1	7.6	27.1	25.0
J2	28.80	23.70	8.15	7.47	32.60	13.20	49.60	21.20	120.60	.70	8.25	.05	950	590	7.8	7.1	28.4	13.2
K	31.10	19.70	8.59	7.53	32.10	2.20	49.10	4.14	97.70	24.60	14.62	1.90	580	120	8.5	7.3	26.5	1.9
L	30.60	26.70	9.67	8.01	29.80	4.00	46.00	7.21	123.40	6.50	8.52	.45	960	180	9.5	7.2	21.9	4.2
M	31.10	20.40	7.25	6.87	11.40	.80	19.10	1.67	6.30	.10	.51	.01	190	32	7.6	7.0	26.0	1.0
N	32.50	25.60	8.28	7.56	26.30	10.20	40.10	17.26	101.30	46.30	6.91	3.13	930	330	7.8	7.4	23.9	9.1
O	33.20	20.40	8.28	7.79	31.90	4.10	48.60	7.41	155.30	91.40	10.25	6.09	870	380	8.0	7.4	26.5	4.6
P	33.10	26.90	8.94	7.70	32.40	21.50	49.40	33.90	133.10	59.10	8.47	4.03	930	560	8.5	7.4	28.1	19.4
Q	31.90	21.60	8.13	7.59	33.20	7.40	50.20	12.90	105.50	31.60	6.99	2.47	1200	230	8.0	7.4	28.6	4.9
R	33.50	24.50	8.01	7.71	31.00	25.90	47.60	40.40	139.30	49.60	8.47	3.46	830	560	7.8	7.2	33.3	20.1
S	29.60	20.40	8.21	7.41	33.40	6.00	50.50	10.80	120.70	13.10	7.80	1.07	750	200	8.0	7.3	27.1	5.8
T	33.40	25.60	8.13	7.49	33.40	27.70	50.80	42.70	130.50	30.70	8.02	1.93	990	630	7.9	6.9	28.2	24.7
U	34.10	26.80	8.25	7.88	34.70	31.20	52.40	47.40	116.80	101.50	7.72	6.29	830	560	8.0	7.4	28.8	25.6
V	33.20	24.80	8.16	7.74	34.40	30.90	51.80	46.60	106.20	70.40	7.16	4.56	910	520	7.9	7.3	29.0	23.9
W	34.30	21.50	8.12	7.92	33.30	24.20	50.80	37.60	105.50	75.80	7.10	4.94	730	510	8.0	7.6	29.5	22.4
X	37.20	21.60	8.56	7.63	35.00	24.50	53.30	38.70	168.40	5.20	15.27	.35	750	390	8.6	7.5	29.6	19.9
Y	38.80	20.80	8.87	7.66	65.90	36.30	90.90	53.90	198.70	.40	16.00	.02	960	650	8.8	7.6	50.7	30.5
Z	32.40	20.50	8.34	8.00	33.80	18.50	51.00	21.60	129.30	89.70	8.18	6.15	700					

附錄 6 彰雲海岸於 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之水質樣點檢測平均值之年度差異，  
2022–2023 年

Appendix 6 Average of water quality from annual differences across 28 sampling stations along Changhua  
and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary, 2022–  
2023

		Water temperature °C	pH	Salinity psu	Electrical conductivity ms/cm	Dissolved oxygen saturation %	Dissolved oxygen mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	pH (LAQUA twin)	Salinity (LAQUA twin)
A1	2022	28.93	7.73	17.63	28.67	82.67	5.75	710	7.2	18.0
	2023	32.00	7.62	26.60	41.10	93.20	5.92	597	7.5	24.9
A2	2022	25.83	7.64	6.40	10.90	57.65	4.50	262	7.4	6.9
	2023	29.70	7.84	3.20	5.76	88.47	6.63	147	7.9	3.5
B	2022	25.47	7.61	1.73	3.38	42.90	3.55	130	7.4	2.4
	2023	20.90	8.06	6.63	10.95	101.40	8.74	132	7.9	5.5
C	2022	27.27	7.92	13.03	21.28	83.20	6.05	533	7.5	12.8
	2023	26.63	8.43	26.50	41.23	119.50	11.94	525	7.9	22.8
D	2022	32.63	7.75	22.23	34.57	70.60	4.54	633	7.3	19.6
	2023	23.23	7.89	29.37	45.47	75.30	5.65	543	7.5	23.9
E	2022	28.20	8.04	25.27	39.47	94.33	6.41	653	7.7	21.7
	2023	27.33	8.09	33.03	50.37	88.17	6.06	617	7.7	26.2
F	2022	27.33	7.67	13.33	21.78	28.20	1.91	377	7.5	11.7
	2023	26.83	7.72	22.03	34.67	40.53	2.60	533	7.6	19.3
G	2022	27.77	8.01	6.30	10.94	90.83	6.90	227	7.6	5.5
	2023	29.97	7.54	8.17	14.08	42.23	3.03	293	7.6	7.9
H	2022	32.37	7.80	19.53	31.03	40.70	2.72	553	7.4	17.8
	2023	30.83	7.66	18.43	29.53	13.00	.92	497	7.7	15.2
I	2022	33.03	8.14	32.97	49.83	93.20	5.67	757	7.2	28.7
	2023	30.90	8.52	33.97	51.23	121.17	8.25	747	8.2	27.4
J1	2022	25.67	8.14	29.43	45.40	99.67	6.90	933	7.8	26.5
	2023	26.67	8.06	32.37	49.40	96.80	6.46	675	7.7	25.6
J2	2022	27.60	7.82	21.33	33.47	79.37	5.49	750	7.6	20.2
	2023	25.17	7.78	29.43	45.30	36.60	2.55	615	7.3	26.1
K	2022	27.07	7.83	16.80	26.70	60.40	4.33	420	-	17.0
	2023	24.03	8.03	13.43	21.47	47.00	7.12	230	7.9	5.0
L	2022	28.03	8.74	17.93	28.57	37.10	2.54	705	8.3	20.6
	2023	28.10	8.64	15.43	24.67	72.93	5.12	285	8.4	6.6
M	2022	28.13	6.94	4.40	7.60	.67	.05	86	7.0	3.5
	2023	24.20	7.12	1.50	2.94	2.47	.20	56	7.4	13.5
N	2022	27.77	8.04	24.17	37.57	64.87	4.46	627	7.6	19.5
	2023	29.60	7.76	17.13	27.45	68.20	4.77	460	7.6	14.7
O	2022	30.90	8.08	16.33	26.00	100.70	6.86	700	7.8	16.9
	2023	25.60	8.18	30.03	46.17	132.60	8.99	510	7.8	25.4
P	2022	30.08	8.39	22.38	35.30	103.23	6.84	793	8.0	20.1
	2023	28.47	8.21	29.73	45.67	107.37	7.09	575	8.0	26.4
Q	2022	25.20	7.92	21.90	34.43	69.55	4.90	643	7.4	17.8
	2023	29.30	7.92	24.57	37.77	85.47	5.59	557	7.7	20.3
R	2022	31.67	7.85	29.83	45.63	108.50	6.80	657	7.6	26.5
	2023	26.23	7.79	29.27	45.10	81.77	5.57	607	7.5	26.3
S	2022	25.80	7.65	14.97	24.27	41.13	2.93	380	7.3	17.5
	2023	26.07	8.03	23.90	37.30	102.53	7.20	540	7.6	20.0
T	2022	30.20	7.70	29.40	45.07	56.30	3.68	870	7.1	26.6
	2023	29.73	8.06	31.13	47.47	112.83	7.18	733	7.9	25.9
U	2022	31.00	8.05	32.90	49.87	104.60	6.52	687	7.5	27.0
	2023	28.40	8.20	33.47	50.77	109.23	7.05	650	7.9	27.2
V	2022	29.73	8.03	32.07	48.43	98.20	6.29	693	7.4	26.4
	2023	29.27	8.01	34.03	51.43	93.77	5.96	663	7.8	28.1
W	2022	28.33	7.94	28.57	42.53	90.13	6.02	603	7.7	24.7
	2023	26.43	8.09	32.97	50.17	94.53	6.36	683	7.9	27.6
X	2022	26.60	7.74	30.45	46.75	47.53	3.11	570	7.5	25.2
	2023	29.73	8.51	31.67	48.30	144.85	11.69	620	8.3	27.0
Y	2022	32.00	8.21	45.17	65.83	125.50	7.26	925	-	38.7
	2023	25.46	8.36	52.98	75.64	92.03	8.61	720	8.0	42.3
Z	2022	27.83	8.17	27.00	41.70	104.13	7.03	483	-	20.5
	2023	26.07	8.09	33.37	40.97	111.70	7.59	583	7.6	26.5
North	2022	21.75	7.69	23.70	37.50	79.10	6.07	515	7.5	16.3
	2023	35.80	8.24	33.30	50.10	119.10	6.98	690	7.8	28.6

附錄 7 彰雲海岸土壤粒徑 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之分區表，2022–2023 年  
Appendix 7 Statistics of soil particle size data at 28 sampling stations along the Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary, 2022–2023

	Sand					Silt					Clay				
	Maximum	Minimum	Median	Mean	SD	Maximum	Minimum	Median	Mean	SD	Maximum	Minimum	Median	Mean	SD
A1	60	56	60	58.75	1.89	29	24	27	26.75	2.06	17	12	15	14.50	2.38
A2	92	71	81	81.25	9.18	17	2	10	9.75	6.60	12	6	9	9.00	2.58
B	75	59	70	68.25	7.63	22	13	17	17.00	4.24	19	11	15	14.75	3.50
C	90	77	84	83.67	5.72	12	4	8	7.83	3.43	12	6	9	8.50	2.51
D	74	63	70	69.67	4.13	21	12	17	16.17	3.31	16	13	14	14.17	1.47
E	84	54	66	67.50	13.63	31	7	22	20.50	11.09	15	9	12	12.00	2.58
F	91	62	69	72.75	13.02	25	1	18	15.25	10.78	14	8	13	12.00	2.71
G	93	79	82	83.75	6.40	12	2	10	8.25	4.35	10	5	9	8.00	2.16
H	82	67	77	75.75	6.50	20	9	14	14.25	4.57	13	8	10	10.00	2.16
I	93	60	89	82.75	15.63	24	1	4	8.25	10.87	16	6	7	9.00	4.76
J1	92	76	85	84.50	7.72	14	2	7	7.25	5.74	10	5	9	8.25	2.36
J2	76	62	72	70.50	5.97	20	14	16	16.25	2.63	18	10	13	13.25	3.40
K	86	73	81	80.25	5.91	17	5	10	10.50	5.20	10	8	10	9.25	0.96
L	56	46	56	53.00	4.47	27	18	23	22.80	3.27	27	20	26	24.20	3.03
M	60	50	52	53.50	4.73	32	18	26	25.50	6.24	23	18	22	21.00	2.16
N	61	53	53	55.67	4.62	30	20	27	25.67	5.13	20	17	19	18.67	1.53
O	57	50	54	53.75	2.87	32	26	29	28.75	3.20	24	12	17	17.50	5.51
P	62	59	60	60.25	1.26	26	21	23	23.25	2.22	18	14	17	16.50	1.73
Q	92	59	74	74.17	13.79	21	3	14	12.50	7.12	23	5	12	13.33	7.03
R	81	76	79	78.75	2.22	15	10	12	12.00	2.16	10	9	9	9.25	0.50
S	55	50	53	52.75	2.22	30	21	26	25.75	3.69	24	18	22	21.50	3.00
T	86	85	86	85.50	0.58	7	4	5	5.00	1.41	10	8	10	9.50	1.00
U	93	73	92	87.50	9.71	18	2	3	6.50	7.68	9	4	6	6.00	2.16
V	94	89	91	91.25	2.06	3	1	2	2.00	0.82	8	5	7	6.75	1.26
W	95	94	94	94.20	0.45	1	0	1	0.80	0.45	6	4	5	5.00	0.71
X	85	82	84	83.50	1.73	8	5	7	6.75	1.26	11	8	10	9.75	1.26
Y	82	62	64	68.00	9.38	23	9	20	17.75	6.18	18	9	15	14.25	4.11
Z	84	76	82	80.75	3.95	13	7	10	9.75	3.20	11	9	9	9.50	1.00
North	85	78	82	81.50	4.95	12	7	10	9.50	3.54	10	8	9	9.00	1.41

附錄 8 彰雲海岸土壤粒徑 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之上下土層統計表，2022–2023 年  
Appendix 8 Statistics of soil particle size data from upper and lower soil layers at 28 sampling stations along the Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary, 2022–2023

	Sand										Clay										Silt										
	Lower soil layer					Upper soil layer					Lower soil layer					Upper soil layer					Lower soil layer					Upper soil layer					
	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean
A1	60	60	60	0	59	56	58	2	16	13	15	2	17	12	15	4	27	24	26	2	29	27	28	1							
A2	92	85	89	5	77	71	74	4	8	6	7	1	12	10	11	1	7	2	5	4	17	13	15	3							
B	74	65	70	6	75	59	67	11	16	13	15	2	19	11	15	6	19	13	16	4	22	14	18	6							
C	90	87	89	2	81	77	79	2	7	6	6	1	12	10	11	1	7	4	5	2	12	9	11	2							
D	74	69	72	3	70	63	67	4	14	13	13	1	16	13	15	2	18	12	14	3	21	16	18	3							
E	73	54	64	13	84	59	72	18	15	11	13	3	13	9	11	3	31	16	24	11	28	7	18	15							
F	73	65	69	6	91	62	77	21	14	13	14	1	13	8	11	4	22	13	18	6	25	1	13	17							
G	93	83	88	7	80	79	80	1	8	5	7	2	10	9	10	1	9	2	6	5	12	10	11	1							
H	82	67	75	11	79	75	77	3	13	9	11	3	10	8	9	1	20	9	15	8	15	13	14	1							
I	93	60	77	23	93	85	89	6	16	6	11	7	8	6	7	1	24	1	13	16	7	1	4	4							
J1	90	80	85	7	92	76	84	11	10	8	9	1	10	5	8	4	10	2	6	6	14	3	9	8							
J2	72	62	67	7	76	72	74	3	18	13	16	4	12	10	11	1	20	15	18	4	16	14	15	1							
K	86	84	85	1	78	73	76	4	9	8	9	1	10	10	10	0	8	5	7	2	17	12	15	4							
L	56	46	51	7	56	51	54	3	27	22	25	4	26	20	24	3	27	22	25	4	24	18	22	3							
M	54	50	52	3	60	50	55	7	23	18	21	4	22	21	22	1	32	23	28	6	29	18	24	8							
N	53	53	53	.	61	53	57	6	20	20	20	.	19	17	18	1	27	27	27	.	30	20	25	7							
O	57	50	54	5	54	54	54	0	24	12	18	8	20	14	17	4	31	26	29	4	32	26	29	4							
P	60	59	60	1	62	60	61	1	18	17	18	1	17	14	16	2	24	22	23	1	26	21	24	4							
Q	92	59	79	18	76	59	69	9	23	5	12	10	20	10	15	5	18	3	9	8	21	14	16	4							
R	78	76	77	1	81	80	81	1	10	9	10	1	9	9	9	0	15	12	14	2	11	10	11	1							
S	54	50	52	3	55	52	54	2	24	20	22	3	24	18	21	4	26	26	26	0	30	21	26	6							
T	86	85	86	1	86	85	86	1	10	8	9	1	10	10	10	0	7	4	6	2	5	4	5	1							
U	91	73	82	13	93	93	93	0	9	6	8	2	5	4	5	1	18	3	11	11	3	2	3	1							
V	91	89	90	1	94	91	93	2	8	7	8	1	7	5	6	1	3	2	3	1	2	1	2	1							
W	94	94	94	0	95	94	94	1	5	5	5	0	6	4	5	1	1	1	1	0	1	0	1	1							
X	85	82	84	2	85	82	84	2	11	8	10	2	10	10	10	0	7	7	7	0	8	5	7	2							
Y	64	64	64	0	82	62	72	14	18	13	16	4	17	9	13	6	23	18	21	4	21	9	15	8							
Z	84	76	80	6	84	79	82	4	11	9	10	1	9	9	9	0	13	7	10	4	12	7	10	4							
North	78	78	78	.	85	85	85	.	10	10	10	.	8	8	8	.	12	12	12	.	7	7	7	.							

附錄 9 彰雲海岸土壤粒徑 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之年度差異統計表，2022–2023 年  
 Appendix 9 Statistics of soil particle size data from annual differences across 28 sampling stations along the Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary, 2022–2023

	Sand								Clay								Silt							
	2022				2023				2022				2023				2022				2023			
	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD
A1	60	59	60	1	60	56	58	3	13	12	13	1	17	16	17	1	29	27	28	1	27	24	26	2
A2	85	77	81	6	92	71	82	15	10	8	9	1	12	6	9	4	13	7	10	4	17	2	10	11
B	65	59	62	4	75	74	75	1	19	16	18	2	13	11	12	1	22	19	21	2	14	13	14	1
C	90	77	84	6	87	78	83	6	12	6	9	3	10	6	8	3	11	4	7	4	12	7	10	4
D	74	63	70	5	69	68	69	1	16	13	14	1	16	13	15	2	21	12	16	4	18	16	17	1
E	59	54	57	4	84	73	79	8	15	13	14	1	11	9	10	1	31	28	30	2	16	7	12	6
F	65	62	64	2	91	73	82	13	13	13	13	0	14	8	11	4	25	22	24	2	13	1	7	8
G	83	80	82	2	93	79	86	10	10	8	9	1	9	5	7	3	10	9	10	1	12	2	7	7
H	79	67	73	8	82	75	79	5	13	8	11	4	10	9	10	1	20	13	17	5	15	9	12	4
I	85	60	73	18	93	93	93	0	16	8	12	6	6	6	6	0	24	7	16	12	1	1	1	0
J1	92	90	91	1	80	76	78	3	8	5	7	2	10	10	10	0	3	2	3	1	14	10	12	3
J2	72	62	67	7	76	72	74	3	18	12	15	4	13	10	12	2	20	16	18	3	15	14	15	1
K	86	78	82	6	84	73	79	8	10	9	10	1	10	8	9	1	12	5	9	5	17	8	13	6
L	56	46	51	5	56	56	56	0	27	26	26	1	22	20	21	1	27	18	23	5	24	22	23	1
M	60	54	57	4	50	50	50	0	23	22	23	1	21	18	20	2	23	18	21	4	32	29	31	2
N	61	61	61	.	53	53	53	0	19	19	19	.	20	17	19	2	20	20	20	.	30	27	29	2
O	54	50	52	3	57	54	56	2	24	20	22	3	14	12	13	1	26	26	26	0	32	31	32	1
P	62	60	61	1	60	59	60	1	18	17	18	1	17	14	16	2	22	21	22	1	26	24	25	1
Q	87	59	69	13	92	76	84	11	23	8	16	7	10	5	8	4	21	5	15	7	14	3	9	8
R	80	78	79	1	81	76	79	4	10	9	10	1	9	9	9	0	12	11	12	1	15	10	13	4
S	55	50	53	4	54	52	53	1	24	24	24	0	20	18	19	1	26	21	24	4	30	26	28	3
T	86	85	86	1	86	85	86	1	10	10	10	0	10	8	9	1	5	4	5	1	7	4	6	2
U	93	91	92	1	93	73	83	14	6	5	6	1	9	4	7	4	3	2	3	1	18	3	11	11
V	91	89	90	1	94	91	93	2	8	7	8	1	7	5	6	1	3	2	3	1	2	1	2	1
W	94	94	94	0	95	94	95	1	6	5	5	1	5	4	5	1	1	0	1	1	1	1	1	0
X	82	82	82	0	85	85	85	0	11	10	11	1	10	8	9	1	8	7	8	1	7	5	6	1
Y	82	64	73	13	64	62	63	1	13	9	11	3	18	17	18	1	23	9	16	10	21	18	20	2
Z	84	84	84	0	79	76	78	2	9	9	9	0	11	9	10	1	7	7	7	0	13	12	13	1
North	.	.	.	.	85	78	82	5	.	.	.	.	10	8	9	1	.	.	.	.	12	7	10	4

附錄 10 彰雲海岸土壤粒徑 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之年度差異及上下土層平均值統計表，2022–2023 年

Appendix 10 Statistics of soil particle size data from upper and lower soil layers and annual differences across 28 sampling stations along the Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary, 2022–2023

Year	Sand				Silt				Clay			
	2022		2023		2022		2023		2022		2023	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
A1	60	59	60	56	27	29	24	27	13	12	16	17
A2	85	77	92	71	7	13	2	17	8	10	6	12
B	65	59	74	75	19	22	13	14	16	19	13	11
C	90	79	87	78	4	10	7	12	7	11	6	10
D	74	67	69	68	13	19	18	16	14	15	13	16
E	54	59	73	84	31	28	16	7	15	13	11	9
F	65	62	73	91	22	25	13	1	13	13	14	8
G	83	80	93	79	9	10	2	12	8	10	5	9
H	67	79	82	75	20	13	9	15	13	8	9	10
I	60	85	93	93	24	7	1	1	16	8	6	6
J1	90	92	80	76	2	3	10	14	8	5	10	10
J2	62	72	72	76	20	16	15	14	18	12	13	10
K	86	78	84	73	5	12	8	17	9	10	8	10
L	46	54	56	56	27	21	22	24	27	26	22	20
M	54	60	50	50	23	18	32	29	23	22	18	21
N	.	61	53	53	.	20	27	30	.	19	20	17
O	50	54	57	54	26	26	31	32	24	20	12	14
P	60	62	59	60	22	21	24	26	18	17	17	14
Q	73	66	92	76	12	18	3	14	16	17	5	10
R	78	80	76	81	12	11	15	10	10	9	9	9
S	50	55	54	52	26	21	26	30	24	24	20	18
T	86	85	85	86	4	5	7	4	10	10	8	10
U	91	93	73	93	3	2	18	3	6	5	9	4
V	89	91	91	94	3	2	2	1	8	7	7	5
W	94	94	94	95	1	1	1	1	5	6	5	4
X	82	82	85	85	7	8	7	5	11	10	8	10
Y	64	82	64	62	23	9	18	21	13	9	18	17
Z	84	84	76	79	7	7	13	12	9	9	11	9
North	.	.	78	85	.	.	12	7	.	.	10	8

附錄 11 彰雲海岸 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站 32 種土壤重金屬含量最大值及平均值，  
2022–2023 年

Appendix 11 Maximum and average values (mg/kg) of 32 heavy metals along the Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary, 2022–2023

	N	Maximum	Mean	SD
Mo	396	14.76	1.55	1.90
Zr	396	1248.0	299.34	140.53
Sr	396	151.63	91.34	19.17
U	396	13.32	1.17	2.21
Rb	396	140.21	86.64	20.49
Th	396	34.30	14.83	4.01
Pb	396	74.14	22.23	7.96
Se	396	2.54	.09	.32
As	396	22.97	9.30	3.66
Hg	396	23.70	3.70	4.53
Zn	396	331.69	107.10	49.39
W	396	76.65	13.26	15.33
Cu	396	88.55	22.38	17.81
Ni	396	94.50	23.33	18.84
Co	396	286.61	60.88	53.59
Fe	396	37349	23093.90	5792.09
Mn	396	1003.1	320.00	139.60
Cr	396	119.35	27.70	17.28
V	396	111.35	42.42	18.96
Ti	396	6075	3337.75	714.98
Sc	396	31.17	5.22	5.82
Ca	396	21402	7436.76	3185.71
K	396	24352	16179.80	3423.80
S	396	3739	1133.16	810.24
Ba	396	554.79	428.35	42.28
Cs	396	118.39	78.82	16.67
Te	396	225.29	133.97	34.37
Sb	396	76.59	34.90	10.96
Sn	396	67.57	41.21	10.23
Cd	396	19.37	7.27	3.52
Ag	396	10.85	2.76	2.26
Pd	396	15.28	2.78	2.84

附錄 12 彰雲海岸 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之土壤重金屬分區平均值，2022–2023 年  
 Appendix 12 Average values (mg/kg) of heavy metals from 28 sampling stations along the Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary, 2022–2023

	Mo	Zr	Sr	U	Rb	Th	Pb	Se	As	Hg	Zn	W	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Sc	Ca	K	S	Ba	Cs	Te	Sb	Sn	Cd	Ag	Pd
A1	0.3	290.5	87.5	0.50	96.5	15.6	28.2	0.05	9.4	4.0	107.2	25.5	30.1	40.5	87.7	24398.5	355.4	15.3	45.3	3896.4	2.4	4746.7	18332.4	556.0	445.2	71.0	109.0	24.8	43.2	4.4	1.4	1.5
A2	0.8	301.3	65.9	1.23	73.7	12.1	19.7	0.03	8.3	2.5	113.9	17.3	25.4	35.0	35.3	18233.9	253.3	18.7	28.7	2684.2	2.1	4253.3	14722.1	1186.8	434.0	86.1	146.2	38.7	47.4	7.6	2.2	2.2
B	0.3	303.5	77.4	1.75	89.6	15.1	24.1	0.24	10.1	3.6	117.0	24.9	28.4	47.2	39.5	21864.4	319.7	37.7	46.3	3466.1	3.2	3883.1	17394.6	457.5	430.6	75.6	127.9	33.9	41.2	7.1	2.0	1.8
C	0.9	306.3	61.4	0.67	74.5	12.1	17.5	0.15	7.9	3.7	118.4	10.5	40.6	32.0	30.7	16992.1	244.2	25.4	37.2	2780.9	1.9	3658.1	15162.1	685.3	446.9	89.0	161.4	41.5	50.3	8.3	4.2	3.4
D	1.1	218.7	92.7	1.03	95.5	14.9	28.6	0.09	9.3	6.2	183.8	11.2	47.1	34.4	45.6	25006.3	337.5	40.5	47.4	3639.4	4.5	7119.4	18746.3	1310.5	430.1	74.0	126.7	32.6	40.7	6.7	2.9	1.5
E	1.6	206.0	104.1	0.53	107.4	15.9	27.0	0.15	9.1	5.5	233.6	18.0	50.9	35.0	61.9	27910.8	268.7	44.4	57.0	3725.5	5.6	6138.3	18999.0	2975.5	401.3	59.7	99.3	24.6	35.0	5.4	1.9	2.0
F	2.1	264.4	102.8	0.11	102.8	14.8	26.0	0.24	7.3	3.1	175.6	11.8	35.9	28.6	77.4	26799.9	285.0	39.9	54.3	3704.5	5.8	6449.4	18697.7	2959.2	430.3	71.4	121.2	29.8	38.6	5.3	2.2	2.3
G	1.0	225.0	104.4	1.95	88.1	14.0	19.3	0.18	7.9	3.8	96.0	13.4	10.8	23.2	63.6	23226.9	403.2	18.9	43.6	3287.7	7.2	10391.0	16633.1	535.9	482.2	89.7	148.3	38.2	47.6	9.0	2.1	2.8
H	1.1	313.6	100.7	2.34	90.3	14.4	21.1	0.04	8.1	3.8	143.7	15.6	19.8	22.7	69.2	22087.4	262.2	29.0	35.2	3361.7	6.8	8116.6	16611.9	1920.0	417.0	72.5	123.1	30.0	37.9	6.3	2.5	1.7
I	0.8	208.8	91.1	1.78	80.3	12.6	17.6	0.00	6.5	2.9	76.4	11.0	5.1	17.5	34.7	21339.5	306.1	17.4	41.0	2958.2	5.0	8767.0	14834.5	685.7	466.1	94.3	158.3	41.9	47.7	9.9	3.2	2.9
J1	2.9	492.5	71.1	0.31	70.4	12.3	16.4	0.12	9.3	2.8	65.9	5.8	12.9	16.9	65.5	17903.6	218.1	14.5	38.0	2722.5	2.5	7089.9	14100.5	1035.3	433.5	91.0	156.3	43.1	49.6	8.1	4.3	2.8
J2	3.0	684.9	90.5	2.01	90.9	17.3	22.0	0.00	10.1	2.1	98.7	14.6	20.1	21.3	55.6	24279.8	281.5	30.6	44.1	3799.9	6.0	7353.4	17554.6	1010.8	440.4	79.4	137.5	35.7	40.4	7.8	2.3	2.9
K	1.2	535.5	79.7	1.90	72.1	14.6	18.8	0.02	8.5	3.7	72.3	14.8	15.4	19.7	50.4	19450.6	238.3	20.6	37.4	3204.3	5.7	8091.3	15023.7	1139.0	422.6	84.5	144.1	36.6	41.7	6.9	2.5	2.9
L	2.1	217.5	118.3	0.94	117.6	19.6	31.7	0.20	10.4	3.2	136.8	13.7	37.9	25.9	74.8	31720.8	390.6	40.1	56.6	4012.2	7.5	8113.3	19513.3	1290.7	378.5	54.7	93.5	21.6	25.0	5.6	2.4	2.2
M	1.8	201.8	124.2	0.78	126.9	18.7	30.4	0.16	10.6	5.1	162.0	18.7	36.8	20.4	109.4	33697.4	477.5	38.9	68.2	4159.9	19.2	13849.0	21183.9	2197.8	430.4	61.9	102.2	26.7	32.2	6.9	1.9	5.3
N	1.9	266.7	116.1	0.02	117.3	18.2	27.9	0.00	12.0	4.6	116.1	11.6	23.7	36.6	90.4	31604.8	412.7	31.6	61.1	4192.2	6.0	9444.9	20698.4	1816.4	404.3	58.8	89.4	24.3	28.2	5.1	1.6	2.7
O	1.8	276.8	118.8	1.32	104.7	15.6	25.6	0.25	12.0	5.4	99.2	12.2	21.2	19.6	102.8	29555.7	483.3	31.3	56.9	3873.0	11.9	10519.7	17383.6	555.1	406.9	63.9	113.2	28.3	32.7	7.0	2.1	2.9
P	1.9	259.5	109.0	0.23	101.3	17.9	24.0	0.03	12.0	3.4	91.2	10.1	19.1	21.1	85.9	27603.5	503.6	32.6	47.5	3904.5	9.3	9199.8	18268.6	447.4	426.1	69.4	115.1	29.2	33.1	5.6	2.4	1.3
Q	1.4	234.5	94.1	2.18	87.6	14.7	21.9	0.00	8.2	2.8	92.7	10.6	13.0	21.8	61.0	23704.9	296.6	30.3	45.0	3329.3	6.0	8137.9	16226.3	923.4	437.4	85.1	151.7	40.6	42.3	8.6	3.7	3.5
R	1.8	283.6	84.5	1.30	71.7	11.4	15.3	0.06	11.7	2.4	65.5	13.9	7.2	14.2	31.9	18911.4	250.3	23.9	32.7	3043.4	3.2	6607.0	14453.0	1104.4	430.9	87.5	155.7	41.2	43.3	9.2	3.4	3.0
S	3.6	248.1	110.2	0.27	117.2	18.7	30.0	0.12	14.9	4.1	160.0	14.3	33.9	11.3	103.8	33336.7	397.2	36.4	53.4	4148.2	6.5	7182.1	19792.5	1515.7	393.4	58.4	96.5	28.1	31.2	6.7	2.6	2.9
T	0.8	202.9	83.9	1.29	76.5	13.5	15.4	0.02	6.2	2.3	72.4	9.3	9.0	12.4	59.3	19893.8	395.1	15.3	29.6	2914.6	1.7	6783.3	14149.3	878.6	465.9	91.6	159.4	41.2	47.7	9.2	3.0	2.8
U	0.8	223.2	79.2	0.02	66.5	11.0	14.0	0.12	8.0	5.8	57.6	10.1	4.3	11.4	53.6	17071.0	205.8	17.5	30.5	2616.2	2.3	8064.2	12638.0	721.1	456.9	96.4	171.2	46.7	49.3	9.3	4.8	4.6
V	2.1	339.1	83.2	0.95	60.1	13.7	17.8	0.08	11.2	2.8	58.3	8.6	7.4	12.4	49.8	19896.6	298.9	17.0	34.1	2916.2	5.6	11403.9	11147.0	578.4	431.0	95.3	165.3	44.8	48.7	8.4	4.2	3.5
W	2.6	399.2	92.1	1.58	58.4	16.8	17.2	0.01	11.7	4.1	72.2	13.9	8.8	15.5	58.4	22152.5	529.9	31.1	34.5	3044.9	6.2	10533.6	11160.6	521.7	432.0	91.8	138.9	37.0	50.2	6.7	2.0	4.4
X	1.9	270.6	92.3	0.16	65.4	12.8	28.8	0.22	7.2	2.8	55.2	10.6	24.6	16.8	26.5	15860.4	214.2	17.5	29.0	2735.7	3.5	8412.7	13688.5	1632.1	405.6	80.6	139.0	39.1	39.8	8.2	3.1	2.9
Y	1.0	260.9	95.3	1.14	88.0	15.5	20.2	0.05	9.3	5.2	83.9	9.4	17.2	29.6	69.0	23470.5	163.9	28.9	48.7	3557.8	3.3	4478.6	16333.7	956.0	409.3	71.6	125.7	33.8	34.2	6.3	2.9	2.6
Z	1.1	291.5	77.7	2.49	67.6	11.7	16.2	0.12	6.8	4.0	64.9	9.3	9.5	19.8	26.0	17366.7	209.9	18.7	30.0	2996.9	2.6	5739.7	14896.4	1301.5	430.8	83.3	144.4	36.0	43.8	7.2	2.5	2.0
North	1.6	320.2	76.5	1.77	90.1	15.6	25.9	0.02	7.0	2.4	98.4	12.9	24.0	12.2	81.7	21685.1	225.4	31.5	38.7	3160.8	1.9	4005.5	16307.7	851.0	402.1	76.6	133.3	34.4	37.2	7.6	3.3	2.4

附錄 13 彰雲海岸 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之土壤重金屬上下土層最大值，2022–2023  
 Appendix 13 Maximum values (mg/kg) of heavy metals from 28 sampling stations categorized by upper and lower soil layers along the Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary, 2022–2023

	Mo		Zr		Sr		U		Rb		Th		Pb		Se		As		Hg		Zn		W		Cu		Ni		Co		Fe	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
A1	1.96	.59	317.1	305.7	89.67	93.29	.00	4.02	103.82	102.86	17.37	19.81	34.56	30.97	.00	.63	11.63	14.18	9.89	9.70	122.34	130.20	64.16	35.53	38.87	42.35	58.32	<b>94.50</b>	174.93	144.95	26024	26845
A2	4.67	4.53	387.6	513.1	72.12	85.21	8.92	3.85	74.10	92.09	16.01	17.78	19.84	28.56	.65	.00	8.32	<b>22.97</b>	6.19	14.39	138.36	158.16	40.97	52.66	37.28	54.40	54.22	68.93	72.64	85.93	16418	26091
B	.84	1.11	333.3	340.0	84.04	90.62	.00	8.51	97.68	100.34	17.08	20.08	30.21	30.51	2.04	.89	12.06	12.32	13.23	8.59	121.18	140.51	33.77	<b>76.65</b>	37.37	47.48	63.07	69.72	89.67	41.30	24001	25932
C	2.52	3.21	485.9	349.9	63.31	73.26	5.52	3.20	74.80	89.66	14.98	17.03	21.56	26.92	.77	1.75	9.58	11.66	9.70	14.20	155.39	184.77	46.25	26.64	50.50	<b>88.55</b>	67.95	54.72	102.52	103.85	16903	20293
D	2.92	6.22	238.1	245.7	106.94	124.44	4.46	8.73	102.51	105.68	15.40	22.62	33.28	39.97	.62	.40	11.90	14.45	12.51	14.91	216.50	229.24	19.20	46.02	78.69	68.73	63.23	68.59	104.38	161.45	27721	29478
E	3.69	6.77	213.2	227.1	121.11	107.82	3.06	.39	131.63	126.29	23.17	22.59	31.98	33.80	.89	.23	15.76	14.48	<b>23.70</b>	11.09	<b>331.69</b>	293.82	49.97	46.09	80.98	68.76	66.68	42.50	150.69	121.67	32685	32833
F	5.03	3.88	291.9	385.6	111.04	110.05	.00	1.26	115.32	111.01	20.49	19.13	35.64	29.24	.84	1.44	11.56	12.08	10.68	8.57	213.58	238.35	38.31	9.56	63.18	53.44	55.33	53.83	66.16	60.36	28086	
G	.51	3.31	250.8	289.1	110.04	108.72	7.61	3.90	89.69	99.16	16.89	17.61	21.67	25.70	.74	1.12	12.62	11.78	6.38	11.62	104.68	111.86	41.43	36.90	13.07	34.89	59.67	44.73	136.58	127.06	26525	24455
H	.53	4.13	375.5	335.1	115.60	108.58	5.65	9.94	94.59	99.06	17.41	19.38	24.51	24.89	.56	.00	11.71	17.06	15.54	7.97	144.08	188.96	42.22	40.78	38.19	35.81	64.16	61.33	147.26	130.46	25191	23654
I	.51	3.86	250.8	234.7	110.04	108.72	7.61	3.90	86.39	93.29	15.23	16.46	21.67	25.70	.00	.00	12.19	9.69	7.09	11.46	96.09	92.89	30.82	29.54	13.07	8.92	43.89	35.81	66.63	79.21	22440	24423
J1	3.46	7.87	546.6	1057.8	90.61	93.88	.00	1.99	80.05	85.89	12.80	18.23	20.41	22.99	1.36	.13	14.02	10.35	7.37	6.41	92.43	93.21	30.27	19.75	17.74	47.63	20.79	39.23	106.47	78.52	21287	22049
J2	5.66	5.49	781.8	905.9	104.96	90.53	9.17	6.90	99.54	88.31	22.16	20.70	31.88	23.53	.00	.00	15.05	12.98	4.75	13.25	110.14	105.36	40.09	29.88	42.41	34.60	42.11	32.02	164.67	105.45	27879	23973
K	4.27	2.28	532.2	723.9	105.49	90.05	5.03	5.28	77.78	85.74	17.18	18.90	22.58	22.44	.28	.00	10.54	10.78	9.98	3.32	90.44	86.83	24.25	41.55	21.61	26.42	29.60	44.83	71.37	188.48	20661	20661
L	4.70	4.16	222.7	241.1	<b>151.63</b>	124.13	3.12	7.48	138.88	125.26	28.76	27.61	38.72	39.35	.00	2.18	12.36	15.48	8.64	14.38	165.06	159.54	25.89	43.53	50.73	57.43	47.62	47.81	161.69	142.61	36881	34387
M	4.06	4.74	204.7	242.4	131.35	129.30	4.83	1.38	<b>140.21</b>	137.26	22.72	22.65	32.02	36.21	1.79	.18	14.77	11.78	14.25	20.52	190.69	202.46	58.00	48.26	49.35	43.51	51.12	36.21	132.84	<b>286.61</b>	3570	3360
N	3.54	3.58	275.9	304.5	124.98	120.99	.00	.22	124.49	119.54	23.33	19.78	30.48	31.15	.00	.00	13.23	16.94	10.06	10.26	141.02	130.06	28.22	24.00	40.51	53.57	47.88	154.42	138.53	32012	32012	
O	8.75	4.12	371.2	338.7	127.94	131.42	9.99	2.86	128.61	120.37	21.20	19.41	29.15	36.92	.22	1.57	16.05	18.84	16.35	19.90	125.16	105.74	38.40	29.69	36.15	41.33	22.49	53.51	225.18	159.95	35867	32851
P	4.42	3.44	269.4	295.7	119.25	111.61	2.75	.00	112.52	102.88	21.25	19.78	32.50	28.66	.00	.33	14.79	15.55	15.39	5.34	104.46	105.20	12.95	39.38	20.83	35.96	47.21	49.13	112.24	174.25	30344	28508
Q	3.42	6.30	298.9	276.7	142.74	116.58	8.42	<b>13.32</b>	113.26	117.23	20.96	19.77	31.85	41.06	.00	.00	10.56	13.87	12.25	8.22	129.38	169.75	29.24	44.61	26.45	38.49	39.32	50.66	128.39	133.87	31027	33800
R	2.96	4.05	340.0	290.2	108.33	82.18	6.68	6.30	81.90	73.94	12.98	13.51	22.21	17.88	.42	.00	17.78	11.25	9.18	8.19	73.97	72.29	13.66	41.15	17.12	15.22	30.71	32.11	90.52	23.05	21828	18950
S	6.00	8.31	254.1	276.1	117.62	117.49	.65	2.60	125.52	118.42	23.65	21.25	32.90	34.71	.81	.00	19.52	17.38	11.72	9.89	191.47	164.22	34.96	43.30	35.17	36.93	17.79	18.43	210.86	185.51	<b>37349</b>	35741
T	2.90	3.82	252.1	220.0	99.73	87.18	5.03	3.75	85.06	78.68	16.79	15.95	19.68	18.72	.28	.00	9.71	10.48	2.71	7.23	75.48	89.91	37.92	11.93	13.84	13.77	20.65	37.10	120.77	106.56	22710	21503
U	1.80	3.43	254.5	308.5	89.76	85.04	.00	.15	72.35	69.34	12.87	12.98	17.19	17.24	1.35	.13	10.04	13.38	13.36	14.40	69.63	61.04	34.17	30.29	10.79	7.58	42.01	33.59	78.96	108.28	18877	18678
V	2.69	4.23	554.6	469.0	91.09	87.95	.99	5.46	67.12	66.83	19.72	15.91	24.60	22.25	.94	.00	14.86	14.44	9.31	7.68	67.20	76.44	5.19	37.95	16.82	17.45	25.63	30.22	204.06	95.00	21644	21484
W	<b>14.76</b>	<b>5.66</b>	<b>1248.0</b>	<b>821.4</b>	114.37	109.48	4.51	5.46	62.72	69.69	<b>34.30</b>	23.75	23.74	27.99	.00	.26	21.73	16.87	14.21	18.12	106.85	89.58	52.61	37.76	22.31	9.89	36.41	44.24	197.52	157.49	34486	32384
X	3.42	3.47	289.1	327.7	87.74	122.85	.00	1.90	66.92	70.75	16.37	18.90	26.55	<b>74.14</b>	<b>2.54</b>	.00	10.61	8.52	12.99	12.24	57.33	69.45	52.10	16.12	23.45	72.36	29.83	46.13	106.56	162.96	17428	
Y	2.13	3.76	315.1	292.9	106.00	106.05	4.53	2.44	93.45	103.81	18.76	21.53	29.58	26.76	.00	.00	14.12	11.06	5.06	90.11	111.99	7.90	39.63	27.75	33.97	67.28	44.44	121.64	167.55	25374	27057	
Z	5.48	.97	341.3	313.4	88.99	83.68	2.94	8.94	79.05	70.81	15.47	15.34	21.35	20.07	.01	1.43	9.77	11.79	9.07	11.13	85.39	67.99	15.87	50.41	25.54	11.27	67.67	34.06	72.83	64.41	21061	18551
North	5.26	3.90	408.3	408.1	93.35	94.14	8.78	1.80	119.13	108.88	20.57	17.61	37.44	31.35	.41	.00	11.17	9.45	10.35	9.37	140.56	134.68	52.64	45.54	30.19	43.83	19.86	57.01	208.18	189.55	30058	27601

	Mn		Cr		V		Ti		Se		Ca		K		S		Ba		Cs		Te		Sb		Sn		Cd		Ag		Pd	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
A1	371.0	437.2	20.90	34.68	54.05	79.38	4157	4345	7.37	10.02	4619	5760	20297	20283	762	810	474.55	505.96	87.53	89.45	136.45	131.97	41.36	37.72	48.43	56.08	6.67	7.69	3.34	8.87	7.37	2.10
A2	173.1	779.4	31.49	58.00	44.01	52.56	2852	3747	4.29	11.56	4451	6707	15042	19948	2517	1387	461.28	535.52	104.83	116.90	170.03	212.57	49.88	59.64	54.42	63.30	10.67	18.50	6.57	9.07	8.78	12.01
B	358.4	432.5	54.67	55.87	54.68	82.40	3908	4175	6.59	6.53	4767	5177	19815	19575	691	984	488.48	442.31	108.37	85.45	213.72	155.16	47.51	37.47	50.24	45.86	14.90	9.13	6.42	4.50	4.84	4.73
C	318.4	438.2	36.06	51.87	46.18	58.11	2872	3639	6.93	6.53	3837	4883	16798	18699	1439	1115	500.71	496.95	107.28	97.72	204.15	191.94	50.36	56.19	61.47	59.46	17.96	10.55	6.90	5.72	10.28	8.58
D	340.6	504.6	48.97	58.52	88.74	55.76	3967	4314	11.82	10.87	9666	11496	20888	21631	2176	2184	521.29	453.78	109.52	81.13	204.21	136.88	<b>76.59</b>	34.38	56.17	42.87	15.81	8.46	10.16	4.54	4.36	7.06
E	378.4	301.5	77.71	62.76	92.37	89.61	4460	4188	13.19	9.71	10565	4551	22398	21899	3331	3170	480.33	458.96	79.18	84.09	115.22	163.16	30.43	38								

附錄 14 彰雲海岸 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之土壤重金屬不同年度差異最大值，2022–2023

Appendix 14 Maximum and average values (mg/kg) of heavy metals categorized from annual differences across 28 sampling stations along the Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary, 2022–2023

	Mo		Zr		Sr		U		Rb		Th		Pb		Se		As		Hg		Zn		W		Cu		Ni		Co		Fe	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023		
A1	.76	1.96	305.7	317.1	93.15	93.29	4.02	2.03	99.45	103.82	19.68	19.81	34.56	30.97	.00	.63	14.18	11.63	7.42	9.89	112.46	130.20	52.13	64.16	42.35	37.23	58.32	<b>94.50</b>	165.38	174.93	2527.2	2684.5
A2	4.67	.00	513.1	362.9	85.21	78.10	8.92	3.85	85.28	92.09	17.78	17.24	24.67	28.56	.65	.00	11.08	<b>22.97</b>	7.55	14.39	158.16	154.25	52.66	27.77	50.76	54.40	68.93	65.65	85.93	56.55	20665	26091
B	1.11	.84	292.4	340.0	90.62	75.43	8.51	.00	100.34	86.60	20.08	16.39	30.51	26.74	2.04	.89	12.15	12.32	8.59	13.23	140.51	114.23	52.22	<b>76.65</b>	47.48	35.82	55.01	69.72	72.64	89.67	25932	20689
C	3.21	.00	485.9	321.4	73.26	69.13	5.52	3.20	89.66	83.93	17.03	16.56	24.04	26.92	1.75	.77	11.66	10.17	14.20	8.74	178.53	184.77	26.64	46.25	88.55	76.51	55.09	67.95	103.85	102.52	20293	19356
D	6.22	2.92	245.7	227.2	99.12	124.44	8.73	4.46	103.81	105.68	20.88	22.62	39.97	38.39	.62	.57	14.45	14.27	12.51	14.91	229.24	216.50	46.02	24.72	68.73	78.69	63.23	68.59	107.97	161.45	29478	27913
E	6.77	1.62	210.7	227.1	121.11	119.43	.39	3.06	131.63	102.47	23.17	14.65	33.80	29.55	.89	.59	15.76	10.35	<b>23.70</b>	8.63	<b>331.69</b>	225.14	46.09	49.97	80.98	58.61	66.68	65.58	150.69	105.18	32833	28604
F	5.03	2.9	385.6	291.9	105.37	111.99	1.26	.00	115.32	108.19	19.13	20.49	34.55	35.64	1.44	.00	12.08	8.47	4.95	10.68	238.35	177.17	16.97	38.31	63.18	44.21	39.69	55.33	177.03	138.96	30636	28791
G	3.28	3.39	250.8	289.1	110.04	108.51	7.61	3.55	93.29	99.16	16.46	17.61	25.70	22.73	.00	1.12	5.70	12.62	11.46	11.62	96.09	111.86	30.82	41.43	13.07	34.89	27.21	59.67	76.07	136.58	24423	26525
H	4.13	.64	317.9	375.5	115.60	100.61	4.27	9.94	99.06	93.72	19.38	16.06	24.89	24.79	.00	.56	17.06	11.71	15.54	7.32	188.96	154.08	40.78	42.22	38.19	33.83	49.90	64.16	147.26	107.62	25191	23809
I	3.28	3.86	250.8	234.7	110.04	82.55	7.61	3.35	93.29	79.98	16.46	13.82	25.70	17.28	.00	.00	5.70	12.19	11.46	7.09	96.09	71.47	30.82	29.54	13.07	8.79	27.21	43.89	76.07	79.21	24423	22341
J1	7.87	3.76	1057.8	546.6	56.51	93.88	.00	1.99	63.33	85.89	14.48	18.23	16.82	22.99	1.36	.13	14.02	13.05	7.37	4.42	55.81	93.21	30.27	19.75	17.74	47.63	39.23	29.77	98.84	106.47	17112	22049
J2	5.49	5.66	634.5	905.9	104.96	92.52	9.17	6.90	99.54	98.21	21.11	22.16	23.00	31.88	.00	.00	15.05	12.98	4.75	13.25	110.14	109.10	24.63	40.09	39.10	42.41	39.03	42.11	105.91	164.67	27879	26023
K	1.63	4.27	723.9	524.1	83.99	105.49	5.28	.00	74.68	85.74	16.15	18.90	18.51	22.58	.28	.00	10.54	10.78	9.55	9.98	68.87	90.44	39.16	41.55	26.06	26.42	25.49	44.83	60.55	188.48	19881	20661
L	4.70	2.54	234.3	241.1	117.90	<b>151.63</b>	2.49	7.48	138.88	118.36	27.61	28.76	39.35	33.75	.67	2.18	15.48	14.57	9.35	14.38	165.06	160.98	43.53	25.89	46.26	57.43	47.81	47.62	161.69	131.43	36881	32804
M	4.74	.77	242.4	220.6	131.35	128.65	4.83	2.65	128.21	<b>140.21</b>	22.72	22.65	32.02	36.21	1.79	.18	14.12	15.52	14.25	20.52	202.46	161.34	58.00	48.26	43.91	49.35	51.12	39.85	132.84	<b>286.61</b>	35105	35601
N	3.23	3.58	263.3	304.5	114.15	124.98	.22	.00	119.54	124.49	16.86	23.33	31.15	30.48	.00	.00	16.94	13.36	10.26	10.06	109.76	141.02	20.70	28.22	29.79	40.51	40.32	53.57	76.17	154.42	32079	32912
O	8.75	3.17	228.4	371.2	131.42	127.94	2.94	9.99	128.61	98.57	21.20	18.71	36.92	26.05	.00	1.57	18.84	15.07	16.35	19.90	125.16	103.85	38.40	24.04	41.33	36.15	26.75	53.51	225.18	164.30	35867	27612
P	4.42	3.15	269.4	295.7	119.25	110.73	.00	2.75	112.52	107.50	20.93	21.25	32.50	24.66	.33	.00	13.81	17.55	8.44	15.39	99.22	105.20	12.84	39.38	35.96	23.09	47.21	49.13	174.25	104.45	33444	28508
Q	6.30	9.4	298.9	276.7	142.74	87.97	84.2	<b>13.32</b>	117.23	83.92	20.96	16.70	41.06	24.08	.00	.00	13.87	11.98	12.25	7.86	169.75	92.59	54.41	28.64	38.49	14.33	50.66	48.72	133.87	128.39	30800	23552
R	4.05	3.49	309.6	340.0	85.04	108.33	6.68	6.30	73.94	81.90	13.51	12.98	22.21	17.88	.42	.00	17.78	14.75	9.18	8.19	73.97	72.29	23.05	41.15	14.55	17.12	15.86	32.11	90.52	89.47	19139	21828
S	6.00	8.31	254.1	276.1	117.49	117.62	6.5	2.60	125.52	125.35	21.37	23.65	34.71	33.12	.60	.81	19.52	18.75	9.89	11.72	181.84	191.47	39.90	43.30	45.42	58.17	17.79	18.43	210.86	185.51	35741	37349
T	1.63	3.82	208.2	252.1	99.73	87.18	5.03	2.20	85.06	80.93	16.79	15.18	19.68	19.10	.00	.28	10.48	10.17	3.56	7.23	76.53	89.91	37.52	37.92	13.13	13.84	37.10	20.65	48.70	120.77	22710	21503
U	3.43	1.80	308.5	254.5	79.88	89.76	.15	.03	71.39	72.35	12.98	12.87	17.24	16.09	1.35	.13	10.46	13.38	13.36	14.40	63.63	69.63	25.62	34.17	10.79	7.58	19.61	42.01	108.28	87.85	18678	18877
V	4.23	2.89	469.0	554.6	87.95	91.09	.36	5.46	67.12	64.88	15.85	19.72	22.25	24.60	.01	.94	16.44	13.44	9.31	4.86	76.44	61.38	37.95	30.45	14.66	17.45	8.85	30.22	95.00	204.06	21454	21644
W	<b>14.76</b>	6.77	<b>1248.0</b>	647.3	114.37	109.48	5.46	2.34	68.93	69.69	<b>34.30</b>	20.90	27.99	19.40	.26	.00	21.73	16.42	18.12	8.32	106.85	89.58	52.61	60.23	21.61	22.31	44.24	36.41	157.49	197.52	34486	26374
X	3.42	3.47	295.4	327.7	92.74	122.85	.00	1.90	70.75	66.56	18.90	16.30	14.70	<b>74.13</b>	.00	<b>2.54</b>	8.37	10.61	6.00	12.99	66.39	69.45	16.12	52.10	13.80	72.36	46.13	29.83	106.56	69.91	17428	16296
Y	2.39	3.76	261.5	315.1	83.43	106.05	3.92	4.53	93.45	103.81	18.76	21.53	29.58	<b>26.73</b>	.00	.61	12.13	14.12	10.65	8.85	86.30	111.99	39.63	22.14	21.76	33.97	38.07	67.28	122.89	167.55	25374	27057
Z	5.48	4.0	313.4	381.3	98.06	89.99	3.97	8.94	66.38	79.05	12.94	15.47	15.86	21.35	.04	1.43	9.13	11.79	11.13	8.98	66.92	85.39	20.03	54.41	25.54	25.13	34.06	67.67	64.41	72.83	16759	21061
North	5.26	3.90	391.5	408.3	94.14	70.01	8.78	2.78	119.13	82.25	20.57	20.10	37.44	25.23	.00	.41	11.17	9.09	10.35	2.56	140.56	83.35	52.64	30.43	43.83	33.73	57.01	35.95	208.18	127.07	30058	17584

	Mn		Cr		V		Ti		Sc		Ca		K		S		Ba		Cs		Tc		Sb		Sn		Cd		Ag		Pd	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023		
A1	402.3	437.2	21.47	34.68	79.38	72.51	4233	4345	7.37	10.02	5760	5369	20062	20297	804	810	463.69	505.96	74.54	89.45	131.97	136.45	37.72	41.36	56.08	53.50	6.67	7.69	3.87	3.44	3.16	7.37
A2	355.7	779.4	58.00	48.45	52.56	43.66	3747	3664	11.56	5.48	6707	4253	18443	19948	2517	1387	468.73	535.52	104.83	116.90	170.03	212.57	49.88	59.64	53.59	63.3						

### 附錄 15 彰雲海岸 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之土壤重金屬上下 2 層土層平均 (a, b 粗體字表示差異顯著) , 2022–2023 年

Appendix 15 Average values (mg/kg) of heavy metals categorized from upper and lower soil layers and years across 28 sampling stations along the Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary (a, b bold indicates significant difference), 2022–2023

	Mo	Zr	Sr	U	Rb	Tb	Pb	Se	As	Hg	Zn	W	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Sc	Ca	K	S	Ba	Cs	Te	Sb	Sn	Cd	Ag	Pd	
A1	Lower	.51a	<b>300.7a</b>	85.44a	.00a	95.35a	14.31a	29.44a	.00a	9.00a	3.83a	102.82a	27.85a	28.29a	34.42a	111.89a	23499a	<b>320.8a</b>	11.45a	39.28a	3801a	2.22a	<b>4247a</b>	17717a	618a	425.83a	67.96a	104.36a	23.59a	<b>37.30a</b>	4.71a	1.36a	2.11a
	Upper	.10a	<b>280.3b</b>	89.54a	1.01a	97.71a	16.84a	27.01a	.11a	9.90a	4.10a	111.55a	23.17a	31.96a	46.57a	63.48a	25298a	<b>390.0b</b>	19.21a	51.24a	3992a	2.65a	<b>5247b</b>	18948a	494a	464.66a	74.01a	113.62a	26.00a	<b>49.15b</b>	4.19a	1.51a	.88a
A2	Lower	.83a	261.7a	<b>59.00a</b>	1.94a	<b>66.91a</b>	10.68a	<b>16.60a</b>	.07a	<b>5.62a</b>	1.84a	106.54a	13.22a	18.84a	<b>25.37a</b>	31.38a	<b>151.44a</b>	<b>132.2a</b>	11.15a	25.95a	2408a	1.23a	3970a	13677a	<b>1579a</b>	433.39a	88.91a	153.63a	40.78a	47.42a	6.55a	2.63a	2.31a
	Upper	.73a	331.1a	<b>71.07b</b>	.69a	<b>87.47a</b>	13.20a	<b>21.90a</b>	.00a	<b>10.32b</b>	2.97a	119.42a	20.39a	30.30a	<b>42.25b</b>	38.15a	<b>20551b</b>	<b>344.1b</b>	24.40a	30.80a	2891a	2.74a	4466a	15506a	<b>892b</b>	434.44a	84.00a	140.61a	37.15a	47.36a	8.59a	1.94a	2.21a
B	Lower	.37a	300.7a	76.02a	.00a	<b>88.75a</b>	14.69a	23.96a	.34a	9.58a	4.77a	111.49a	17.71a	22.60a	41.07a	<b>64.73a</b>	21142a	289.1a	37.69a	43.29a	3351a	2.50a	3756a	17011a	414a	434.87a	78.56a	136.20a	32.13a	41.16a	8.44a	2.78a	1.87a
	Upper	.26a	306.3a	78.73a	3.50a	91.20a	15.59a	24.16a	.15a	10.55a	2.40a	122.52a	32.00a	34.28a	53.25a	<b>14.25b</b>	22879a	350.3a	37.70a	49.38a	3581a	3.92a	4010a	17799a	501a	426.40a	72.64a	119.68a	35.59a	41.15a	5.83a	1.30a	1.82a
C	Lower	.67a	313.2a	<b>55.92a</b>	.99a	<b>67.44a</b>	<b>16.82a</b>	<b>14.95a</b>	.09a	6.17a	2.81a	<b>81.15a</b>	12.00a	<b>22.23a</b>	32.42a	31.11a	<b>14819a</b>	<b>166.7a</b>	19.51a	32.07a	<b>236.4a</b>	1.78a	<b>3158a</b>	13703a	839a	438.78a	89.97a	161.65a	41.27a	50.56a	8.92a	4.74a	2.96a
	Upper	1.21a	299.5a	<b>66.85b</b>	.36a	<b>81.63b</b>	<b>13.61b</b>	<b>20.01b</b>	.20a	<b>9.71b</b>	4.63a	<b>153.56b</b>	9.05a	<b>58.91b</b>	31.64a	30.34a	<b>19165b</b>	<b>321.6b</b>	<b>31.26b</b>	42.27a	<b>3198b</b>	2.07a	<b>4158b</b>	<b>16621b</b>	531a	454.93a	88.10a	161.24a	41.67a	50.11a	7.58a	3.66a	3.88a
D	Lower	.73a	212.6a	<b>85.29a</b>	.98a	92.46a	<b>12.91a</b>	<b>26.21a</b>	.13a	8.44a	4.77a	<b>165.30a</b>	4.73a	42.62a	30.90a	43.88a	<b>22712a</b>	<b>298.7a</b>	36.73a	<b>55.59a</b>	3545a	3.80a	6802a	18695a	1321a	<b>446.39a</b>	<b>79.77a</b>	<b>143.80a</b>	<b>39.05a</b>	<b>44.71a</b>	7.85a	3.92a	1.55a
	Upper	1.48a	224.9a	<b>100.19b</b>	1.08a	98.61a	<b>16.81b</b>	<b>20.28b</b>	.04a	10.24a	7.66a	<b>202.38b</b>	17.73a	51.58a	37.82a	47.25a	<b>26300b</b>	<b>376.3a</b>	44.22a	<b>39.11b</b>	3733a	5.18a	7437a	18798a	1300a	<b>413.85b</b>	<b>68.25b</b>	<b>109.67b</b>	<b>26.10b</b>	<b>36.63b</b>	6.53a	1.91a	1.36a
E	Lower	.95a	209.9a	<b>114.15a</b>	1.00a	112.57a	16.92a	29.90a	.25a	<b>12.07a</b>	6.35a	267.13a	23.77a	59.21a	44.73a	58.01a	29607a	<b>331.8a</b>	53.31a	66.35a	3986a	<b>8.39a</b>	<b>8009a</b>	2020a	3035a	411.79a	57.25a	89.15a	22.51a	32.75a	5.42a	1.94a	1.57a
	Upper	2.34a	202.0a	<b>94.01b</b>	.07a	102.29a	14.93a	24.08a	.05a	<b>6.11b</b>	4.74a	200.05a	12.16a	42.51a	25.27a	65.89a	26215a	<b>205.5b</b>	35.46a	47.55a	3465a	<b>2.77b</b>	<b>4268b</b>	17796a	2916a	390.87a	62.14a	109.50a	26.72a	37.21a	5.46a	1.89a	2.34a
F	Lower	2.34a	238.1a	103.77a	.00a	108.28a	15.83a	<b>30.13a</b>	.23a	7.47a	2.61a	189.91a	<b>20.20a</b>	39.73a	25.79a	<b>112.64a</b>	<b>29808a</b>	311.8a	51.39a	60.95a	<b>405.3a</b>	4.52a	<b>7269a</b>	<b>20320a</b>	3017a	440.27a	71.09a	123.48a	31.51a	37.34a	4.41a	1.90a	2.07a
	Upper	1.80a	290.6a	101.92a	.21a	97.24a	13.78a	<b>21.78b</b>	.24a	7.08a	3.62a	161.34a	<b>3.45b</b>	32.13a	31.43a	<b>42.13b</b>	<b>24520b</b>	258.2a	28.50a	47.63a	<b>335.6b</b>	6.99a	<b>5630b</b>	<b>17075b</b>	2901a	420.32a	71.73a	119.00a	28.17a	39.81a	6.29a	2.46a	2.47a
G	Lower	<b>.09a</b>	215.6a	102.60a	2.65a	85.54a	14.09a	<b>17.04a</b>	.12a	8.21a	2.01a	93.35a	14.15a	7.22a	26.00a	49.12a	23386a	364.9a	17.17a	40.76a	3263a	8.29a	10217a	16232a	626a	498.94a	95.66a	157.13a	39.85a	50.28a	9.00a	2.31a	2.88a
	Upper	<b>2.01b</b>	234.3a	106.14a	1.24a	90.62a	16.23a	<b>19.34b</b>	.00a	9.24a	5.53a	98.70a	12.61a	14.31a	20.47a	79.16a	23068a	441.5a	20.70a	46.48a	3312a	6.19a	10565a	17034a	446a	465.51a	83.65a	139.42a	36.47a	44.99a	8.87a	1.26a	2.77a
H	Lower	.15a	<b>332.4a</b>	104.50a	2.32a	90.43a	14.79a	14.54a	.09a	8.71a	4.34a	132.39a	20.43a	21.82a	36.40a	74.79a	<b>23442a</b>	<b>301.1a</b>	32.37a	<b>42.95a</b>	3466a	7.76a	8507a	17029a	<b>2333a</b>	<b>448.73a</b>	<b>79.79a</b>	130.29a	33.96a	41.66a	6.64a	2.88a	2.85a
	Upper	1.66a	<b>301.3b</b>	98.13a	2.35a	10.34a	14.06a	22.58a	.00a	8.73a	3.43a	151.27a	12.43a	18.45a	13.49a	65.51a	<b>21180a</b>	<b>236.3b</b>	26.81a	<b>30.07b</b>	3292a	6.15a	7856a	16334a	<b>1645b</b>	<b>396.40b</b>	<b>67.61b</b>	110.29a	27.37a	35.46a	6.11a	2.26a	.96a
I	Lower	.09a	212.3a	88.02a	2.75a	78.17a	13.67a	17.41a	0.00a	6.40a	2.83a	74.69a	8.54a	5.88a	18.79a	28.29a	20437a	<b>248.5a</b>	17.77a	41.33a	2888a	5.80a	8722a	14391a	773a	455.00a	93.49a	150.42a	39.93a	43.75a	8.98a	2.88a	2.25a
	Upper	1.56a	205.2a	94.09a	.81a	83.27a	11.54a	17.22a	0.00a	6.51a	3.05a	78.06a	13.43a	4.40a	16.26a	41.20a	22242a	<b>263.6b</b>	17.08a	40.76a	3028a	4.13a	8812a	15278a	598a	477.25a	95.13a	166.24a	43.93a	51.66a	10.75a	3.45a	3.59a
J1	Lower	<b>1.34a</b>	398.4a	69.35a	.00a	68.90a	10.97a	15.46a	.23a	11.10a	3.22a	68.36a	7.67a	7.62a	10.35a	<b>83.27a</b>	<b>17445a</b>	218.7a	12.44a	35.03a	2739a	3.30a	7269a	14012a	1187a	440.93a	95.97a	162.81a	42.56a	50.58a	9.23a	<b>6.41a</b>	2.96a
	Upper	<b>4.37b</b>	586.7a	72.76a	.62a	71.95a	13.56a	17.31a	.02a	7.48a	2.46a	63.51a	3.89a	18.13a	23.46a	<b>47.80b</b>	18362a	217.6a	16.59a	40.94a	2706a	1.76a	6911a	14189a	844a	426.13a	88.41a	149.82a	43.65a	48.64a	6.89a	<b>2.14b</b>	2.69a
J2	Lower	3.66a	674.6a	<b>95.60a</b>	1.53a	<b>96.86a</b>	18.43a	<b>24.59a</b>	.00a	11.06a	1.72a	<b>105.50a</b>	17.57a	<b>28.12a</b>	24.60a	67.41a	<b>26448a</b>	297.0a	30.52a	47.69a	<b>405.5a</b>	5.85a	7695a	<b>18644a</b>	<b>1511a</b>	445.64a	77.61a	132.83a	32.11a	41.94a	6.96a	2.84a	3.04a
	Upper	1.42a	695.2a	<b>85.42b</b>	2.49a	<b>85.01b</b>	16.23a	<b>19.34b</b>	0.00a	9.24a	2.39a	<b>91.81b</b>	11.71a	<b>12.13b</b>	18.07a	43.88a	<b>22112b</b>	266.1a	30.71a	40.54a	<b>354.4b</b>	6.14a	7012a	<b>16465b</b>	<b>511b</b>	435.10a	81.29a	142.16a	39.27a	38.83a	8.62a	1.70a	2.85a
K	Lower	1.26a	473.6a	75.61a	1.61a	68.16a	13.21a	19.02a	.05a	8.32a	<b>6.26a</b>	70.40a	8.04a	13.62a	17.31a	30.77a	18897a	21.1a	19.37a	29.13a	<b>296.6a</b>	7.37a	8325a	1431a	1202a	417.74a	85.20a	154.23a	37.16a	43.47a	6.24a	3.42a	3.11a
	Upper	2.00a	597.5a	83.71a	7.19a	76.09a	16.00a	18.65a	.00a	8.72a	1.17a	74.13a	21.58a	17.19a	22.18a	70.08a	<b>20004a</b>	255.6a	21.83a	45.69a	<b>344.3b</b>	3.97a	7857a	15733a	1020a	427.54a	97.34a	150.31a	35.96a	40.00a	7.47a	1.54a	2.73a
L	Lower	2.53a	210.0a	120.55a	.52a	122.89a	20.27a	34.06a	.00a	8.55a	2.50a	<b>147.80b</b>	10.09a	39.82a	26.86a	97.26a	33235a	<b>344.2a</b>	36.46a	<b>69.50b</b>	4201a	8.51a	7988a	<b>21081a</b>	1238a	383.26a	51.10a	86.65a	18.74a	20.43a	4.39a	2.23a	2.03a
	Upper	1.79a	222.4a	116.81a	1.22a	113.99a	19.19a	30.05a	.33a	11.65a	3.65a	<b>129.39b</b>	16.16a	36.59a	25.19a	59.83a	30711a	<b>421.5b</b>	42.61a	<b>47.97b</b>	3887a	6.85a	8197a	<b>18468b</b>	1326a	375.34a	57.13a	98.03a	23.57a	28.07a	6.39a	2.52a	3.25a
M	Lower	1.91a	192.0a	126.49a	1.25a	128.90a	17.76a	30.37a	.30a	<b>13.28a</b>	6.05a	154.98a	17.93a	40.53a	19.85a	85.47a	31606a	<b>518.8a</b>	35.04a	69.58a	4168a	19.61a	12										

附錄 16 彰雲海岸 28 個採樣站及大肚溪北岸 1 個採樣站之土壤重金屬年度差異平均值 (a, b 粗體字表示顯著差異), 2022–2023 年

Appendix 16 Average values (mg/kg) of heavy metals categorized from upper and lower soil layers and years across 28 sampling stations along the Changhua and Yunlin coastal wetlands and 1 sampling station at north bank of Dadu Estuary (a, b bold indicates significant difference), 2022–2023

	Mo	Zr	Sr	U	Th	Pb	Sb	As	Hg	Zn	W	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti	Se	Ca	K	S	Ba	Cs	Te	Sb	Cd	Ag	Pd		
A1	2022_23a	294.1a	87.85a	.67a	<b>92.88a</b>	14.94a	28.82a	00a	9.29a	2.58a	<b>98.99a</b>	28.46a	30.86a	39.52a	85.56a	<b>23155a</b>	330.0a	10.76a	50.74a	3767a	2.22a	4749a	17811a	540a	<b>424.7a</b>	66.03a	100.62a	20.64a	40.09a	4.42a	1.57a	1.28a
	2023_38a	286.9a	87.14a	.34a	<b>100.19b</b>	16.21a	27.64a	.11a	9.61a	3.55a	<b>115.38b</b>	22.56a	29.39a	41.46a	89.81a	<b>25642b</b>	380.8a	19.90a	39.79a	4025a	2.65a	4744a	18854a	572a	<b>466.01b</b>	75.94a	117.36a	28.95a	46.36a	4.47a	1.30a	1.71a
A2	2022_135a	<b>358.2a</b>	67.59a	1.60a	70.68a	12.02a	19.06a	.05a	6.85a	2.04a	115.10a	20.24a	25.09a	35.06a	40.41a	<b>16371b</b>	189.0a	22.51a	32.55a	2769a	2.88a	<b>4735a</b>	14510a	1268a	<b>417.7a</b>	83.38a	141.76a	37.27a	<b>44.17a</b>	7.48a	2.43a	1.83a
	2023_00a	<b>225.5b</b>	63.63a	.73a	77.66a	12.25a	20.44a	.00a	10.25a	3.08a	112.29a	13.43a	25.80a	34.95a	28.37a	<b>20371b</b>	339.0a	13.67a	23.63a	2570a	1.04a	<b>3611b</b>	15004a	1078a	<b>455.65b</b>	89.73a	152.10a	40.62a	<b>51.68b</b>	7.84a	1.98a	2.81a
B	2022_22a	<b>286.1a</b>	<b>83.97a</b>	3.50a	<b>96.10a</b>	<b>16.73a</b>	25.79a	.34a	10.60a	2.73a	<b>127.72a</b>	21.05a	33.44a	<b>35.92a</b>	32.30a	<b>23974a</b>	<b>362.2a</b>	35.26a	<b>59.29a</b>	3779a	3.88a	<b>4808a</b>	18503a	372a	<b>414.28a</b>	<b>66.76a</b>	116.40a	<b>29.64a</b>	<b>36.21a</b>	<b>5.01a</b>	1.98a	.91a
	2023_40a	<b>320.9b</b>	<b>70.78b</b>	.00a	<b>83.05b</b>	<b>13.55b</b>	22.33a	.15a	9.53a	4.44a	<b>106.28b</b>	28.66a	23.43a	<b>58.40b</b>	46.69a	<b>19750b</b>	<b>277.2b</b>	40.13a	<b>33.37b</b>	3153a	2.55a	<b>2958b</b>	16286a	543a	<b>446.99b</b>	<b>84.44b</b>	139.48a	<b>38.08b</b>	<b>46.10b</b>	<b>9.26b</b>	2.10a	2.78a
C	2022_1.41a	315.3a	60.66a	.53a	74.07a	12.25a	<b>15.99a</b>	.15a	8.19a	3.88a	<b>101.28a</b>	6.60a	32.75a	<b>25.64a</b>	25.10a	16893a	232.9a	24.25a	37.86a	2717a	2.74a	3852a	15048a	<b>508a</b>	439.94a	85.55a	161.75a	42.54a	48.64a	8.84a	2.68a	2.95a
	2023_00b	288.3a	62.83a	.95a	75.46a	11.31a	<b>20.46b</b>	.13a	7.44a	3.41a	<b>152.51b</b>	18.36a	56.22a	<b>44.81b</b>	41.98a	17919a	266.6a	27.65a	35.79a	2909a	.30a	3271a	15391a	<b>1045b</b>	460.68a	90.01a	160.73a	31.62a	51.36a	27.79a	3.24a	4.37a
	2023_92a	217.5a	<b>85.38a</b>	1.17a	<b>93.10a</b>	14.79a	27.34a	.09a	8.75a	5.29a	<b>172.07a</b>	13.20a	43.00a	31.05a	32.58a	24219a	337.9a	<b>45.26a</b>	49.41a	3552a	4.20a	<b>6037a</b>	18280a	347a	433.73a	<b>78.23a</b>	131.27a	35.16a	40.70a	7.39a	3.48a	1.26a
D	2023_1.45a	221.3a	<b>107.45a</b>	.74a	<b>100.41b</b>	15.06a	31.16a	.09a	10.53a	8.05a	<b>207.38b</b>	7.30a	55.30a	40.97a	71.54a	26582a	336.7a	<b>30.92b</b>	43.23a	3814a	5.06a	<b>9240b</b>	19678a	<b>2063b</b>	422.91a	<b>65.57b</b>	116.78a	27.40a	40.61a	5.28a	1.78a	1.84a
	2023_2.82a	207.1a	109.38a	.07a	<b>123.65a</b>	<b>19.16a</b>	29.89a	.19a	<b>11.85a</b>	8.43a	<b>299.12a</b>	17.80a	<b>66.64a</b>	31.83a	85.71a	<b>31872a</b>	282.1a	<b>60.79a</b>	54.50a	3932a	5.62a	5463a	20167a	2836a	<b>349.24a</b>	<b>41.37a</b>	<b>72.76a</b>	<b>17.48a</b>	<b>25.56a</b>	4.55a	2.40a	.94a
E	2023_47b	204.8a	98.77a	1.00a	<b>91.21b</b>	<b>12.69b</b>	24.09a	.11a	<b>6.33a</b>	2.66a	<b>168.06b</b>	18.13a	<b>35.08b</b>	38.18a	38.19a	<b>23959b</b>	255.2a	<b>27.98b</b>	59.41a	3519a	5.54a	6813a	17832a	3114a	<b>453.42b</b>	<b>78.03b</b>	<b>125.89b</b>	<b>31.74b</b>	44.40a	6.33a	1.43a	2.97a
F	2022_4.08a	303.2a	101.96a	2.11a	<b>110.11a</b>	15.96a	28.90a	.47a	<b>9.62a</b>	1.84a	<b>215.53a</b>	5.18a	<b>44.53a</b>	20.26a	87.18a	<b>28754a</b>	312.3a	<b>59.24a</b>	60.16a	3831a	6.40a	6537a	19150a	<b>3241a</b>	<b>367.19a</b>	<b>54.16a</b>	<b>98.54a</b>	24.39a	<b>29.37a</b>	3.71a	1.90a	.97a
	2023_06b	225.5a	103.73a	.00a	<b>95.41b</b>	13.65a	23.00a	.00a	<b>4.93b</b>	4.38a	<b>135.72b</b>	18.47a	<b>27.33b</b>	36.96a	67.58a	<b>24866b</b>	257.7a	<b>20.65b</b>	48.41a	3578a	5.12a	6362a	18246a	<b>2677b</b>	<b>493.40b</b>	<b>88.66b</b>	<b>143.94b</b>	35.28a	<b>47.77b</b>	6.99a	2.47a	3.57a
	2023_1.00a	222.6a	103.97a	2.71a	85.59a	13.26a	20.43a	.00a	<b>4.97a</b>	2.88a	<b>88.54a</b>	10.92a	6.22a	14.62a	24.40a	<b>22723a</b>	340.2a	<b>26.21a</b>	49.25a	<b>3115a</b>	6.29a	11328a	<b>15422a</b>	565a	465.29a	92.68a	152.99a	40.47a	43.90a	11.67a	2.66a	3.09a
G	2023_1.10a	227.4a	104.76a	1.19a	90.57a	14.67a	18.11a	.36a	<b>10.91a</b>	4.66a	<b>103.56a</b>	14.73a	31.86a	<b>24.80b</b>	<b>24180b</b>	<b>46.61b</b>	<b>11.67b</b>	37.99a	<b>3460b</b>	8.20a	9454a	<b>17844b</b>	507a	409.67a	86.76a	132.56a	35.85a	51.36a	26.98a	1.61a	2.56a	
	2022_1.63a	<b>299.0a</b>	103.25a	1.39a	90.55a	14.79a	21.63a	.00a	7.79a	4.53a	144.90a	12.72a	18.72a	<b>12.76a</b>	74.92a	<b>22.65a</b>	<b>260.8b</b>	37.42a	<b>37.23a</b>	3336a	6.25a	8420a	16359a	<b>1740a</b>	45.14a	74.02a	132.45a	<b>33.08a</b>	38.67a	<b>6.92b</b>	1.72a	3.28a
H	2023_2.0a	<b>35.5b</b>	96.82a	3.76a	89.80a	13.43a	20.42a	.09a	8.62a	2.69a	141.95a	20.00a	21.41a	<b>37.50b</b>	60.67a	21822a	264.3a	<b>16.36b</b>	32.22a	3401a	7.61a	7661a	16992a	<b>2243b</b>	434.23a	70.16a	109.06a	<b>25.40b</b>	36.85a	5.33a	2.12a	1.42a
	2022_1.00a	222.6a	<b>103.97a</b>	2.71a	<b>85.59a</b>	13.26a	<b>20.43a</b>	0.001	<b>4.97a</b>	2.88a	<b>88.54a</b>	10.92a	6.22a	14.62a	24.40a	<b>22723a</b>	340.2a	<b>26.21a</b>	49.25a	<b>3115a</b>	6.29a	<b>11328a</b>	15422a	565a	465.29a	92.68a	152.99a	40.47a	43.90a	11.67a	2.66a	3.09a
I	2023_6.4a	195.0a	<b>78.14b</b>	.85a	<b>74.96b</b>	11.95a	<b>14.70b</b>	0.001	<b>7.93b</b>	3.00a	<b>64.20b</b>	11.96a	4.06a	20.44a	45.09a	24066a	27.19a	<b>8.64b</b>	<b>32.84b</b>	<b>2801b</b>	3.65a	<b>6206b</b>	14247a	806a	466.96a	95.94a	163.67a	43.38a	51.51a	8.07a	3.67a	2.76a
J1	2022_4.24a	509.3a	<b>53.32a</b>	.00a	<b>59.22a</b>	11.06a	<b>13.60a</b>	.23a	8.77a	3.68a	<b>48.46a</b>	5.58a	7.37a	12.85a	57.88a	<b>14911a</b>	<b>186.6a</b>	9.73a	27.33a	<b>2067a</b>	3.34a	<b>5094a</b>	<b>11382a</b>	<b>486a</b>	<b>415.32a</b>	90.80a	157.45a	45.63a	48.46a	9.15a	4.25a	4.01a
J2	2023_1.46a	475.7a	<b>88.78b</b>	.62a	<b>81.62b</b>	13.48a	<b>19.17b</b>	.02a	9.81a	2.00a	<b>83.41b</b>	5.98a	18.38a	20.96a	73.18a	<b>20960b</b>	<b>249.6b</b>	<b>19.30b</b>	48.64a	<b>3378b</b>	1.72a	<b>9086b</b>	<b>16819b</b>	<b>1585b</b>	<b>451.75b</b>	91.20a	155.18a	40.57a	50.76a	6.97a	4.30a	1.63a
	2022_3.71a	<b>270.1a</b>	92.83a	1.53a	90.20a	16.92a	19.98a	0.001	10.30a	1.62a	95.57a	10.22a	20.37a	48.13a	24219a	278.4a	33.03a	38.98a	3714a	7.45a	7410a	16660a	1008a	428.79a	81.24a	145.31a	40.72a	39.39a	<b>10.55a</b>	<b>3.24a</b>	3.56a	
J3	2023_2.37a	<b>799.7b</b>	88.67a	2.49a	91.66a	17.74a	23.95a	0.001	10.00a	2.49a	101.75a	19.26a	22.72a	22.99a	63.16a	24314a	284.7a	28.20a	49.25a	3886a	4.54a	7296a	18450a	1013a	451.96a	77.66a	129.69a	30.67a	41.38a	<b>5.03b</b>	<b>1.19b</b>	2.34a
K	2022_5.1a	<b>608.5a</b>	<b>71.50a</b>	<b>3.80b</b>	<b>66.74a</b>	<b>12.65a</b>	<b>16.92a</b>	.05a	9.07a	3.67a	<b>61.77a</b>	12.21a	11.87a	11.71a	17.87a	18668a	203.8a	23.01a	43.75a	2990a	2.54a	<b>6202a</b>	14020a	<b>556a</b>	430.20a	90.74a	160.21a	<b>42.49a</b>	44.71a	7.45a	2.41a	3.45a
	2023_1.94b	<b>462.6b</b>	<b>78.83b</b>	.00a	<b>77.51b</b>	<b>16.50b</b>	<b>27.80b</b>	.00a	7.97a	3.76a	<b>82.76b</b>	17.40a	18.94a	27.78a	80.79a	<b>20233b</b>	<b>272.8b</b>	18.19a	31.07a	3419a	8.79a	<b>9981b</b>	<b>17842b</b>	<b>1722b</b>	415.07a	78.30a	128.03a	<b>30.63b</b>	38.76a	6.27a	2.55a	2.39a
L	2022_2.78a	<b>211.0a</b>	<b>110.80a</b>	.28a	<b>123.95a</b>	19.39a	<b>33.87a</b>	.00a	10.15a	1.88a	137.72a	14.15a	<b>32.98a</b>	21.54a	<b>103.03a</b>	<b>29970b</b>	<b>389.4a</b>	<b>43.04a</b>	55.46a	3956a	4.41a	<b>6299a</b>	19438a	<b>374a</b>	<b>354.35a</b>	<b>48.88a</b>	82.78a	18.18a	21.40a	5.78a	1.93a	1.91a
	2023_1.13a	<b>227.1b</b>	<b>128.07b</b>	1.93a	<b>107.96b</b>	19.92a	<b>28.33b</b>	.36a	10.80a	5.15a	135.31a	13.10a	<b>45.24b</b>	32.31a	<b>32.46b</b>	<b>39917b</b>	<b>423.3a</b>	<b>35.82b</b>	58.27a	4097a	12.18b	<b>10835b</b>	19626a	<b>1916b</b>	<b>414.70b</b>	<b>63.55b</b>	101.29a	26.82a	30.42a	5.31a	3.12a	2.76a
M	2022_3.36a	202.5a	126.02a	1.12a																												