

# 代表性生態系經營管理之持久性 無機毒物生態風險評估分析監測

受委託者：國立東華大學

研究主持人：蘇銘千

研究助理：李世應

太魯閣國家公園管理處委託報告

中華民國 99 年 12 月

## 目次

目次 .....	I
表次 .....	III
圖次 .....	V
摘要 .....	VII
ABSTRACT .....	IX
第一章 前言 .....	1
第二章 研究目的與內容流程 .....	3
第一節 研究目的 .....	3
第二節 內容流程 .....	4
第三章 材料與方法 .....	7
第一節 採樣計畫書 .....	7
第二節 分析項目與方法 .....	11
第三節 品保與品管 .....	13
第四章 結果與討論 .....	15
第一節 國家公園內農業及其他人為活動探討 .....	15
第二節 環境中重金屬流布現況 .....	16
第三節 重要持久性無機毒物之生態風險評估－問題界定 .....	33
第五章 結論與建議 .....	39
第一節 結論 .....	39
第二節 建議 .....	40
第六章 後續工作內容 .....	43
附錄一 太魯閣國家公園管理處 99 年度委託研究計畫「代表性生態系經營管理之持久性無機毒物生態風險評估分析監測」期中報告會議記錄 .....	45
附錄二 太魯閣國家公園管理處 99 年度委託研究計畫「代表性生態系經營管理之持久性無機毒物生態風險評估分析監測」期末報告會議記錄 .....	47
參考書目 .....	49



## 表 次

表 1 重金屬檢測項目與方法彙整表 .....	12
表 2 樣本資料表 .....	13
表 3 太魯閣國家公園土地管理權責表 .....	15
表 4 太魯閣國家公園之土壤、底泥樣區分類統計表 .....	17
表 5 土壤與底泥樣區及案例文獻代號說明 .....	23
表 6 園區基礎水質彙整表 .....	27
表 7 水體樣本與案例文獻代號說明 .....	28
表 8 持久性無機毒物—重金屬毒理資料表 .....	34



## 圖 次

圖 1 計畫之研究流程圖 .....	6
圖 2 太魯閣國家公園研究範圍及樣區示意圖 .....	7
圖 3 停耕區水質與底泥採樣 .....	10
圖 4 現有耕地土壤採樣 .....	10
圖 5 高海拔北區底泥採樣 .....	10
圖 6 溪畔水質採樣 .....	10
圖 7 太魯閣園區土壤、底泥中鉛(Pb)之含量 .....	19
圖 8 太魯閣園區土壤、底泥中汞(Hg)之含量 .....	20
圖 9 太魯閣園區土壤、底泥中鋅(Zn)之含量 .....	20
圖 10 太魯閣園區土壤、底泥中銅(Cu)之含量 .....	21
圖 11 太魯閣園區土壤、底泥中鉻(Cr)之含量 .....	21
圖 12 太魯閣園區土壤、底泥中砷(As)之含量 .....	22
圖 13 太魯閣土壤、底泥中鉛(Pb)與國內外標準及案例之比較 .....	24
圖 14 太魯閣土壤、底泥中鋅(Zn)與國內外標準及案例之比較 .....	24
圖 15 太魯閣土壤、底泥中銅(Cu)與國內外標準及案例之比較 .....	24
圖 16 太魯閣土壤、底泥中鉻(Cr)與國內外標準及案例之比較 .....	25
圖 17 太魯閣土壤、底泥中鎘(Cd)與國內外標準及案例之比較 .....	25
圖 18 太魯閣土壤、底泥中汞(Hg)與國內外標準及案例之比較 .....	25
圖 19 太魯閣土壤、底泥中砷(As)與國內外標準及案例之比較 .....	26
圖 20 水體中鋅(Zn)之含量 .....	28
圖 21 水體中銅(Cu)之含量 .....	29
圖 22 水體中鉻(Cr)之含量 .....	29
圖 23 水體中汞(Hg)之含量 .....	29
圖 24 水體中砷(As)之含量 .....	30
圖 25 生物體鉛(Pb)之含量 .....	31

圖 26 生物體鋅(Zn)之含量 .....	31
圖 27 生物體銅(Cu)之含量 .....	32
圖 28 生物體鉻(Cr)之含量 .....	32
圖 29 生物體汞(Hg)之含量 .....	32
圖 30 生物體砷(As)之含量 .....	33

## 摘要

關鍵詞：生態系、重金屬、環境流布

### 一、研究緣起與目的

本研究為釐清太魯閣國家公園區內無機毒物如重金屬對生態系可能之影響，針對園區內之農耕區域（含已休耕之大面積農耕區與目前尚有農墾之區域）及重要旅遊景點，規劃完整之長期環境及生態監測計畫，應用生態風險評估工具，建置生態風險評估架構，研擬生態風險管理對策，做為未來規劃生態系經營管理之依據。本年度研究主要目的為：(1)完成太魯閣國家公園重要生態系中持久性無機毒物之分布研究；(2)建置太魯閣國家公園重要生態系持久性無機毒物資料庫；(3)掌握持久性無機毒物於國家公園中環境蓄積與生物累積現況；(4)建立持久性無機毒物之生態風險評估一問題界定。

### 二、重要發現

調查區域包括立霧河流域、奇萊山區、台8線沿線之停耕及現有耕地等地區，同時由巡山志工協助提供部分區域之樣本。且與其他生態系長期研究計畫合作，共同採集鳥類、植物及代表性生物，進行生物體內重金屬累積分析。本年度之各類樣本檢測共完成114個樣本，每個樣本進行7項重金屬之分析，因此檢測結果對深入探討國家公園中之無機毒物重金屬之環境流布現況，具有完整性與可信度。調查結果顯示，所有土壤之重金屬鉛（Pb）、鋅（Zn）、銅（Cu）、鉻（Cr）、汞（Hg）、砷（As）均在可偵測濃度之上，其中鎘（Cd）僅於II區與III區其中各一點可測得。經與國內「土壤污染監測基準」比較，顯示各項重金屬平均濃度均低於國內標準；與案例比較顯示現有耕地之濃度趨勢與中國珠江案例相近。水中七項重金屬檢測結果，鉛與鎘皆未測得，其他重金屬與環保署於國家公園內之河川水質測站結果相近。生物體樣本中各項重金屬均高於偵測極限，其中以銅、鋅及汞濃度較高，與國外研究案例比較其各項重金屬濃度均低於案例之濃度。

### 三、主要建議事項

根據本年度研究成果及研究過程中的發現和心得，提出以下事項，建議由太魯閣國家公園管理處主辦、國立東華大學協辦：(一)進行長期之生態與環境中重金屬監測；(二)將現有耕地納入監測管理重點之一；(三)流動水體重金屬之調查運用環保署資料庫做深入的流布探討；(四)以小型哺乳類動物作為主要調查種類並依其可行性做調整；(五)進行生態風險評估第二階段探討環境中重金屬對生物體之影響。

## **ABSTRACT**

Keywords: Ecosystem, Heavy metals, Environmental distribution

Taroko National Park is one of the most spectacular National Parks in Taiwan. Up to 3 % of Taroko National Park has been developed as farming area for the past four decades, even now there is still have few farms located in the park. Farming management was not a major concern in the past, therefore, insecticides and pesticides have been carelessly and wildly spread in the area. Insecticides and pesticides are well known which may cause environmental problems. It may influence the ecosystem of Taroko National Park. The objectives of this research are (1) surveying heavy metals distribution in the park; (2) developing the database of heavy metals in the environment; and (3) establishing the ecological risk assessment (ERA) plan for long term ecosystem study. There are 56 soil samples, 11 sediment samples, 34 water samples, and 13 animal samples have been proceed for seven heavy metals analysis, which metals are lead, zinc, copper, chromium, mercury, arsenic, and cadmium. The results showed the metals are significantly found in most of the samples except for water samples. The trends of lead and mercury distribution have been found in the high altitude area such as Chilai Mt. which it indicates the atmosphere transportation was dominated at high elevation. The rest of 5 metals excluding cadmium are noticeable in the farming area, which it is representative of the effects of agriculture. The results demonstrate that human activities are conspicuous and it can't be ignored. Problem formulation of ecological risk assessment has been developed according to results of heavy metals survey in the park. Further study is strongly recommended to complete the ecological risk assessment and management which the ERA plan is the reference for National Park management.



## 第一章 前言

太魯閣國家公園於 1937 年之日據時代，即由當時台灣總督府依據島嶼資源條件，選定為「次高太魯閣國立公園」預定地，範圍包括雪山、大霸尖山、霧社、谷關及立霧溪流域一帶，後因太平洋戰爭停止後續作業。其後歷經 1972 年內政部民政司選定「太魯閣國家公園」為第一座國家公園，直至 1979 年由行政院核定「台灣地區綜合開發計畫」指定太魯閣地區、中橫公路至大禹嶺、合歡山及蘇花公路為國家公園及國家道路公園，並經內政部營建署調查後，於 1984 年行政院核定太魯閣國家公園範圍包括大理岩峽谷、清水斷崖、清水山、南湖大山、合歡群峰、奇萊連峰等地區，總面積達 92,000 公頃，並於 1986 年，太魯閣國家公園及管理處正式成立。

在距今二、三百年前，太魯閣族人為生存捕獵動物而跟隨獸跡所形成的獵徑，是除了部落之間的聯絡道路外，維繫族群繁衍最重要的道路，此即太魯閣地區最早的道路開發史。其後經歷清朝、日據時代、台灣光復三個時期，由於每個時期的政府推行不同政策，太魯閣地區亦有不同程度的開發其開發歷史及重點。

在中橫公路完成後，不但帶來了交通便利，引進大量人口進行資源開發及旅遊外，使得本區的人文結構逐漸改變。早期之土地利用多以原住民之狩獵、漁獲、採集及少數游耕為主；而後退輔會先後設置福壽山、西寶、武陵農場安置榮民，並提供退伍軍人發展高山農業，使得太魯閣內的土地大規模開發，而耕種過程中施用的肥料與農藥所含之重金屬，亦對環境造成影響。

隨著 1986 年太魯閣國家公園成立，並劃設為生態保護區後，園區內早期之狩獵，到近期的大規模農耕及不斷湧入的遊客等人為活動，對國家公園之生態系環境之衝擊不可忽視。而上述活動所造成之各類污染物，會隨著大氣傳輸與水系之流布作用進而影響棲地環境與生物，造成生物累積及環境蓄積之長期影響。

生態風險評估最早於 1992 年由美國環保署所提出的概念，是近年來人們開始重視週遭環境用以評估生態現況之工具，其主要評估架構沿用風險評估的架構，

## 代表性生態系經營管理之持久性無機毒物生態風險評估監測

將其修正為一適用於評估生態風險之架構模式。起初美國環保署所提出之生態風險評估架構具簡單與可變動之模式，其目的在於提供任何使用者，如個人、組織、團體與研究單位等，能方便使用生態風險評估之模式來評估生態風險。當時美國環保署所提出之生態風險評估架構，僅提供一生態風險評估的評估流程，並未包含針對不同條件之評估區域預設其適用之概念模式，因此在應用生態風險評估架構時，其風險評估人必須針對不同特定區域狀況，建立壓力源與評估終點間關係之概念模式，建置適用於該區域之概念模式，其所評估之生態風險結果，才具有該區域之意義與代表性。(李世應，2007；USEPA，1992)

目前園區內尚無持久性無機毒物的相關背景及資料之建置，而持久性無機毒物中多項重金屬在先進國家之國家公園中均十分受重視，並進行長期監測，據其結果作為生態系經營管理之依據。因此本計畫預計針對生態系中無機毒物長期監測，以瞭解園區內無機毒物在環境中的現況並分析探討。

因此本計劃研究為釐清園區內無機毒物如重金屬對生態系可能之影響，應進行園區內重金屬流布之調查研究。環境中之重金屬來源極為廣泛，根據國內外文獻之分析，主要之來源可界定為大氣沉降、農藥、環境用藥、肥料、堆肥、污水污泥、畜牧糞肥、工業廢棄物及灌溉水等來源 (Nicholson，2006)。考慮上述各種污染來源之貢獻比例不等，然即便是生態保育區、國家公園等，仍可監測到濃度不等之各類重金屬，其來源除天然母岩之溶出外，其餘之重金屬均為人為活動所致，同時應考量長程傳輸及現地污染二種模式。

綜合以上相關之研究討論，顯示太魯閣國家公園因過去之農業與道路開發行為及現在仍進行之農墾區與旅遊推廣，對園區內之生態系應有明顯之衝擊，主要影響之持久性毒物重金屬共歸納為鉛 (Pb)、鋅 (Zn)、銅 (Cu)、鉻 (Cr)、鎘 (Cd) 及汞 (Hg)、砷 (As) 共七種。因此未來針對園區內之農耕 (含已休耕之大面積農耕區及目前尚有農墾之區域) 及重要之旅遊景點，應規劃完整之長期環境及生態監測計畫，並將監測結果彙整應用生態風險評估工具，建置生態風險評估架構，研擬生態風險管理對策，做為未來規劃生態系經營管理之依據。

## 第二章 研究目的與內容流程

本研究規劃為生態系經營管理之持久性無機毒物生態風險評估之三年期研究計畫；第一年為全面調查分析各種無機農藥所造成之重金屬，鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鉻(Cr)、鎘(Cd)及汞(Hg)、砷(As)在環境中之流布現況，並建置國家公園無機毒物之長期監測計畫，作為未來生態風險評估之依據以完成問題界定。第二年將持續進行無機物之環境流布監測，並依第一年之研究成果規劃未來建置概念模式，以篩選生態系影響最具累積性及敏感之無機毒物，實施生態風險特性評估。第三年除持續進行無機物之環境流布監測，依據連續二年之研究調查成果，進一步完成生態風險之概念模式建置並提出可供參考之管理決策建議，使其結果可做為國家公園生態系經營管理之決策分析及管理策略制定之依據。

### 第一節 研究目的

本研究範圍以太魯閣國家公園區內為主要之研究區域，以調查監測持久性無機毒物於生態系之流布狀況為主要之目標，並期以此調查監測結果進行生態風險評估之依據。本研究目的規劃說明如下。

針對國內外有關持久性無機毒物對生態系統造成影響，進行追蹤、調查、評估等方法之相關文獻進行蒐集，分析其中具代表性的研究，其結果可為本計畫研究的參考，並利用現場調查、採樣等方式分析於太魯閣國家公園中所選定樣區，主要採樣區域篩選以農墾範圍內之環境、生物等持久性無機毒物的含量進行檢測，並將相關數據資料進一步建置成資料庫，以供後續追蹤比較，最後本研究監測結果供建置太魯閣國家公園建立重要持久性無機毒物之生態風險評估與概念模式。綜合上述之內容，本計畫研究總目的為：

1. 完成太魯閣國家公園重要生態系中持久性無機毒物之分布研究。
2. 建置太魯閣國家公園重要生態系持久性無機毒物資料庫。

3. 掌握持久性無機毒物於國家公園中環境蓄積與生物累積現況。
4. 建立持久性無機毒物之生態風險評估一概念模式。

根據前項計畫研究目的，規劃第一年度進行太魯閣國家公園重要生態系中持久性無機毒物之分布普查，以做為後續研究之基礎，本年度研究計畫目的為：

1. 完成太魯閣國家公園中持久性無機毒物分布之全盤普查。
2. 持續監測持久性無機毒物於國家公園中環境蓄積與生物累積現況。
3. 完成持久性無機毒物之生態風險評估第一階段之問題界定。

## 第二節 內容流程

為確切瞭解太魯閣國家公園地區之狩獵、農耕及旅遊等人為活動所產生之持久性無機毒物如重金屬等，對園區內生態系及其棲地生物造成之威脅，本研究計畫以建置太魯閣國家公園重要生態系持久性無機毒物資料庫，並針對重要持久性無機毒物進行生態風險評估，以「問題形成」及「概念模式建置」為主要之內容，並規劃持久性無機毒物長期監測計畫，做為未來規劃生態系經營管理之依據。主要之工作內容為以下：

1. **文獻資料收集與分析：**收集太魯閣國家公園內之歷來人為活動相關資訊，並同步收集區內氣象水文資料，以鑑定區內無機毒物之來源與可能之流布範圍。
2. **調查太魯閣國家公園重要生態系中持久性無機毒物之分布情形：**根據收集之農耕、旅遊及交通主要區域，進行現勘調查並規劃採樣計畫，以採集水、土壤、底泥及動植物樣本，於實驗室中分析鉛（Pb）、鋅（Zn）、銅（Cu）、鉻（Cr）、鎘（Cd）及汞（Hg）、砷（As）共七種重金屬，以瞭解無機物在國家公園之環境流布狀況。

3. **太魯閣國家公園重要生態系持久性無機毒物資料庫建置**:將調查採樣之環境流布與生物累積分析結果以其特性建置資料庫,可供國家公園與其他相關資料庫整合應用。
4. **持久性無機毒物於環境蓄積與生物累積現況分析與比較**:依據園區發展歷史,首先以農耕分布及農藥等人工化學藥品之應用與現場採樣調查結果,並與收集之國內外相關案例數據比較,以確定園區內持久性無機毒物於環境蓄積與生物累積現況。
5. **重要持久性無機毒物之生態風險評估-問題界定**:建置生態風險評估架構,研擬生態風險管理對策,做為未來規劃生態系經營管理之依據。「生態風險評估」可定義為藉由評估方式計算人為活動所造成之壓力產生負面生態效應的機率。結合過去資料與現在研究設計所的結論,以合理或量化模式評估人類活動對於生態系中,人類以外的組成因子如物理、化學或生物性之壓力來源,所造成負面影響的程度。本年度將就問題形成(problem formulation)中之資訊整合、評估終點而完成問題界定。

本研究流程設計如圖 1 所示，研究流程之規劃係依據上述之研究內容預期第一年實施之順序並應用各工作內容之結果整合而成。

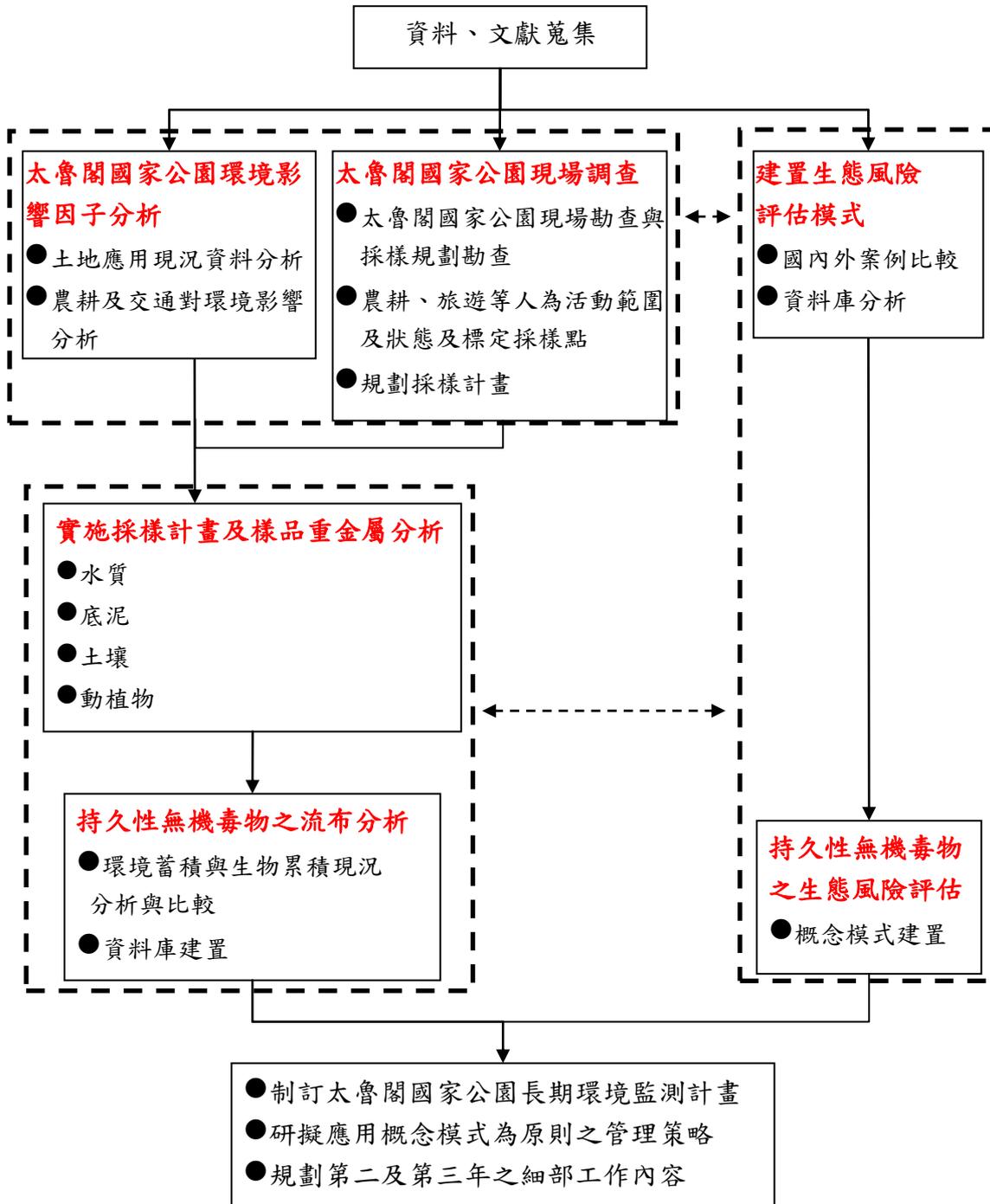


圖 1 計畫之研究流程圖

### 第三章 材料與方法

#### 第一節 採樣計畫書

研究樣區以國家公園範圍為主，如圖 2 所示，其中實線表示中低海拔區域，虛線表示高海拔地區。依國家公園過去土地使用調查報告，及本研究初勘調查之結果為前提下，規劃為溪畔、天祥、蓮花池、西寶、慈恩、新白楊、小奇萊、奇萊北峰、松泉崗、天巒池為調查樣區，同時由巡山志工協助提供部分區域如黑水塘、卡拉寶、南湖等之樣本。採樣時間及頻率之規劃則依據本研究收集中央氣象局之氣象站歷年降水資料，分為乾、濕季節進行環境介質如水、土壤、底泥及植物體之採樣。



圖 2 太魯閣國家公園研究範圍及樣區示意圖

土壤及底泥採樣方式為環保署公告之土壤採樣方法 (NIEA S102.61B) 依據樣區土壤特性及採樣深度分別使用採樣鏟及土鑽採樣器採集樣本。底泥採樣方法 (NIEA S104.30C) 同樣依據樣區底泥深度分別使用抓取式採樣器(Grab sampler) 或鑽取式採樣器(Core sampler)採集樣本。水質採樣工作乃依照環保署公告之水質檢測方法總則(NIEA W102.51C)進行,採樣內容可分為現場監測項目(水溫、pH、溶氧),與攜回實驗室分析項目(重金屬),採樣設備為水平採水器(Harizontal alpha water sampler),採樣時以水平採水器中點為中心,垂降採表面水樣,而現場採樣分為乾、濕季節進行,季節及頻率規劃依照本研究蒐集彙整自中央氣象局氣象站歷年降水資料,其氣象站包含大禹嶺、慈恩、洛韶、布洛灣及合歡山等站,結果顯示降水量集中於 5~10 月份因此將其區分為濕季,而 11~4 月份降水量明顯較少則為乾季。同時本研究將與其他生態系長期研究計畫合作,共同採集植物及代表性生物,進行重金屬累積之研究。

本團隊在 2010 年開始進行本研究,主要根據計畫書當中研究流程進行現況調查與採樣,且同時本研究也與其他生態系長期研究計畫合作,共同採集鳥類、植物及代表性生物,進行體內重金屬累積分析。

停耕區於三月十八日與六月二十二日進行採樣,採樣照片如圖 3 所示,現場面積約一公頃,現場採樣時可發現許多人為活動的狀況同時仍有許多垃圾,此區於民國 94 年停止農業開墾之經濟活動,民國 95 年售出最後一筆土地並停止經營農場。本次採樣為水質、底泥及土壤等三項。

現有耕地區(圖 4),此區為目前國家公園內主要的農耕區域,相較於停耕地區之現況,可作為停止農耕區與持續農耕地區之比較,採樣方式因耕種特性以採樣鏟取表面 15 公分之土壤為主,現場可見各式使用過的農藥、環境用要及肥料等瓶罐,因而對重金屬流布調查,實為重要之研究樣區。於今年度採樣現況紀錄,持續農耕區之肥料施用管理仍待加強,其重金屬流布之調查結果,可做為後續管理方針之依據。

高海拔地區的採樣，以北區與南區（圖 5）兩區域為主，主要針對降雨所形成的水池進行周邊的土壤與水質採樣，北區之山區部分沿奇萊北峰登山路徑進入採樣區，該區環境主要為低矮箭竹林，採集兩個樣點一為鄰近月形池之長年不乾枯水池，則另一採樣點位於小奇萊登山路徑 2.6k 處，該兩樣點均使用衛星定位紀錄、採樣紀錄以及照片紀錄。研究者於採樣時使用土壤採樣器鑽入土壤 0-50cm 採集土壤樣本，水質部分於下山時採樣，以 PE 瓶採集水樣後加酸保存。高海拔地區樣本可供未來作長程傳輸的對照點。

水質樣品於三月二十二日與八月二十五日由溪畔往上至洛韶進行採樣，溪畔為立霧溪流中唯一的水壩，使用垂降方式用水平採水器進行水質採集與現場監測，如圖 6 所示。



圖 3 停耕區水質與底泥採樣



圖 4 現有耕地土壤採樣



圖 5 高海拔北區底泥採樣



圖 6 溪畔水質採樣

## 第二節 分析項目與方法

本研究採集之樣本為環境介質、植物及生物類，其重金屬分析項目為鉛、鋅、銅、鎘、鉻、汞、砷等七項，各項分析檢測方法均優先採用行政院環境保護署已公告之環境及生物分析方法，其重金屬檢測方法彙整如下表 1 所示。本研究計畫所採集之各種類樣本，其採樣流程與規定皆依照行政院環境保護署公告之採樣方法(NIEA W102.51C, NIEA S102.61B, NIEA C303.02T)，遵照其規定密封、保存及運送、保存、冷藏，並同時記載保存日期及時間，樣品分析之品保品管以優於環保署公告之方式進行。各類別樣本採樣詳細說明分述如下。

土壤、底泥採樣方法以行政院環境保護署公告之土壤採樣方法 (NIEA S102.61B)、底泥採樣方法 (NIEA S104.30C) 進行採樣並紀錄。而分析方法也依照行政院環保署公告之土壤中重金屬檢測方法—王水消化法(S321.63B)、污泥及沉積物中重金屬檢測方法—酸消化法(R353.00C)進行分析，分析項目包括鉛、鋅、銅、鎘、鉻、汞、砷，其中前五項由本研究室進行前處理及消化處理，前者則與汞、砷項目以冷藏及冷凍方式寄至成功大學永續環境科技研究中心進行分析。

園區內水質採樣方法以行政院環境保護署公告之水質檢測方法總則 (NIEA W102.51C) 進行，樣本於採樣後以冷藏方式寄至成功大學永續環境科技研究中心進行分析，而在採樣的同時用手提式多參數水質測試儀(WTW Multi 340i)現場進行水質基礎性質測量，其項目包括水溫、鹽度、電導度、氫離子濃度(pH 值)、溶氧(DO)等，如無記載則為志工協助採樣或採樣器材與樣品攜行性考量。檢測水質重金屬之分析方法依照公告之水中銀、鎘、鉻、銅、鐵、錳、鎳、鉛及鋅檢測方法—火焰式原子吸收光譜法(W306.52A) 分析水中鉛、鋅、銅、鉻、鎘等五項；水中汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法(W330.52A)；水中砷檢測方法—自動化連續流動式氫化物原子吸收光譜法(W434.53B)等方法共檢測七項重金屬。

表 1 重金屬檢測項目與方法彙整表

介質	項目	檢測方法
水 (樣品代號： TW-)	Pb	水中銀、鎘、鉻、銅、鐵、錳、鎳、鉛及鋅檢測方法—火焰式 原子吸收光譜法(W306.52A)
	Zn	
	Cu	
	Cr	
	Cd	
	Hg	水中汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法(W330.52A)
	As	水中砷檢測方法—自動化連續流動式氫化物原子吸收光譜法 (W434.53B)
土壤 (樣品代號： TSL-)	Pb	土壤中重金屬檢測方法—王水消化(S321.63B)
	Zn	
	Cu	
	Cr	
	Cd	
	Hg	土壤及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法 (M317.02C)
	As	土壤中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法(S310.63C)
底泥 (樣品代號： TSD-)	Pb	污泥及沉積物中重金屬檢測方法—酸消化法(R353.00C)
	Zn	
	Cu	
	Cr	
	Cd	
	Hg	土壤及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法 (M317.02C)
	As	土壤中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法(S310.63C)
動物體 (樣品代號： TBM-,TBB-)	Pb	魚介類酸性消化總則—熱板消化／元素分析(C303.02T)
	Zn	
	Cu	
	Cr	
	Cd	
	Hg	土壤及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法 (M317.02C)
	As	土壤中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法(S310.63C)

(資料來源：彙整自行政院環保署環境檢驗所)

動物體採樣主要以太魯閣管理處之巡山志工與其他研究團隊協助取得。動物體分析方法依照行政院環境保護署公告之魚介類酸性消化總則—熱板消化／元素分析(C303.02T)進行，分析項目包括鉛、鋅、銅、鎘、鉻、汞、砷，其中前五項由本研究室進行前處理及消化處理，前者則與汞、砷項目以冷藏及冷凍方式寄至成功大學永續環境科技研究中心進行分析。上述各類樣本資料彙整如下表 2 所示。

表 2 樣本資料表

項目	數量	區域
土壤	56	I 區、II 區、III 區、IV 區。
底泥	11	I 區、II 區、III 區、IV 區。
水質	34	WD、WW、WO。
動物體	13	TBM、TBB。

(資料來源：本研究團隊彙整)

### 第三節 品保與品管

本研究計畫中，水樣、土壤、底泥、植物、動物體樣本於採樣現場均依環保署公告之方法 (NIEA W102.51C, NIEA S102.61B)，在規定時限內送回實驗室進行化學分析，若無法及時分析則先冷凍保存，樣品保存前應先確認樣品上之標示是否清楚正確，是否依規定密封及保存，所使用之容器是否正確、適當，並在樣品接收單上詳細記錄，如樣品之保存、運送方式均符合規定，樣品再予以保存、冷藏，並同時記載保存日期及時間，由負責人員簽名以示負責。完成上述工作後，樣品應立即進行分析。檢驗人員進行分析時，均應記錄分析之時間，所使用之樣品編號、數量及分析項目等資料，以利於日後作為品保追蹤上之依據。

## 代表性生態系經營管理之持久性無機毒物生態風險評估監測

依環保署公告之品保品管方法，於實驗分析各項重金屬之回收率平均介於95~108%，實驗品管結果優於公告值。而在空白分析試驗之測試結果顯示，其統計資料顯示於空白試驗中之重金屬含量大多低於實驗分析之偵測極限以下，亦即實驗分析之環境與過程中未遭受污染，符合環保署公告之方法。

## 第四章 結果與討論

### 第一節 國家公園內農業及其他人為活動探討

太魯閣國家公園土地權屬區分有三大類，分別為國有土地、原住民保留地、私有土地等。原住民保留地分布於崇德、太魯閣閣口、大同、大禮、西拉岸、三棧一帶，佔 2.42%；私有地部分，則佔全部面積的 0.14%。國有土地分屬行政院農業委員會林務局、行政院國軍退除役官兵輔導委員會、交通部公路局及內政部營建署太魯閣國家公園管理處等機關管理（徐國士、陳紫娥，2006），土地的管理權責與分配的面積說明如表 3。

表 3 太魯閣國家公園土地管理權責表

類別	權屬單位	區域	面積(%)
國有土地	行政院農業委員會 林務局	管理國有林地，擁有的面積為 全區最大	96.86
	行政院國軍退除役 官兵輔導委員會	中橫公路沿線部分河階地，屬特別景 觀區，主要據點為：天祥、梅園、竹 村、西寶分場，洛韶、慈恩，大禹嶺， 均由榮民進行農耕墾植	0.28
	交通部公路局	八線(中橫公路)，省道台九線(蘇花公 路)、台十四甲霧社支線及其必要設 施	0.22
原住民 保留地	太魯閣國家公園管理 處	公共設施、水土保持等需要，故徵 收、撥用區	0.08
	行政院原住民委員會	崇德、太魯閣閣口及大同、大禮、西 拉岸、三棧等種植農作物及若干竹林 或造林地	2.42
私有土地	榮民	中橫公路沿線部分河階地	0.14

(資料來源：徐國士、陳紫娥，2006)

中橫公路在歷時三年多的時間，於 1960 年開通後，本區的人文結構逐漸改變，其中的土地使用狀況亦有不同的變化。中橫公路開發期間，分別設置三座農場，最早為 1957 年設置的福壽山農場，其氣候及地形適合種植溫帶水果、蔬菜與茶葉，安置約 100 位退伍軍人。第二座則為 1959 年成立之花蓮農場西寶分場為規模較大之農場，主要涵蓋竹村、洛韶、梅園、松莊、蓮花池、谷園、蘭苑（跑馬場）、文山、立霧（布洛灣）、合流、綠水等，第三座為 1963 年設置的武陵農場，氣候、地形均適合種植溫帶水果、蔬菜、菜葉等作物。設置農場初衷為供退伍軍人生活場域，更重要為示範高山發展農業。

同時，退輔會為照顧當年參與中部橫貫公路開闢的退除役官兵，將中橫公路兩旁各五公里土地劃設出來，所設置的花蓮農場西寶分場，是為政府對開路軍人之安置方式的其中一種，將其依公路沿線農場就地安置，或政府提供土地種植作物及農場管理，另一種作法則將其納編為公路局之養路班底，分布在慈恩以上之關原及大禹嶺地區。當時梨山及武陵農場為當時高山農場擴建重點區域，大禹嶺土地開發則是由養路班底開墾。1981 年至 1991 年間退輔會依據行政院國軍退除役官兵輔導委員會開發地放領辦法（2003 年 1 月 10 日廢止）申請放領，其申請資格為經輔導會安置之現耕員，近墾滿十年且志願繼續從事農業生產者為限（徐國士、陳紫娥，2006）。

位於太魯閣國家公園內的塔次基里河流域內的大禹嶺及關原屬於養路班所開墾，屬於中高海拔的農墾地帶，因此農業活動所進行的各項肥料施用及農藥噴灑，長期所累積下來的殘留量，應較區內其他地方為高。而花蓮農場西寶分場主要散布在陶塞河流域，範圍內有竹村、梅園、蓮花池、天祥等地點，屬於中海拔地區。今年度採樣多個採樣點都在西寶、洛韶與新白楊，為農業活動較頻繁之地帶。

## 第二節 環境中重金屬流布現況

本研究調查規劃之土壤、底泥均已依進度全數完成，園區內水體樣本主要以立霧河流域為主，包含塔次基里溪、慈恩溪與瓦黑爾溪等流域進行調查，並於採

樣同時紀錄基礎水質資料，今年度已依照採樣計畫完成乾、濕兩季水質樣本採樣與實驗分析。

生物體樣本因取得不易，已取得之樣本主要有山羌與山羊及鳥類三大項為主，由於鳥類樣本之內臟量稀少，因此無法進行重金屬汞、砷的分析，其餘生物體樣本皆檢測本研究規劃之七項重金屬含量分析。今年度生物體中重金屬調查之進度皆完成實驗分析與數據彙整。

### 壹、土壤與底泥

本研究規劃調查土壤、底泥中重金屬調查結果，因採樣區域之底泥於乾季時為長時間裸露在外，並非全年在水面之下，所以將結果其匯入土壤調查結果進行比較，由於樣本數量較多，因此本團隊將樣本依其位置與樣區大小，將其區分為四大區域進行說明，如下表 4 所示。區分方式以停耕地為 I 區；現有耕地為 II 區；高海拔北區為 III 區，此區鮮少人為活動及交通影響；高海拔南區為 IV 區，該區鄰近人為活動及交通運輸之區域，所有數據依統計分析各區域土壤、底泥中重金屬之平均濃度與 75% 樣本比例之濃度(意即該區域中 75% 之樣本數量之濃度)為分區比較標準。

表 4 太魯閣國家公園之土壤、底泥樣區分類統計表

樣區代號	地點說明	數量
I 區	停耕區	13
II 區	現有耕地	14
III 區	高海拔北區	24
IV 區	高海拔南區	17

(資料來源：本研究團隊彙整)

本研究彙整國內外針對土壤中重金屬濃度規範與相關研究，彙整之國內外標準包含台灣及加拿大之土壤品質標準，國內外相關研究則包含陽明山國家公園土壤重金屬調查及其質地意義之探討與中國珠江地區土壤重金屬調查研究。

### 一、土壤及底泥中重金屬之流布

園區內土壤、底泥各項重金屬調查結果，其中以重金屬鉛（圖 7）與汞（圖 8）的濃度分布趨勢以高海拔的 III、IV 區較高於農耕區。其中鉛最高平均濃度出現在 III 區為 21.32 mg/Kg，汞同樣於 III 區平均濃度最高且達 303.06  $\mu$ g/Kg，停耕之 I 區濃度鉛與汞平均濃度為最低，汞僅約為 III 區之 10%。相關文獻指出重金屬來源鉛與汞大多以大氣長程傳輸之方式移動，因此為釐清園區內鉛與汞之來源，未來將須持續監測調查重金屬濃度分布與變化，藉由長期監測資料以探討其來源與成因。

整體而言重金屬鋅、銅、鉻、砷（圖 9~12）之濃度分布趨勢以現有耕地的 II 區為最高，停耕之 I 區為其次，高海拔的 III 與 IV 區最低。停耕的 I 區土壤、底泥中之重金屬鋅與銅濃度較 III、IV 區高，顯見過去農耕行為對土壤中重金屬仍具有顯著影響。在過去因農耕行為主要施用之肥料中大多含有銅與鋅等微量重金屬，一旦農民施用過量或使用不當時，將會對生態造成影響並在環境中累積，另外今年度分析結果顯示位於 II 區部分採樣點，其土壤中各項重金屬含量有偏高之趨勢，後續研究調查須應針對持續農耕地區進行監測，以預防農藥、肥料因施用不當使重金屬累積，進而造成生態與環境之衝擊。

本年度之重金屬探討結果顯示銅於 II 區之濃度最為顯著，其平均濃度約為其他三區之 2.5~5 倍之多，故農耕對土壤之影響非常明確，且其濃度更因持續耕種將使其累積量增加，長期而言為瞭解重金屬對生態之衝擊應進行生態風險評估以釐清各種可能影響。而 III、IV 區於太魯閣之重金屬流布極為接近，然而污染物長程傳輸對高海拔區域之衝擊，已可在本年度之普查看出端倪，因此後續高海拔地區應深入規劃環境流布與生態風險評估之調查研究，以使國家公園之長期生態研究更完整。

重金屬鎘為七項重金屬中最不易被測得之項目，在毒理學相關研究資料指出，重金屬鎘與其他六項重金屬不同，尤其是鎘在環境中即便是非常微量的存在也會產生不良的影響。今年度之調查結果大多低於偵測極限以下，僅在 II 區與 III 區其中各一點測得。未來將持續進行調查該區之鎘含量。

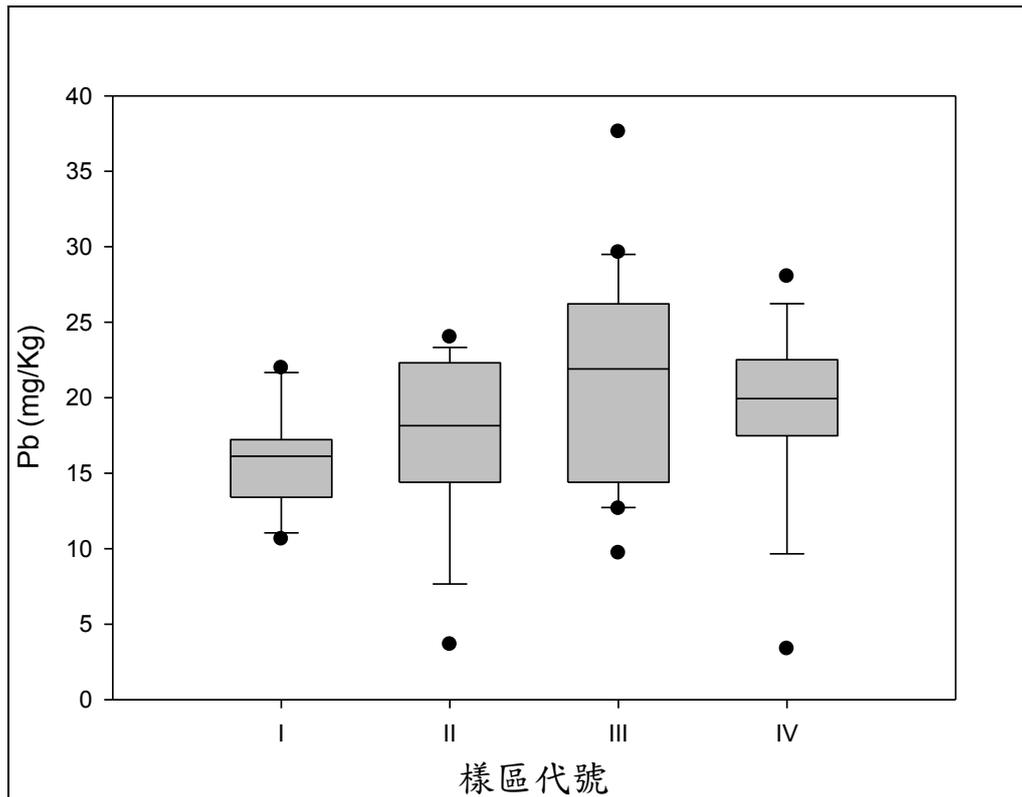


圖 7 太魯閣園區土壤、底泥中鉛(Pb)之含量

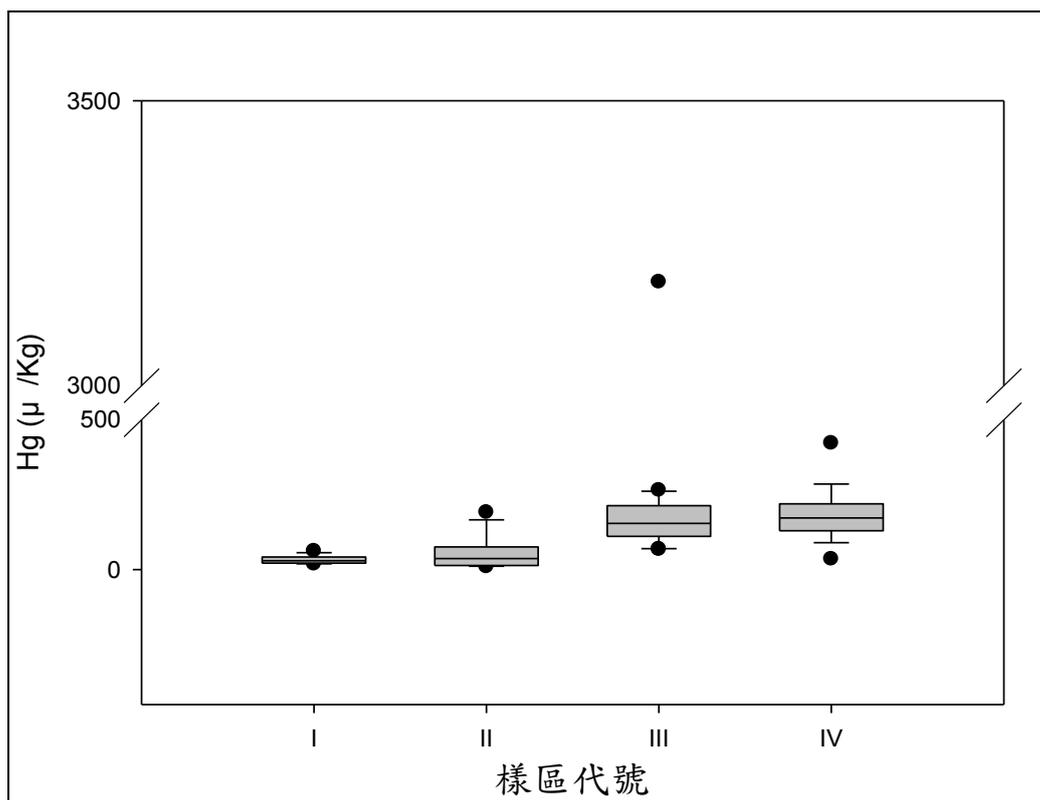


圖 8 太魯閣園區土壤、底泥中汞(Hg)之含量

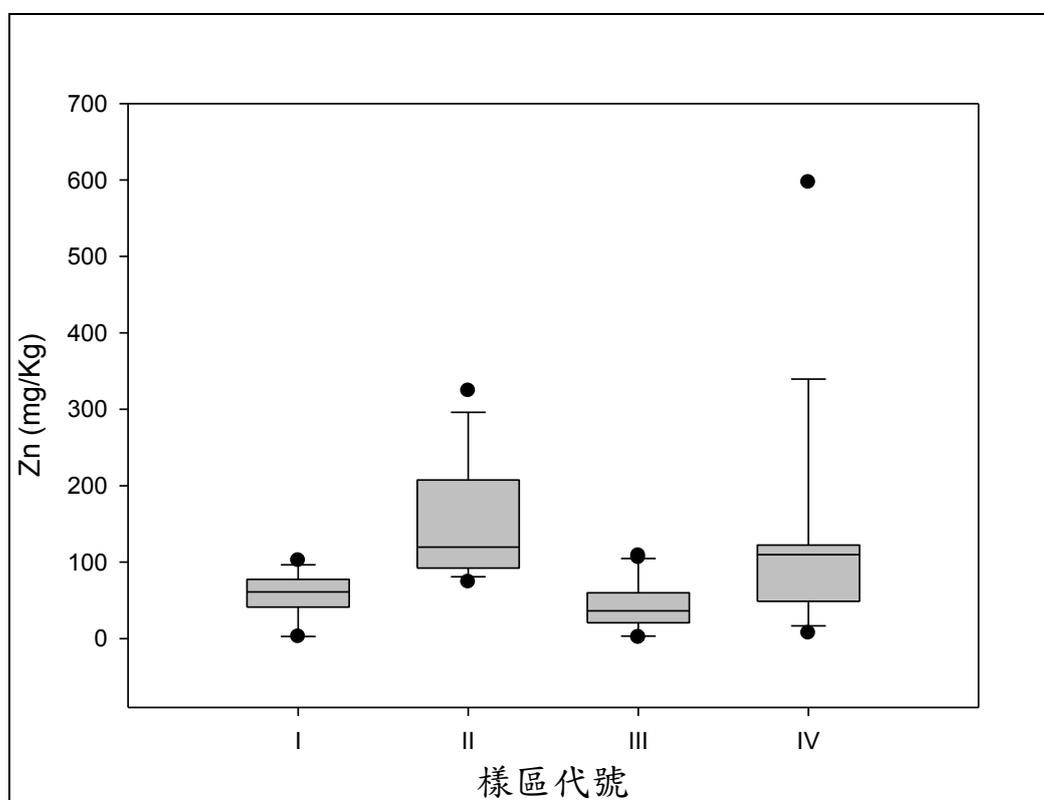


圖 9 太魯閣園區土壤、底泥中鋅(Zn)之含量

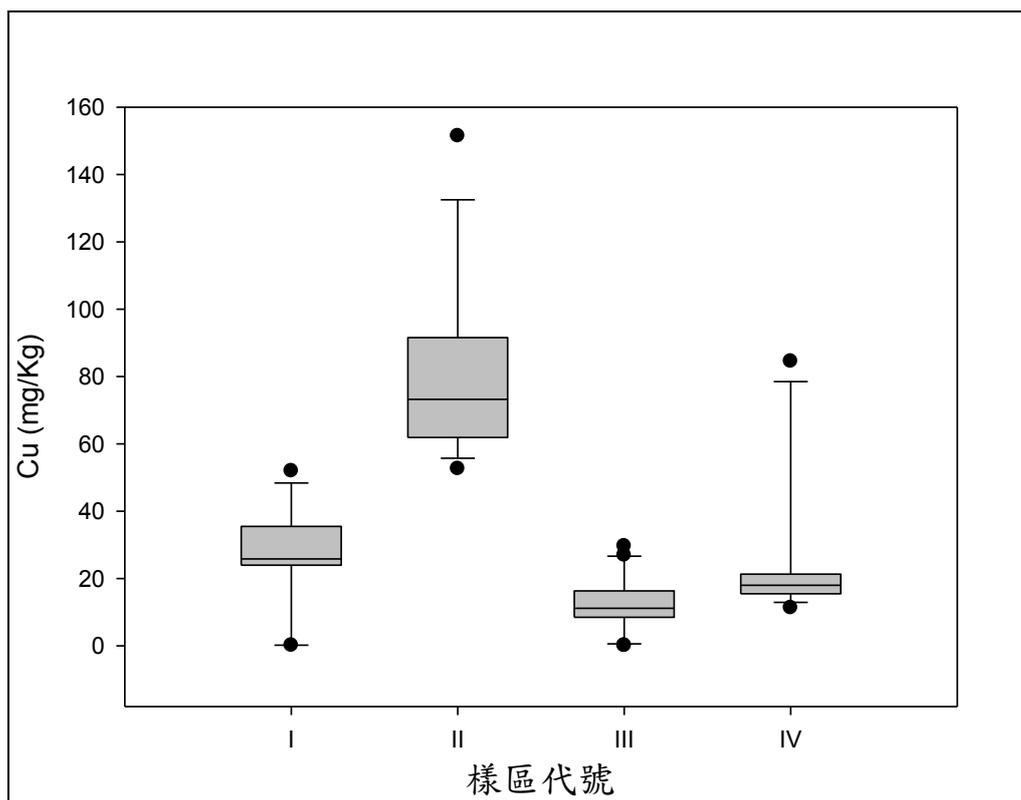


圖 10 太魯閣園區土壤、底泥中銅(Cu)之含量

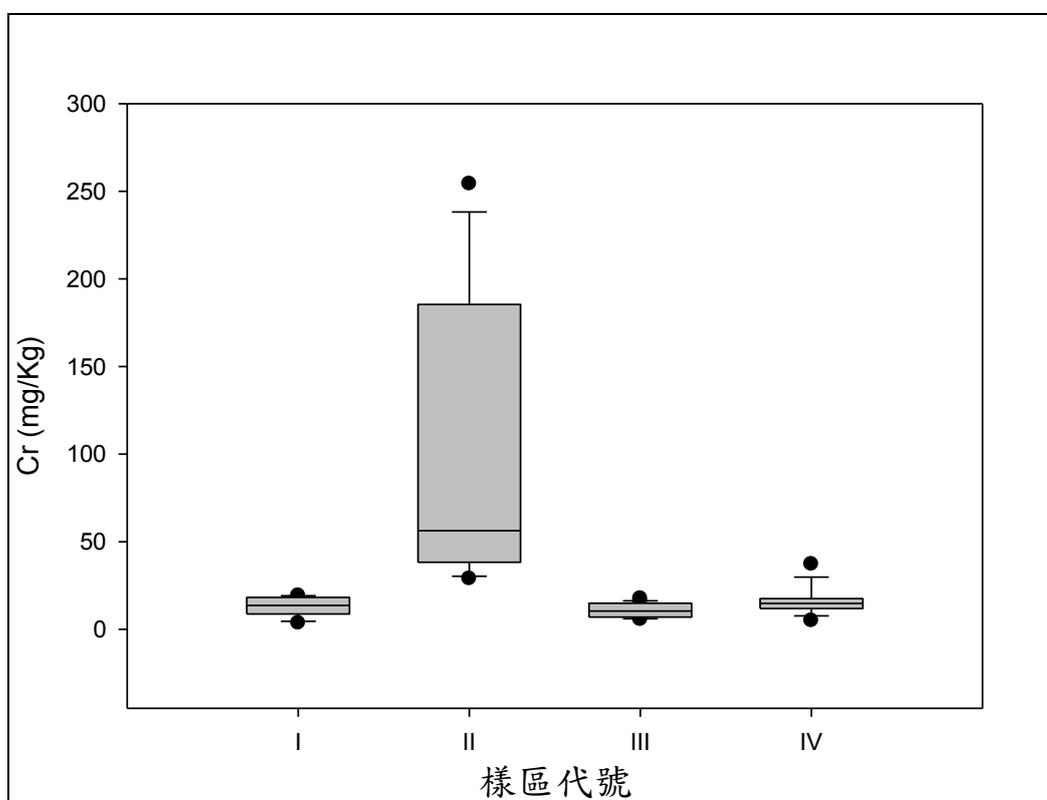


圖 11 太魯閣園區土壤、底泥中鉻(Cr)之含量

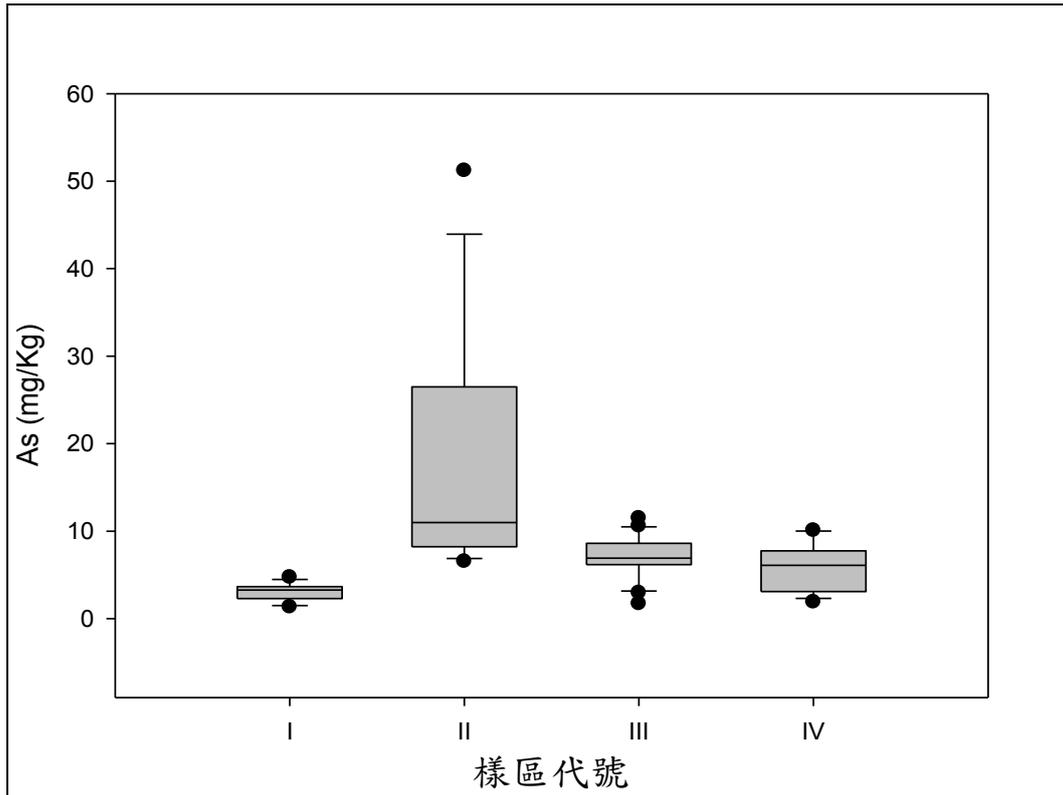


圖 12 太魯閣園區土壤、底泥中砷(As)之含量

## 二、國內外相關法規標準與案例比較

本節收集國內外土壤重金屬濃度相關規範與案例，以做為農耕地之許可濃度的規範值之比較參考，藉以比較目前太魯閣國家公園園區內停耕地、現有耕地與人為活動較少之區域進行比較，以期瞭解園區內重金屬累積之程度。表 5 為本研究與案例之代碼說明，各案例與標準說明如下：

1. 行政院環境保護署訂定之「土壤污染監測基準」(代號為 STD-TS)，本研究取其農地中重金屬含量基準值作為比較之依據。
2. 加拿大的土壤品質準則(Canadian Soil Quality Guidelines)，針對自然土地、農耕地(代號為 STD-CS)、商業用地與工業用地等四種不同使用類型之土地，個別訂定不同程度之重金屬許可濃度，本研究以農耕地之許可濃度規範值做為比較參考。

3. 陽明山國家公園區內土壤重金屬調查資料，包含農耕活動頻繁的竹子湖地區(代號為 Y-C)與大屯山自然公園地區(代號為 Y-D)兩大區域。
4. 中國大陸珠江地區則分別針對農耕地(代號為 C-C)與非農耕地(代號為 C-N)之調查研究。

表 5 土壤與底泥樣區及案例文獻代號說明

代號	說明
I 區	停耕區。
II 區	現有耕地。
II 區	高海拔北區。
IV 區	高海拔南區。
C-C	珠江三角洲之研究案例，作物土壤
C-N	中國珠江三角洲之非農耕之自然區域土壤
Y-C	台灣陽明山國家公園之的竹子湖區域
Y-D	台灣陽明山國家公園內大屯自然公園中土壤
STD-TS	行政院環保署訂定之「土壤污染監測基準」。
STD-CS	加拿大土壤品質準則(Canadian Soil Quality Guidelines)

(資料來源：本研究團隊彙整)

園區與國內外相關規範及案例比較，各項重金屬皆以該區域之平均濃度為其代表，經分析比較結果彙整如下圖 13~19 所示，太魯閣園區內之各採樣點七項重金屬之平均濃度皆低於國內之規範，而銅、鉻與砷則略高於加拿大農耕地之標準，但台灣之規範均較加拿大之標準寬鬆。與國內外其他案例研究結果比較，顯示現有耕地之 II 區的鋅、銅、鉻、鎘與砷等重金屬流布趨勢與中國珠江三角洲相似，但珠江三角洲農地重金屬大多高於國內研究案例，顯見目前園區內持續農耕之地區對於重金屬之累積具有一定程度之貢獻，也是未來研究不可忽略的重點之一。

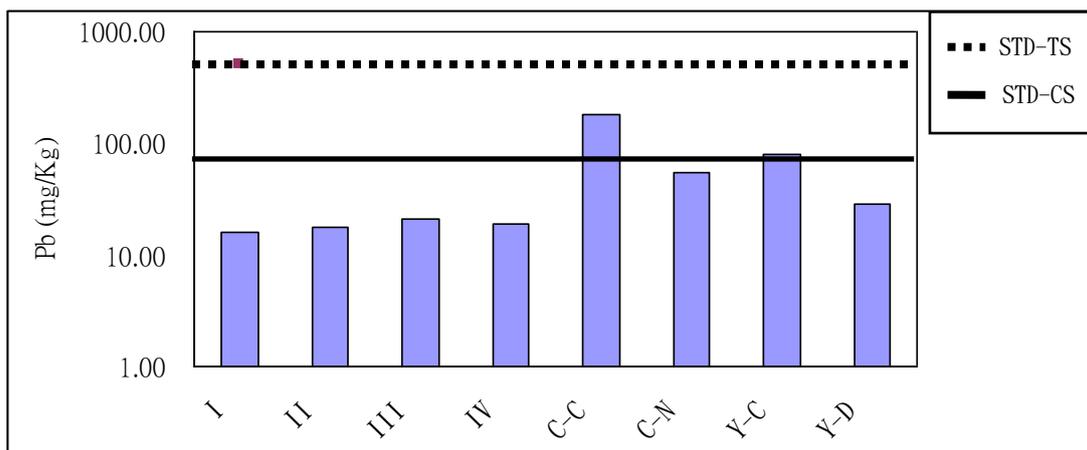


圖 13 太魯閣土壤、底泥中鉛(Pb)與國內外標準及案例之比較

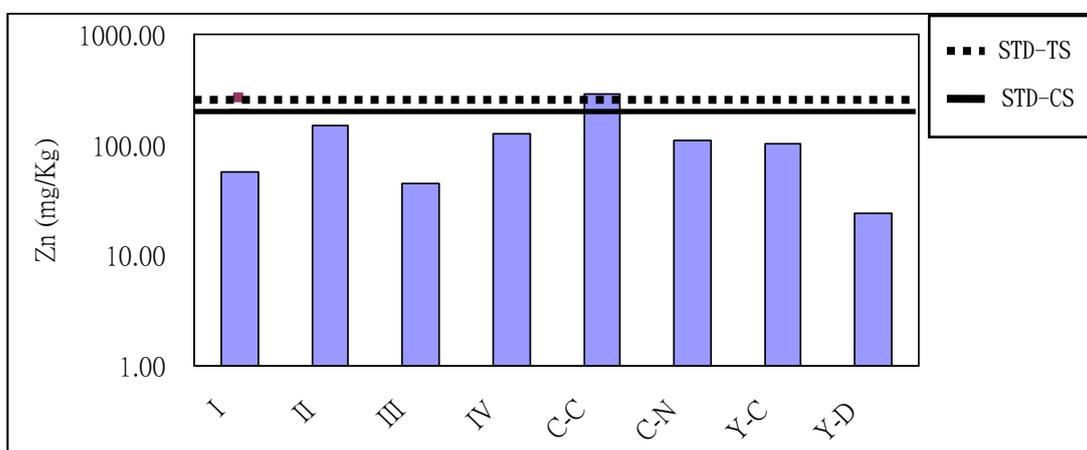


圖 14 太魯閣土壤、底泥中鋅(Zn)與國內外標準及案例之比較

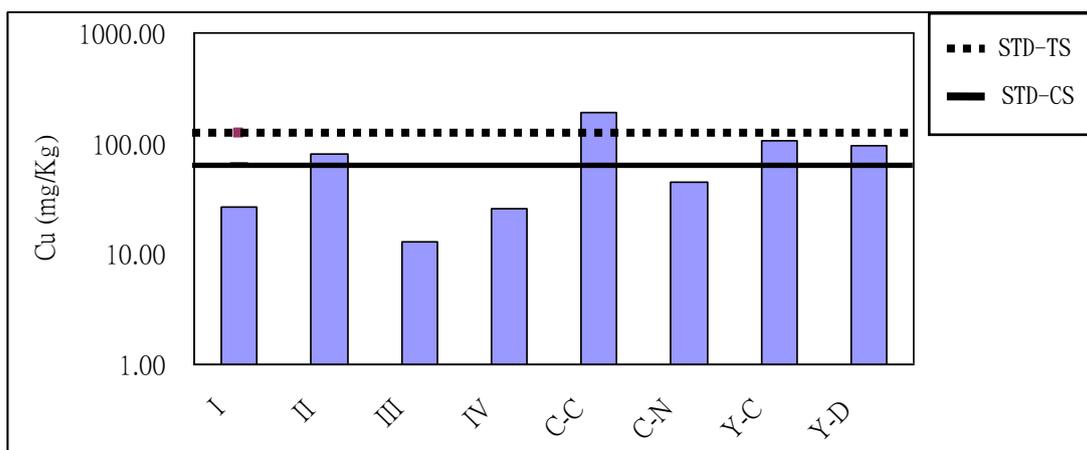


圖 15 太魯閣土壤、底泥中銅(Cu)與國內外標準及案例之比較

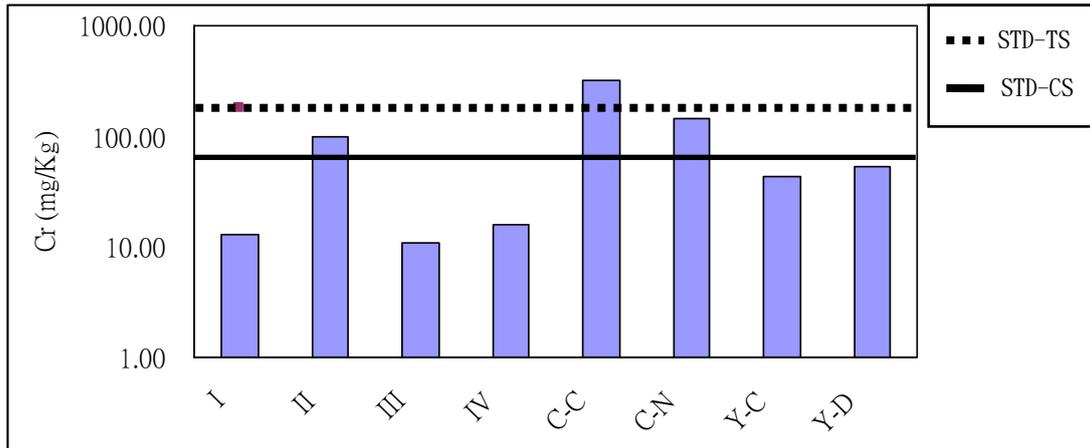


圖 16 太魯閣土壤、底泥中鉻(Cr)與國內外標準及案例之比較

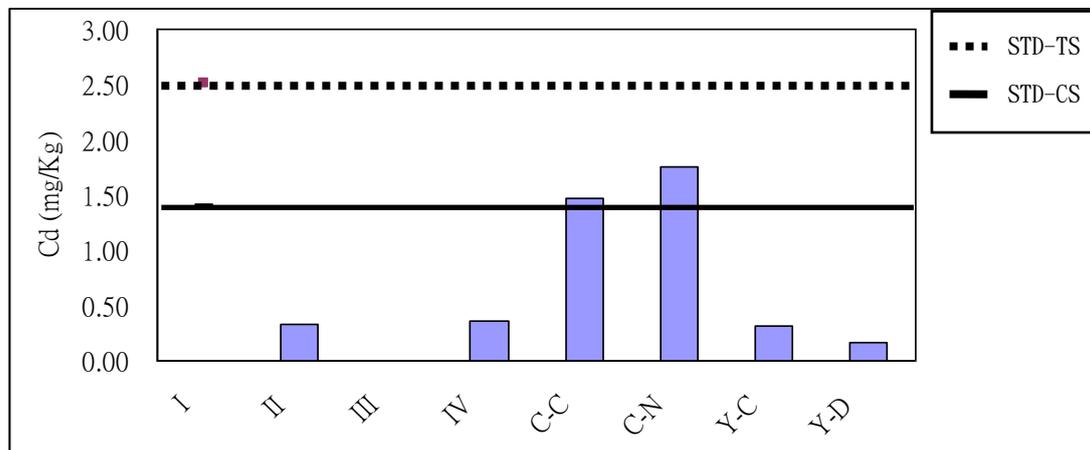


圖 17 太魯閣土壤、底泥中鎘(Cd)與國內外標準及案例之比較

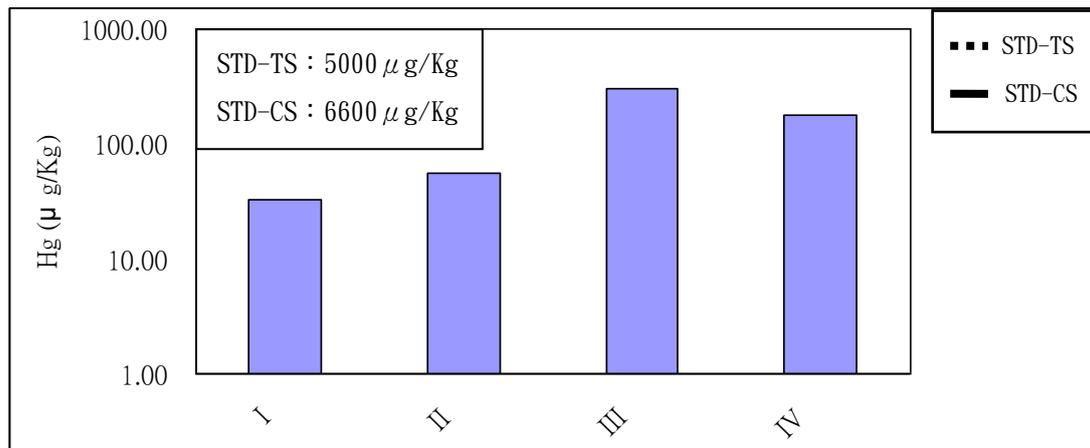


圖 18 太魯閣土壤、底泥中汞(Hg)與國內外標準及案例之比較

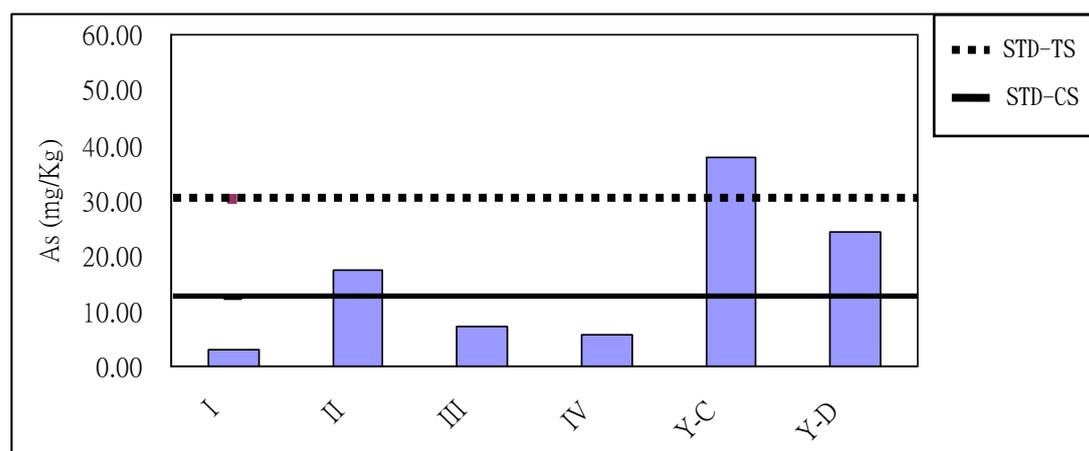


圖 19 太魯閣土壤、底泥中砷(As)與國內外標準及案例之比較

## 貳、水體

水體重金屬調查分為乾季與濕季之樣本，另外也包含由志工協助採樣之水質樣本，表 6 為彙整現場基礎水質資料，本團隊另將樣本區分為三大類別，中海拔乾季採集水樣代號為 WD，共計 17 個樣本；中海拔濕季採集水樣代號為 WW，共計 8 個樣本；最後是由志工或其他研究團隊協助取得之高海拔水樣，其代號為 WO 共 9 個樣本。本節就水樣之平均濃度進行探討。

表 6 園區基礎水質彙整表

樣品編號	溫度	電導	pH	溶氧
TW-01	16.3	322	8.50	7.28
TW-02	15.3	502	8.16	8.63
TW-03	21.1	60	10.09	12.51
TW-04	23.6	56	12.00	10.75
TW-05	24.2	45	9.32	10.85
TW-06	24.0	41	9.41	11.03
TW-08	18.9	407	8.30	7.87
TW-09	18.9	407	8.30	7.87
TW-10	19.0	483	8.38	8.31
TW-11	19.0	483	8.38	8.31
TW-12	18.3	456	8.43	9.43
TW-13	18.3	456	8.43	9.43
TW-14	22.6	423	8.05	7.81
TW-15	22.6	423	8.05	7.81
TW-16	19.0	338	8.47	7.12
TW-17	19.0	338	8.47	7.12
TW-20	20.8	471	8.19	7.66
TW-21	16.4	6	5.56	5.72
TW-22	16.6	7	7.55	4.73
TW-23	18.1	6	7.41	4.86
TW-26	22.0	450	8.21	6.71
TW-27	22.3	480	8.11	6.92
TW-28	23.7	461	7.85	6.42
TW-29	20.0	384	8.05	7.16
TW-30	23.4	401	7.94	7.42
TW-31	23.3	365	8.31	7.33
TW-32	20.7	574	7.81	6.41
TW-33	36.4	50	5.42	5.34

資料來源：本研究團隊彙整

另外本研究將監測結果與相關法規及環保署鄰近測站進行比較，本研究之水體樣本與案例之代號說明如表 7。同時收集國內「地面水體分類及水質標準」甲類水體之重金屬含量標準與環保署—全國環境水質監測設於園區內之測站，包括

錦文橋測站(代號為 GD 與 GW)與普渡橋測站(代號為 PD 與 PW)之乾、濕季水中重金屬數據進行比較。

表 7 水體樣本與案例文獻代號說明

代號	說明
WD	立霧溪流域之乾季水體平均濃度。
WW	立霧溪流域之濕季水體平均濃度。
WO	高海拔地區水體之平均濃度。
GD	環保署錦文橋測站 3 月份之監測資料。
GW	環保署錦文橋測站 9 月份之監測資料。
PD	環保署普渡大橋測站 3 月份之監測資料。
PW	環保署普渡大橋測站 9 月份之監測資料。
STW	「地面水體分類及水質標準」之甲類水體重金屬標準。

(資料來源：本研究團隊彙整)

本年度水體重金屬研究調查結果，彙整如圖 20~24 所示，各水質測站中各項重金屬大多低於偵測極限，重金屬鉛與鎘皆未測得其存在，其他各項重金屬與環保署河川水質測站結果相近。調查結果比較甲類地面水體標準值，僅 WW 之重金屬銅超過標準值 (0.03mg/Kg)，其餘 WD 與 WO 類別均低於各項標準。

總結園區內水體樣本中重金屬含量，其濃度與環保署水質測站之結果相近且濃度略低。後續水質中重金屬調查監測應著重為高山水池與農耕用水部分為主，以期在既有的水質監測站作區別以提高調查之效益。

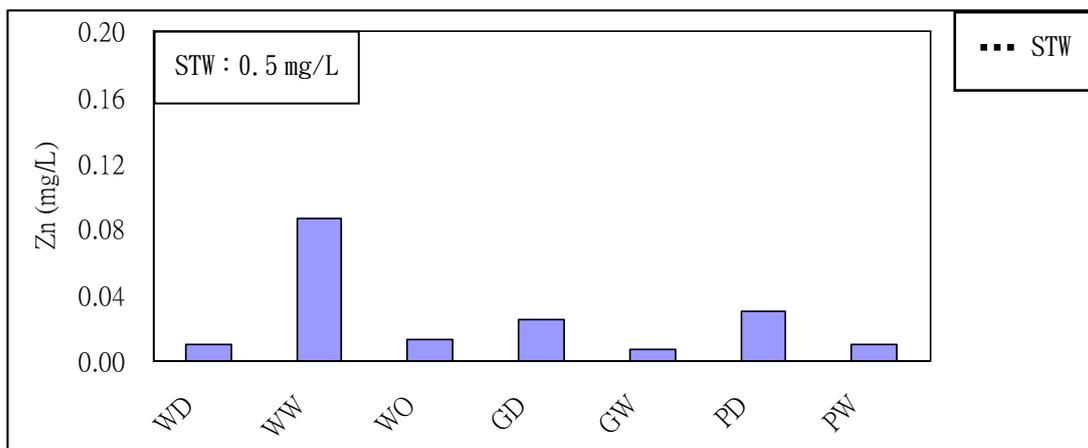


圖 20 水體中鋅(Zn)之含量

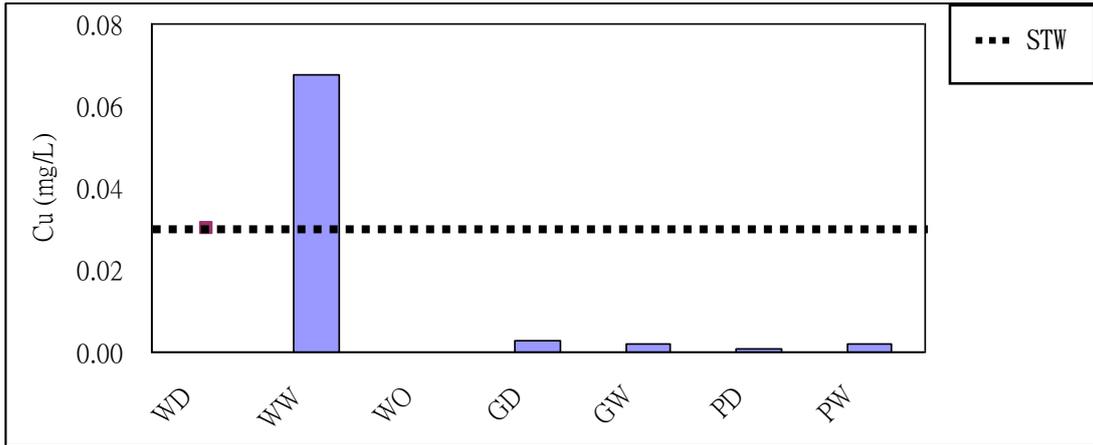


圖 21 水體中銅(Cu)之含量

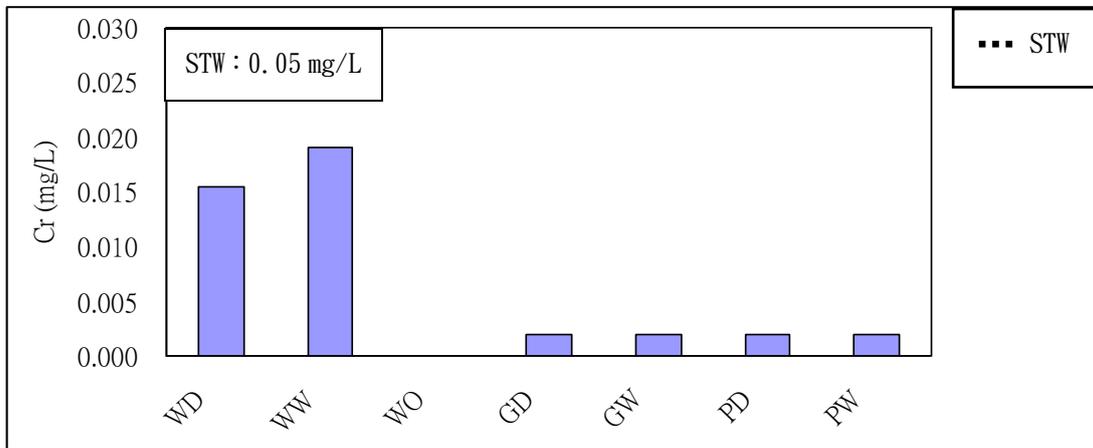


圖 22 水體中鉻(Cr)之含量

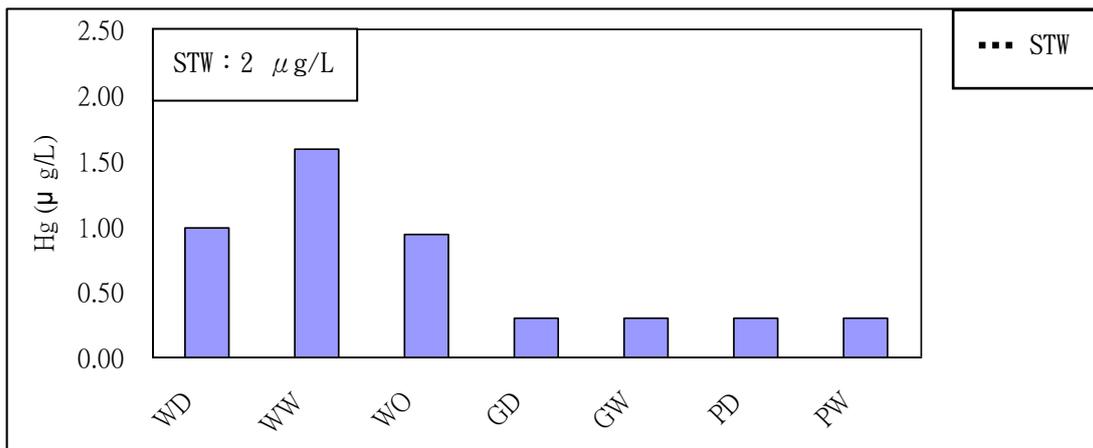


圖 23 水體中汞(Hg)之含量

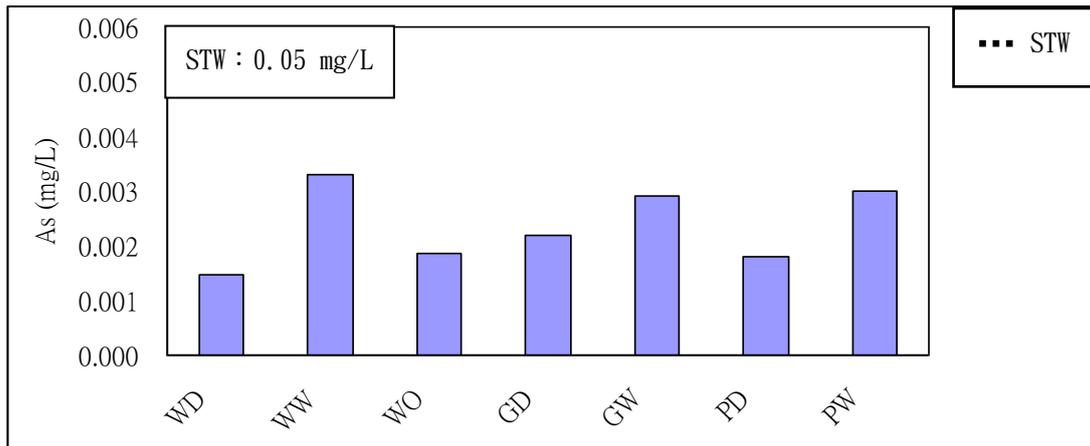


圖 24 水體中砷(As)之含量

### 參、生物體

國家公園園區內生物體樣本不易取得所以無明確規劃之區域進行採集，樣本主要區分為兩大項，第一大類為太魯閣園區志工協助取得之鳥類樣本代號為 TBB；第二大類為園區志工與其他研究團隊協助取得之山羌與山羊樣本，其代號 TBM。本年度生物體樣本為山羌、山羊與鳥類，山羌與山羊樣本代號為 TBM-01 至 TBM-09；鳥類樣本代號為 TBB-01 至 TBB-04 該樣本之汞、砷分析，因樣本量不足未做分析，其餘生物樣本均完成 7 項重金屬之檢測。

生物體中重金屬調查結果彙整如圖 25~30 所示，由於生物體樣本取得不易，在有限的樣本數量內，無法做整體趨勢探討。有限的樣本結果顯示腎臟樣本除了銅之外，其餘六種金屬濃度均高於其他樣本；唯銅在肝臟中呈現略高的情形，此外腎臟樣本 TBM-02、TBM-05 及 TBM-07 汞含量偏高（達 476~2150  $\mu\text{g/Kg}$ ）其餘樣本均小於 50  $\mu\text{g/Kg}$ 。

西班牙 Doˆnana 國家公園為歐洲之重要野鳥保護區域，但於園區內監測 16 種水鳥之肝臟、蛋內均含有重金屬，鋅為最高含量其次為銅、鉛、鎘及砷，且重金屬對於鳥類之生存與繁殖具有相當威脅性。因園區含有豐富之金屬，且位於北邊 Aznalcollar 設有礦石開採場，該地區之影響最為嚴重，許多研究顯示 1982-1992 年間環境中重金屬有逐漸增加趨勢。由於開採礦石時需將礦石作礦物分離之動作，使用沖洗之方式作分離，該沖洗水會造成銅、鋅及鉛等重金屬之污染，結果顯示

園區內於水鳥之肝臟與蛋測得鉛 ND ~ 24.28 mg/kg、銅 2.05 ~ 498.3 mg/kg、鎘 ND ~ 10.78mg/Kg、鋅 2.92 ~ 515.5 mg/kg 及砷 2.89 ~ 3.13 mg/kg。

與國外研究文獻比較，目前園區內生物體重金屬除鉻與汞兩項於案例中並無進行檢測外，各項重金屬檢測濃度皆低於國外案例之研究數據，但案例研究生物為水鳥，與本研究分析之山羌及山羊為不同種類之生物，且其物種特性不同，因此本次比較之目的在呈現國外國家公園因其鄰近開發狀況造成園區生態之影響。未來本研究團隊後續將與其他研究團隊合作，以小型哺乳動物為生物體研究之主要生物，依其可行程度做調整。

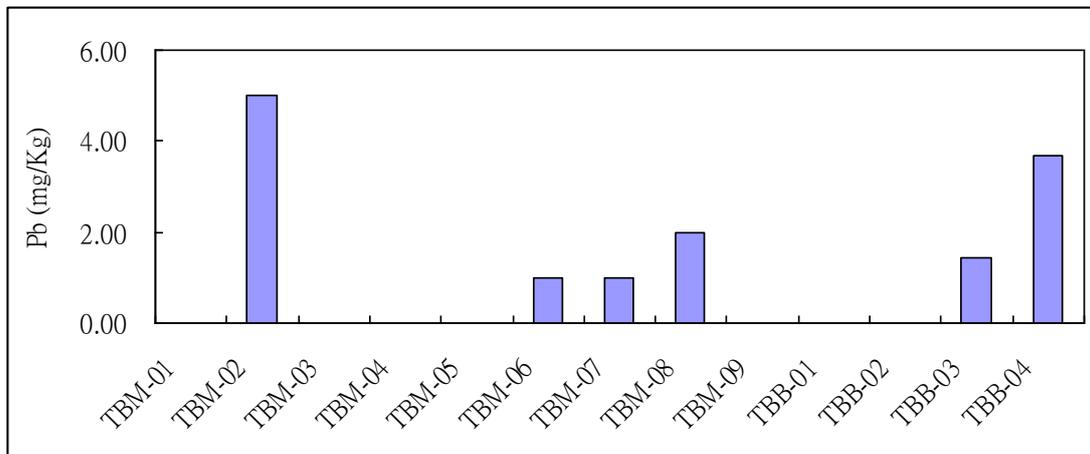


圖 25 生物體鉛(Pb)之含量

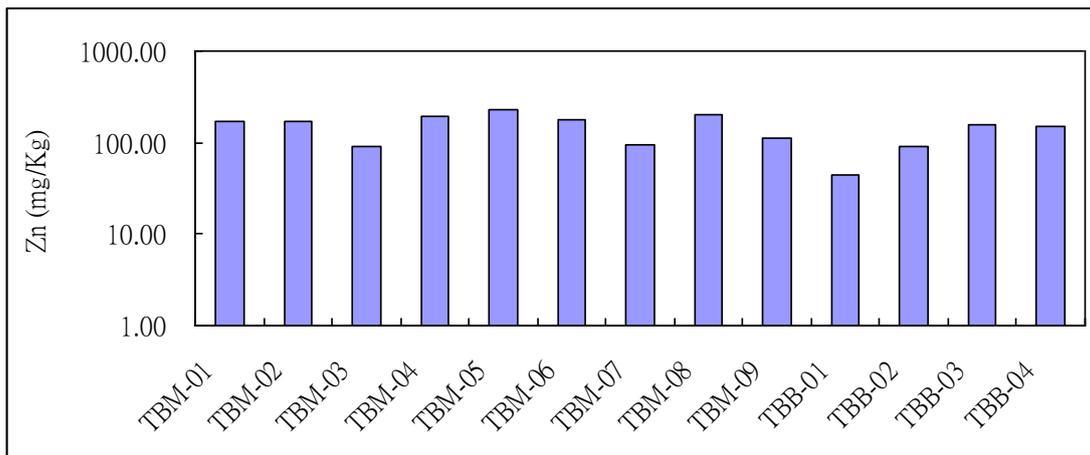


圖 26 生物體鋅(Zn)之含量

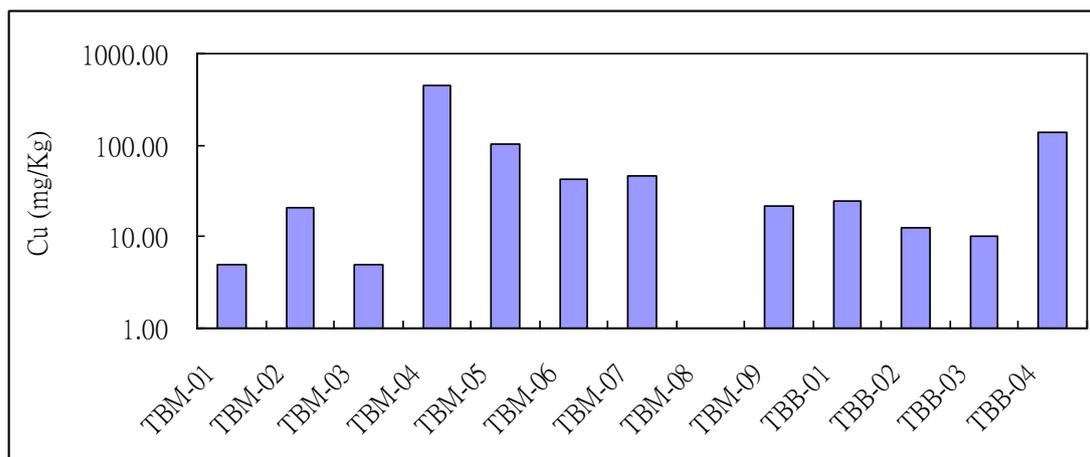


圖 27 生物體銅(Cu)之含量

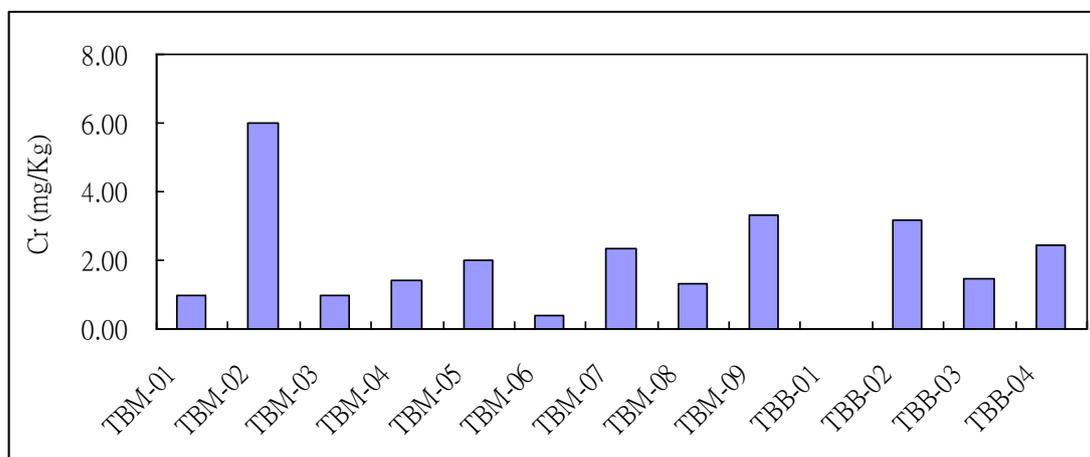


圖 28 生物體鉻(Cr)之含量

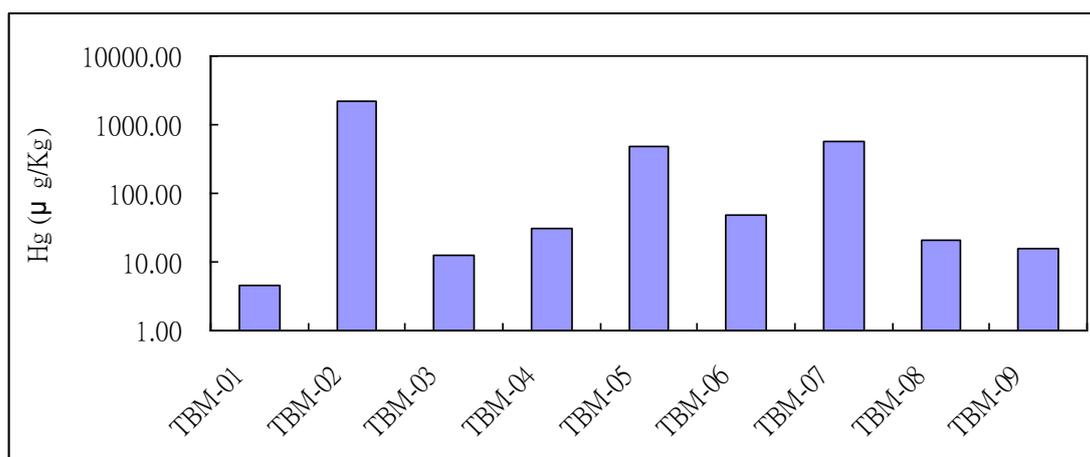


圖 29 生物體汞(Hg)之含量

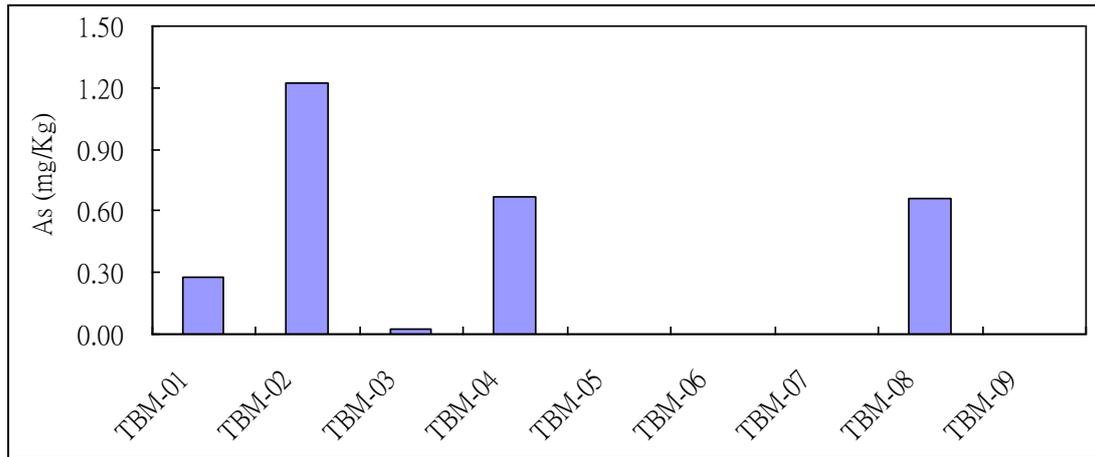


圖 30 生物體砷(As)之含量

### 第三節 重要持久性無機毒物之生態風險評估－問題界定

在問題界定階段中，首要確立評估之範疇與目標，本計畫為調查持久性無機毒物對生態系之影響並建立評估生態風險之概念模式。在此階段中，須蒐集並彙整生態風險評估所需要之資料，包含重金屬基本資料分析與毒理學的劑量效應資料，以及與重金屬產生關聯之評估生物。最後以生態學食物鏈關係來建置概念模式，進行風險評估。

概念模式為問題界定階段之最終結果，其重要性為進行生態風險評時須盡可能完善地考量危害物質與評估生物之關係，如此評估結果才具有該生態之代表意義，而概念模式可以應用在相似環境條件下與相同危害物質使用，但必須考量各區域環境特性不同進行修正，方可應用。

#### 壹、壓力源

意指對生態產生負面影響之來源，其形式與種類可以為物理性的、化學性的或是生物性質的來源(USEPA,1992)。相關研究如 Waquoit Bay 案例(Dow *et al.*, 1991)，其集水區因都市化使生態系統遭受破壞，因此為評估生態風險，彙整所有可能對集水區產生影響之污染來源進行分類，針對不同類型的壓力源所產生的影響，歸納出各種可能的結果，最後瞭解在各種不同的污染來源中，以營養鹽類

造成影響最為顯著，所以該研究案例便開始針對營養鹽類的污染與環境變化進行分析探討。

彙整國內外針對陸域與土壤的環境品質調查與評估相關資料，其建議評估項目包含有機質、有機碳、營養鹽氮、磷酸鹽、電導值、微量元素、重金屬、農藥、鹽度、作物產量之生產率、生物量等項目。因本研究樣區之特性主要針對持久性無機毒物—重金屬之含量進行調查研究，其相關毒理學研究資料彙整如下表 8 所示。

表 8 持久性無機毒物—重金屬毒理資料表

金屬種類	來源	主要用途	危害與影響
鉛 (Pb)	鉛主要吸附於懸浮物質，經大氣乾、濕沉降落於地面，以後者之作用較為明顯，因此小粒徑之懸浮物質較可能經長程傳輸至其他地區。	蓄電池之電極、油漆、彈藥與合金製品等製造，過去四甲基鉛與四乙基鉛亦被添加於汽油中增加辛烷值與引擎效率及減少引擎震動。	長期暴露於含鉛之環境下的症狀包括食慾不振、噁心、細小震顫與關節疼痛等，經長期吸入或食入鉛則可能會發生手腕和踝部神經麻痺，最嚴重結果會造成頭痛、焦慮及腦性疾病。
鋅 (Zn)	主要大多來自於人類活動，能由地表滲透作用污染地下水，有些動物能累積於體內但並無放大作用。	農藥、觸媒、橡膠、色料及肥料等製造與添加。	鋅為必需元素，一般生物耐受性高，其最低有害劑量為 0.91 mg/Kg-day 與參考口服劑量 0.3 mg/Kg-day，但攝取過量的鋅會造成嘔吐、腸胃不適、頭痛及視覺受影響等症狀。
銅 (Cu)	於環境當中有一半來自於人類活動，如礦冶與化石燃料的燃燒為主要釋出源。	電器及電子產品所用的金屬、建築結構物、運輸工業及農藥（殺蟲劑、除霉劑、除草劑）。	暴露途徑為吸入空氣中的金屬煙霧熱與皮膚暴露及眼睛接觸所導致嚴重刺激作用；食入過量會造成急性肝、腎臟毒害，並產生嘔吐、暈眩、呼吸困難、胃出血及血尿症狀。

表 8 持久性無機毒物—重金屬毒理資料表(續)

金屬種類	來源	主要用途	危害與影響
鉻 (Cr)	煉鋼、金屬冶煉及水泥製造，燃煤、火力發電、污泥與其他廢棄物等釋出。	製作不鏽鋼、汽車零件、錄影帶等。	長期吸入六價鉻會造成鼻部病症與鼻血（最低有害劑量為 $7.14 \times 10^{-4}$ mg/m <sup>3</sup> ），嚴重則會發生潰爛及鼻中隔穿孔現象，後者為鉻著名的職業毒害；以三價鉻來說其無毒性反應劑量為 1,468 mg/Kg-day 與參考口服劑量 1.5 mg/Kg-day。
鎘 (Cd)	主要藉由鋅、鉛提煉時吸附於懸浮微粒而進入大氣環境中，之後進入水體後會沉積於底泥或累積於生物體內。	油漆或顏料色素、鎳鎘電池、塑膠添加劑、合金、電鍍等，其中以電鍍業與鎳鎘電池製造使用量最多，電鍍使用比例為 51% 則電池占 22%。	鎘在食物中的最低有害劑量為 0.01 mg/Kg-day，於水當中為 0.005 mg/Kg-day，則食物中參考之口服劑量為 $1 \times 10^{-3}$ mg/Kg-day，水中為 $5 \times 10^{-4}$ mg/Kg-day；鎘在人體主要急性毒性反應，包括頭昏、嘔吐、腹痛及肺炎等，若長期性累積過量的鎘，則會產生心臟血管病變與苦痛（痛痛症, Itai-Itai disease）等病變。
汞 (Hg)	來源包含汞礦加工與其設備與汞電池及工業排放。其金屬態可在室溫下昇華為氣態且汞與其他重金屬相較之下，具有累積性與大氣傳輸及沉降作用。	溫度計、水銀燈、製造紙漿、乾電池原料、牙科使用之銀粉等	汞之最低有害劑量為 0.009 mg/m <sup>3</sup> ，參考口服劑量為 $3 \times 10^{-4}$ mg/m <sup>3</sup> ，其慢性毒害主要包括神經與腎臟影響，會有手腳麻痺與顫抖、說話異常或發音困難及失聰等症狀。

表 8 持久性無機毒物—重金屬毒理資料表(續)

金屬種類	來源	主要用途	危害與影響
砷 (As)	主要來源為鉛、鋅、銅礦的精練作業，部分則來自燃煤。並經由大氣長程傳輸移動。於環境當中的砷大多累積於底泥與土壤之中。	其主要用途為合金之組成、農藥（除草劑、殺蟲劑）、動植物中生長刺激劑、電子裝置成分等。	砷之參考口服劑量為 $3 \times 10^{-4}$ mg/Kg-day，無毒性反應劑量為 $8 \times 10^{-4}$ mg/Kg-day，其慢性毒害包括肝臟、皮膚與周邊微血管之病變、致癌性（皮膚、肺）、周邊與中樞神經受損及烏腳病等。

(資料來源：彙整自陳健民，2007)

然而重金屬在環境中污染來源相當廣。具有急性與慢性之毒性、致癌性、藉由食物鏈進行生物轉移與濃縮作用，當污染發生後並不容易立即被發覺，且其具有難以恢復等特點，對人類的健康和其他生物之生存有著長遠的不良影響，所以對環境的衝擊比一般有害毒物來的更嚴重。在毒理學相關研究中指出，不同的金屬元素對生物的作用與毒性皆不相同，例如鎘即使只有微量的存在也會產生毒害；銅、鉛、鉻等元素在適當濃度下是無毒的，對人體和生物生長是有益的，如果超過生物生存必需量則會產生毒害作用。(陳仁美，2007)

## 貳、評估終點

評估終點為衡量危害物質於生態系影響的程度，所以選擇具代表性之評估終點才能有效地呈現該區域環境生態承受危害物質影響之程度。在國家公園的生態系統中，評估終點之選定主要以國內環保署公告環境評估對於動物與植物生態技術規範準則中的調查項目作為參考，其評估終點之選擇包含哺乳動物、鳥類、兩棲類、爬蟲類、蝴蝶及大型昆蟲、魚類、水生昆蟲、浮游生物以及植物等共九項進行篩選。

彙整各評估終點與重金屬之相關研究資料，以及生態風險評估準則中建議評估終點之選擇須考慮以下三點：第一點為考量評估終點於生態系中是否具有足夠

的關聯性；第二點為評估終點是否具社會價值或政策保護之物種；第三點則必須考量評估終點是否對壓力源具有敏感性。(USEPA, 1992)

綜合以上問題界定階段所彙整之相關研究資料，於壓力源部份已完成蒐集並彙整持久性無機毒物之毒理相關資料；於評估終點部份在太魯閣國家公園之生態系統中，水生生物由於水中重金屬含量很低，用以評估風險無法顯著評估其生態風險；反之在陸域環境中，土壤和底泥中的重金屬濃度明顯較水域環境來的高，用以評估生態風險之可行性較高，而國外相關調查研究內容也多針對土壤、植被與生物為主，因此在篩選評估終點之項目則限縮為哺乳動物、鳥類、兩棲類、爬蟲類、蝴蝶及大型昆蟲等六項。考量生物體樣本取之不易，未來將與其他研究團隊合作以小型哺乳動物為主之評估方式。



## 第五章 結論與建議

本年度計畫主要研究內容包含，人為活動與氣象水文資料分析、國家公園重要生態系中持久性無機毒物之分布狀況與生物累積現況分析比較、持久性無機毒物資料庫建置以及生態風險評估之問題界定等項目，各項目研究內容之結論分述如下：

### 第一節 結論

- 一、經彙整太魯閣國家公園內歷來人為活動之相關資訊，本研究針對農耕區域與主要人為活動區域進行採樣；由氣象水文資料分析，乾季為 11 月至 4 月，濕季為 5 月至 10 月。規劃長期生態調查之時間，以乾、濕季為依據，規劃土壤、底泥及水體之採樣頻率。原則上，本年度之各類樣本檢測共完成 114 樣本，每個樣本進行 7 項重金屬之分析，因此檢測結果對深入探討國家公園中無機毒物重金屬之環境流布現況具有完整性與可信度。
- 二、整體而言，土壤與底泥中鉛與汞之分布趨勢以高海拔南區最高，現有耕地次高，而停耕區濃度最低。其他如鋅、銅、鉻、砷以現有耕地最高，高海拔兩區較低，農耕行為對重金屬含量之影響可見一斑；各項重金屬之平均濃度均符合國內土壤之監測標準；但銅、鉻與砷略高於加拿大之標準。比較現有耕地之重金屬檢測結果與中國珠江三角洲的濃度趨勢相似不過略低，顯見持續農耕之地區對重金屬累積具有一定程度之貢獻。
- 三、水體重金屬調查結果，鉛與鎘均在偵測極限下，其他重金屬平均濃度與環保署河川水質測站結果相近；相較於甲類地面水體標準值，僅濕季水體銅略高於標準值。
- 四、本年度在有限的樣本分析結果顯示特別是腎臟樣本除了銅之外，其餘六種金屬濃度均高於其他樣本。然因樣本取得不易，受限於樣本數，因此

本項生物檢測結果為顯著不可忽略，未來需以區域及食物鏈為規劃，以取得更豐富之資料以供長期生態風險評估研究之需。

五、生態風險評估之問題界定階段，於壓力源部份已完成蒐集並彙整持久性無機毒物之毒理相關資料；於評估終點之項目則限縮為哺乳動物、鳥類、兩棲類、爬蟲類、蝴蝶及大型昆蟲等六項。並將據此作為環境毒物對生態研究之基礎。

六、調查結果之環境流布與生物累積數據資料，分類為土壤、底泥、水體與生物體樣本共四大類別，並完成彙整為可供直接應用於資料庫建置之所需。

## 第二節 建議

建議一、進行長期之生態與環境中重金屬監測：立即可行且中長期建議。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：國立東華大學

太魯閣國家公園中持久性無機毒物之年度普查結果顯示，因區域特性不同呈現重金屬流布之不同趨勢，且結果以土壤、底泥及生物體之檢測均呈現顯著且不可忽視之現況，因此未來持續長期之生態與環境中重金屬監測實為必要之研究工作。

建議二、將現有耕地納入監測管理之重點：立即可行且中長期建議。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：國立東華大學

土壤與底泥重金屬調查結果以現有耕地區之濃度最高，顯見農耕行為對重金屬累積具有一定程度之貢獻。本年度 II 區與 III 區其中各一點土壤中鉻已超過國內土壤污染監測基準，因此為進一步瞭解園區內人為活動及農耕區域重金屬流布

現況，建議未來須將現有耕地納入監測管理之重點，並可作為環境流布與生態風險評估範疇之一。

建議三、流動水體重金屬之調查運用環保署資料庫做深入的流布探討：立即可行。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：國立東華大學

水質重金屬監測結果，整體而言立霧河流域重金屬之含量低，且本研究團隊調查結果與環保署於園區內之測站結果相近，因此流動之表面水體（河川）水質檢測，可採用環保署資料庫結果即可。後續調查建議應與其他研究團隊合作以其他區域之現有耕地與高海拔地區之水池為主，如澆灌蓄水池等規劃長期監測研究，其結果可作為污染物長程傳輸、人為活動及農業開發對環境衝擊之研究依據，並可以釐清重金屬來源與分布狀況。

建議四、以小型哺乳類動物作為主要調查種類並依其可行性做調整：立即可行且中長期建議。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：國立東華大學

生物體重金屬調查因樣本取得不易且可取得之數量少，作為評估之分析資料有限，為增加樣本數量與其可得性，未來將與其他研究團隊合作，以小型哺乳類動物作為主要的生物體調查種類，並依其可行性做調整。以期將來在持久性無機毒物之生態風險評估，能更具有其生態代表性。

## 代表性生態系經營管理之持久性無機毒物生態風險評估監測

建議五、進行生態風險評估第二階段探討環境中重金屬對生物體之影響：立即可行且中長期建議。

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：國立東華大學

持久性無機毒物之生態風險評估，今年度已完成問題界定，藉由已彙整之重金屬毒理學資料與園區內生物體內重金屬調查資料，將與其他研究團隊合作採集生物體樣本以持續進行調查分析，並依調查結果應用於生態風險評估第二階段探討環境中重金屬對生物體之影響。

## 第六章 後續工作內容

本研究計畫第二年度主要研究內容，將持續進行無機物之環境流布監測，並依第一年之研究成果來建置概念模式，以篩選生態系影響最具累積性及敏感性之無機毒物，實施生態風險特性評估，因此第二年度研究工作內容主要分為三大部分說明如下：

- 一、深入探討國際間國家公園生態系中重金屬流布研究與案例比較，並持續太魯閣國家公園中無機毒物—重金屬之流布分析，重點將以土壤、底泥與生物體中重金屬調查與國內外案例探討為主。樣區樣本採集：依照計畫書規劃之採樣頻率，持續執行國家公園園區之持久性無機毒物分析監測。
- 二、調查範圍根據第一年之研究成果規劃後續之研究樣區，將以高海拔地區、現有耕地為主要之監測樣區。該區域之調查可供生態系長期研究之基礎資料收集，同時也可做為環境毒物於生態系之流布研究，其結果亦可做為國家環境管理政策規劃之依據。
- 三、奇萊地區除土壤及底泥之監測外，另增加箭竹林植物樣本與高山田鼠（*Microtus kikuchii* Juroda）或台灣森鼠（*Apodemus semotus* Thomas）小型哺乳類動物之鉛與汞含量調查，該類生物為食物鏈之初級生物，其體內重金屬鉛與汞之分析，可反映污染物長程傳輸之機制與現況，此外整合該區域之監測結果，可進一步進行生態風險評估研究之需。文獻蒐集與分析：持續蒐集並彙整國內外針對土壤、底泥與生物體中重金屬相關研究，與重金屬環境流布文獻分析。
- 四、建議未來生態風險評估將著重在高海拔地區，以建立問題界定，同時根據環境監測結果作為壓力源的確認，明確規劃高海拔地區為生態風險評估之範圍建立具體可行的評估終點，同時將於實驗室進行對照組比較研究，將能使生態風險評估模式之應用發揮生態保育與管理之價值。



## 附錄一、太魯閣國家公園管理處 99 年度委託研究計畫「代表性生態系經營管理之持久性無機毒物生態風險評估分析

### 監測」期中報告會議記錄

一、會議時間：99 年 6 月 8 日

二、會議地點：本處會議室

三、主持人：游處長登良

四、記錄人：朱何宗

五、報告人：蘇銘千教授

六、出席人員：如簽到簿

七、討論：

(一) 本研究初期已完成溪畔、天祥、蓮花池、西寶、小奇萊、奇萊北峰等地乾季採樣分析，下半年度將持續收集雨季之樣本。在慈恩山區、志遠莊、天巒池將視察農耕活動及肥料使用情形，以釐清對無機污染物流布的影響。

(二) 鉛 (Pb)、鋅 (Zn) 等污染物具有長程傳播特性，其是否也具有生物累積及危害的可能。

(三) 無機污染物的來源極為廣泛，主要來源可能為天然母岩溶出、大氣沉降、農藥、肥料、堆肥、污水污染、畜牧糞肥、工業廢棄物等，除此之外尚需考量大小顆粒攜帶的長程傳輸效應。另重金屬毒物皆具生物累積及危害風險。

(四) 在生物樣本的檢測方面是否考慮植物的樣本。

(五) 本研究確有規劃植物樣本採集分析，配合本處另一委託案（高海拔生態系長期研究——物種交互作用調查）在小奇萊樣區進行箭竹草原林下枯落物分析，以釐清營養鹽流布情形。

(六) 西寶地區水樣採集不易，建議於中橫公路泰山隧道後方水源處採集。

(七) 本處巡山員例行巡查時可協助南湖山區樣本收集。

八、結論：

(一) 與會人員相關意見，請受託單位納入參考。

(二) 本期中簡報審查通過，准予備查。請受託單位依合約規定備妥相關資料請領第二期款。



## 附錄二、太魯閣國家公園管理處 99 年度委託研究計畫「代表性生態系經營管理之持久性無機毒物生態風險評估分析 監測」期末報告會議記錄

一、會議時間：99 年 11 月 17 日

二、會議地點：本處會議室

三、主持人：游處長登良

四、記錄人：朱何宗

五、報告人：蘇銘千教授

六、出席人員：如簽到簿

七、討論：

(一) 為提供本處解說教育資料及方便一般民眾閱讀，建議受託單位在文獻回顧的部份加強說明各無機毒物之毒理特性、可能來源及傳播機制等基本資料，以供參考。

(二) 生態風險評估涉及問題界定、壓力源及評估終點分析等步驟，在實際執行上應依時空分區進行，請受託單位於報告中建議本處未來執行規劃。

(三) 本研究已對園區內持久性無機毒物分佈有初步了解，未來研究方向應朝向跨域比較及森林環境背景值調查，以評估國家公園積極投入生態保育的價值。

八、結論：

(一) 與會人員相關意見，請受託單位納入參考。

(二) 期末報告撰寫格式請依內政部委託研究作業規定辦理。

(三) 本期末簡報審查通過，准予備查。請受託單位依會議結論修正書面報告，俟完成驗收後，依合約規定備妥相關資料請領第三期款。



## 參考書目

- 李世應、蘇銘千、高年信，2008。建置工業港海域生態風險評估之概念模式與暴露評估研究。環境規劃與管理研討會，2008年11月8日。
- 中央氣象局全球資訊網，2010。<http://www.cwb.gov.tw>
- 太魯閣國家公園行動入口網，2010。<http://www.taroko.gov.tw>
- 行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金管理會，2010。  
<http://sgw.epa.gov.tw/public/index.asp>
- 行政院環境保護署環境檢驗所，2010。<http://www.niea.gov.tw>
- 余炳盛，2004。陽明山國家公園土壤重金屬含量調查及其地質意義之探討。台北市：內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告。台北市：國立台北科技大學。
- 李世應，2007。建置工業港海域生態風險評估之概念模式與暴露評估研究。花蓮縣：國立東華大學環境政策研究所碩士論文。
- 徐國士、林益厚、陳紫娥、姜聖華、林欣儀，2005。太魯閣國家公園高山地區生態變遷與環境監測計畫。花蓮縣：內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
- 徐國士、陳紫娥 2006。太魯閣國家公園中低海拔生態環境變遷之研究。花蓮縣：內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
- 陳仁美，2007。水泥廠之暴露評估應用研究。花蓮縣：國立東華大學環境政策研究所碩士論文。
- 陳健民，2007。環境毒物學。台北縣：新文京。
- 陳靖儒，2009。國土復育計畫及高山農業轉型發展之探討。行政院退除役官兵輔導委員會福壽山農場。
- 蘇銘千，2005。環境污染物長程傳輸對環境變遷之研究-以福山地區及鴛鴦湖為對象，台北市：行政院國家科學委員會。
- 蘇銘千，2006。95年和平海域污染防治監測委託研究計畫。行政院農委會漁業署計畫。花蓮：國立東華大學。
- 蘇銘千，2007。和平火力發電廠第七年附近海域生態研究計畫-子計畫二、港區貝類及沈積物重金屬調查。和平火力發電廠委託計畫。花蓮：國立東華大學。
- 蘇銘千，2007。和平火力發電廠第七年附近海域生態研究計畫-子計畫六、和平港海域生態風險評估與管理。和平火力發電廠委託計畫。花蓮：國立東華大學。

- Chiroma, T.M., Abdulkarim, B.I. and Kefas, H.M., 2007. The Impact of Pesticide Application on Heavy Metal (Cd, Pb and Cu) Levels in Spniach. Nigeria: Federal University of Technology.
- Wong, S.C., Li, X.D., Zhang, G., Qi, S.H. and Min, Y.S., 2002. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China. *Environmental Pollution*, 119: 33–44.
- Canadian Council of Ministers of the Environment, 2010. <http://www.ccme.ca>
- Hernández, L.M., Gómez, B., Fernández, M., Jiménez, B., González, M.J., Baos, R., Hiraldo, F., Ferrer, M., Benito, V., Sùner, M.A., Devesa, V., Muñoz, O. and Montoro, R., 1999. Accumulation of Heavy Metals and As in Wetland Birds in the Area around Doñana National Park Affected by the Aznalcollar Toxic Spill. *The Science of the Total Environment*, 242:293-308.
- National Research Council, 1989. *Improving Risk Communication*. Washington : National Academy Press.
- Nicholson, F.A., Smith, S.R., Alloway, B.J., Carlton-Smith, C. and Chambers, B.J., 2006. An Inventory of Heavy Metals inputs to Agricultural Soils in England and Wales. *The Science of the Total Environment*, 311: 205–219.
- Ogwok, P., Muyonga, J.H. and Sserunjogi, M.L., 2009. Pesticide Residues and Heavy Metals in Lake Victoria Nile Perch, Lates Niloticus, Belly Flap Oil. *Bull Environ Contam Toxicol*, 82:529–533.
- Sobczyński, T. and Siepak, J., 2001. Speciation of Heavy Metals in Bottom Sediments of Lakes in the Area of Wielkopolski National Park. *Polish Journal of Environmental Studies*, 10(6):463-474.
- The Agency for Toxic Substances and Disease Registry(ATSDR), 2010. <http://www.atsdr.cdc.gov>
- United States Environmental Protection Agency, 2010. <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=12460>
- USEPA, 1992. *Ecological Risk Assessment Framework*. Risk Assessment Forum, Washington DC.
- USEPA, 1998. *Guidelines for Ecological Risk Assessment*, U.S. Environmental Protection Agency.
- Vives I., Umlauf G., Christoph E., Mariani G., Mueller A., Ghiani M., Skejo H., Cenci R., Sena F. and Bidoglio G., 2004. PCDD/Fs and Persistent Inorganic Contaminants in Superficial Soils of a Semi-rural Region in Northern Italy - Land Use Evaluation.



# 代表性生態系經營管理之持久性 無機毒物生態風險評估分析監測

## 期末報告

委託單位：太魯閣國家公園管理處

執行單位：國立東華大學

計畫主持人：蘇銘千 教授

日期：2010/11/17



# 工作達成率

工作項目	2010年 月次	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	期末 達成 成率	總達 成率
文獻蒐集與分析													★	100%	100%
樣區探勘				★										100%	100%
樣區樣本採集 <sup>◎</sup>												★		100%	100%
樣品分析 <sup>◎</sup>												★		100%	100%
資料庫建置													★	100%	100%
資料分析													★	100%	100%
生態風險評估 之問題界定													★	100%	100%
報告撰寫													★	100%	100%

◎本年度之各類樣本檢測共完成114樣本，每個樣本進行7項重金屬之分析。

備註：■ 規劃進度 ★ 已完成進度

# 簡報大綱

- 研究目的
- 研究流程與內容
- 研究區域
- 材料與方法
- 結果與討論
- 結論與建議
- 後續工作內容

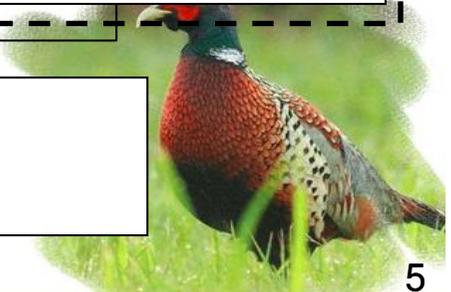
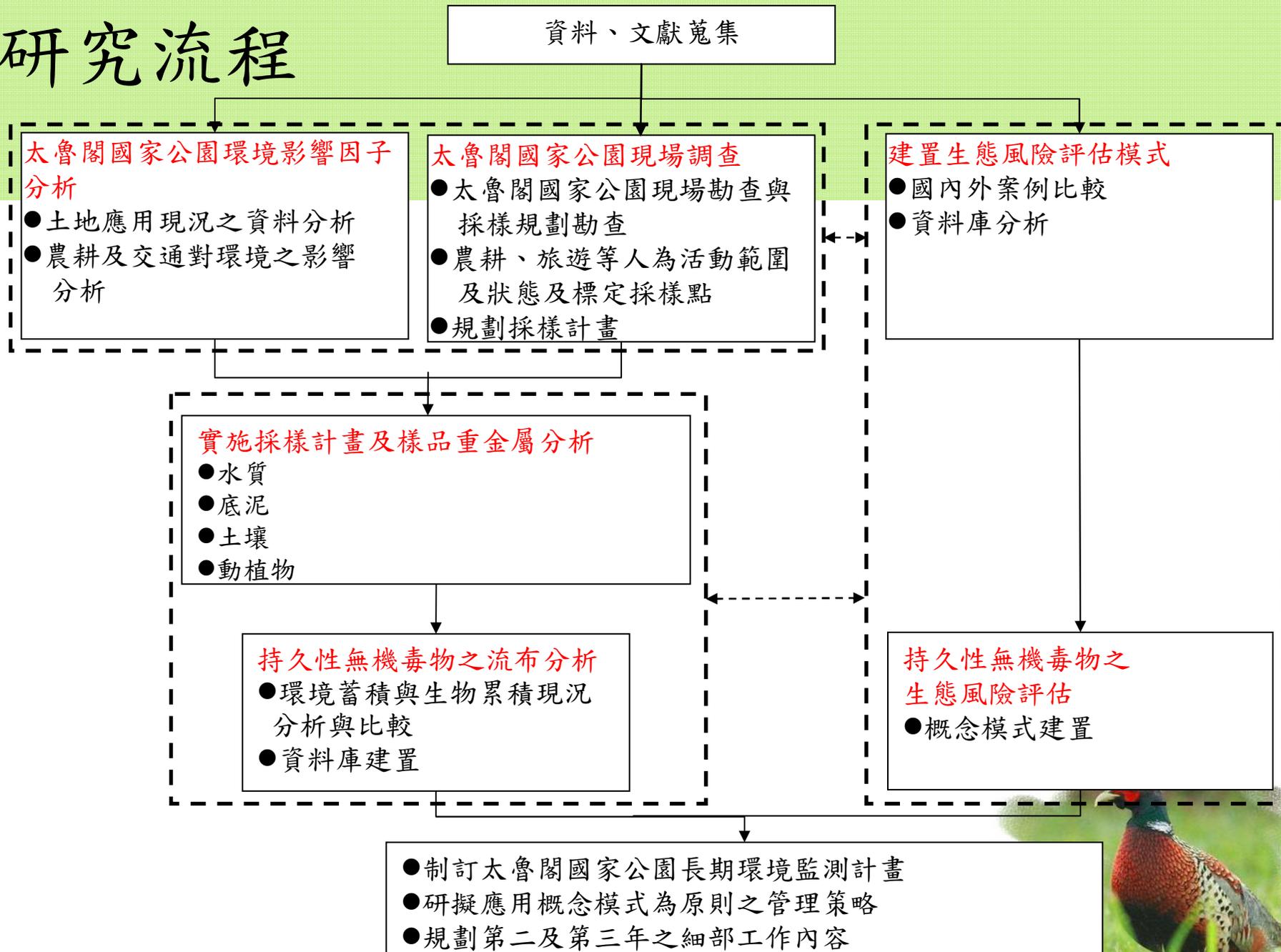


# 研究目的

- 完成太魯閣國家公園重要生態系中持久性無機毒物之分佈研究
- 建置太魯閣國家公園重要生態系持久性無機毒物資料庫
- 掌握持久性無機毒物於國家公園中環境蓄積與生物累積現況
- 建立持久性無機毒物之生態風險評估



# 研究流程



# 研究內容

- 文獻資料收集與分析
- 調查太魯閣國家公園重要生態系中持久性無機毒物之分佈情形
- 太魯閣國家公園重要生態系持久性無機毒物資料庫建置
- 持久性無機毒物於環境蓄積與生物累積現況分析與比較
- 重要持久性無機毒物之生態風險評估-問題界定



# 環境中重金屬來源

- 重金屬污染來源

- 大氣沈降、農藥、環境用藥、肥料、堆肥、污水污泥、畜牧糞肥、工業廢棄物及灌溉水

- 國家公園內

- 天然母岩溶出
- 人為活動
- 長程傳輸
- 現地污染



# 國內重金屬可能之流布途徑

- 農業、畜牧—動物糞肥及農藥中之重金屬
- 燃煤發電的污染物—汞、砷等之長程傳輸
- 太魯閣國家公園內的農業、道路開發及旅遊推廣
  - 重金屬鉛、鋅、銅、鉻、鎘、汞、砷



# 研究區域



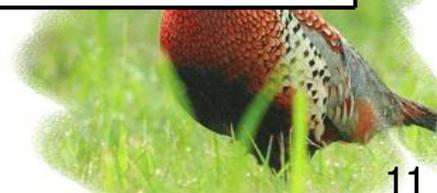
# 重金屬檢測項目與方法

介質	項目	檢測方法
水(樣品代號：TW-)	Pb	水中銀、鎘、鉻、銅、鐵、錳、鎳、鉛及鋅檢測方法—火焰式原子吸收光譜法(W306.52A)
	Zn	
	Cu	
	Cr	
	Cd	
	Hg	水中汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法(W330.52A)
As	水中砷檢測方法—自動化連續流動式氫化物原子吸收光譜法(W434.53B)	
土壤(樣品代號：TSL-)	Pb	土壤中重金屬檢測方法—王水消化(S321.63B)
	Zn	
	Cu	
	Cr	
	Cd	
	Hg	土壤及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法(M317.02C)
	As	土壤中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法(S310.63C)

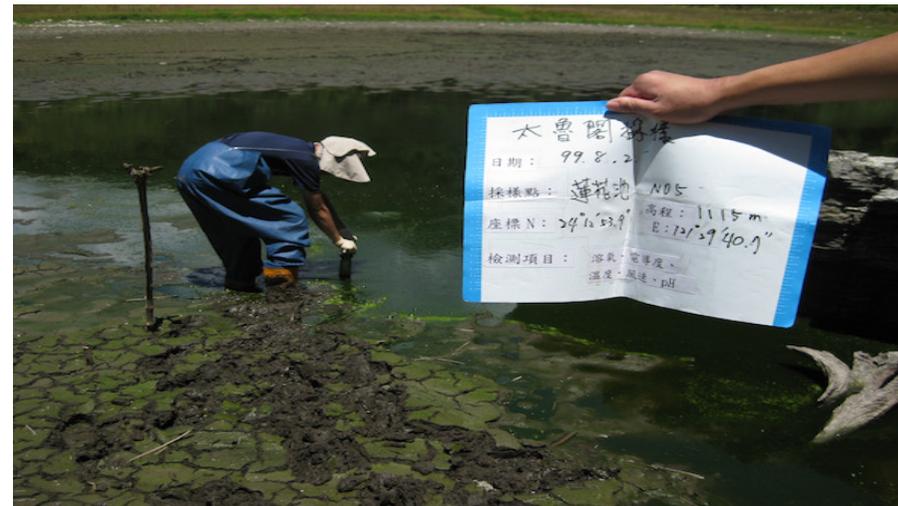
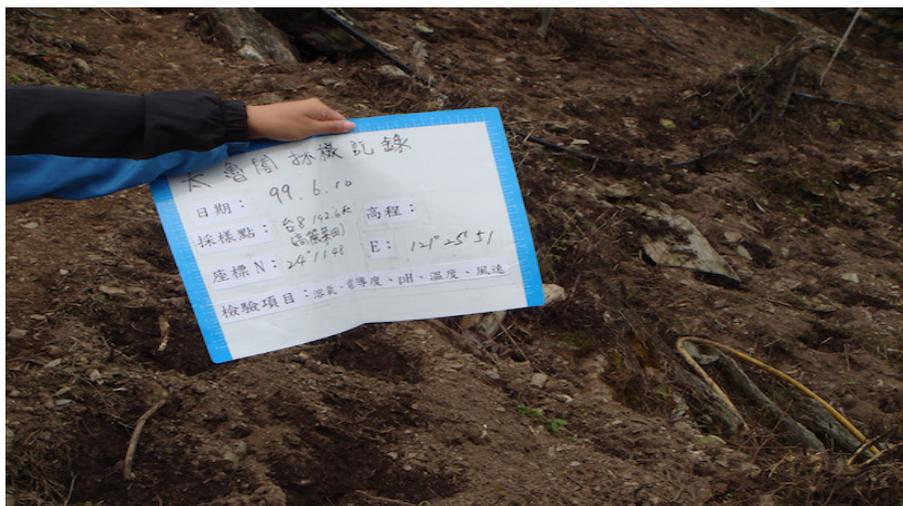
介質	項目	檢測方法
底泥(樣品代號：TSD-)	Pb	污泥及沉積物中重金屬檢測方法—酸消化法(R353.00C)
	Zn	
	Cu	
	Cr	
	Cd	
	Hg	土壤及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法(M317.02C)
As	土壤中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法(S310.63C)	
動物體(樣品代號：TBM-, TBB-)	Pb	魚介類酸性消化總則—熱板消化／元素分析(C303.02T)
	Zn	
	Cu	
	Cr	
	Cd	
	Hg	土壤及廢棄物中總汞檢測方法—冷蒸氣原子吸收光譜法(M317.02C)
	As	土壤中砷檢測方法—砷化氫原子吸收光譜法(S310.63C)

# 太魯閣國家公園本年度 樣本數量及特性彙整表

特性	數量	區域
土壤	56	西寶、洛韶、新白楊、卡拉寶、蓮花池、小奇萊、黑水塘、奇萊北峰、天巒池、南湖大山西峰
底泥	11	蓮花池、天巒池、小奇萊、審馬陣-看天池
水質	34	溪畔、天祥、西寶、洛韶、泰山隧道、卡拉寶、蓮花池、小奇萊、奇萊北峰、審馬陣-看天池、南湖大山
動物體	13	台8線178K處、洛韶山區、羊頭山登山口



# 歷次採樣紀錄





# 結果與討論



# 太魯閣國家公園土地管理權責表

類別	權屬單位	區域	面積(%)
國有土地	行政院農業委員會林務局	管理國有林地，擁有的面積為全區最大	96.86
	行政院國軍退除役官兵輔導委員會	中橫公路沿線部分河階地，屬特別景觀區，主要據點為：天祥、梅園、竹村、 <b>西寶分場</b> 、 <b>洛韶</b> 、 <b>慈恩</b> 、 <b>大禹嶺</b> ，均由榮民進行農耕墾植	0.28
	交通部公路局	八線(中橫公路)，省道台九線(蘇花公路)、台十四甲霧社支線及其必要設施	0.22
原住民保留地	太魯閣國家公園管理處	公共設施、水土保持等需要，故徵收、撥用區	0.08
	行政院原住民委員會	崇德、太魯閣閣口及大同、大禮、西拉岸、三棧等種植農作物及若干竹林或造林地	2.42
私有土地	榮民	中橫公路沿線部分河階地	0.14

# 樣區及案例文獻代號說明

代號	說明(土壤與底泥)	代號	說明(水體)
I	停耕之蓮花池地區。	WD	立霧溪流域之乾季水體平均濃度。
II	現有耕地之西寶、洛韶與新白楊地區。	WW	立霧溪流域之濕季水體中平均濃度。
II	黑水塘、小奇萊與奇萊北峰。	WO	卡拉寶、小奇萊、奇萊北峰、南湖大山與天巒池水樣之平均濃度。
IV	松泉崗、天巒池與卡拉寶地區。		
C-C	中國珠江三角洲作物土壤	GD	環保署錦文橋測站3月份監測資料。
C-N	中國珠江三角洲之非農耕自然區土壤	GW	環保署錦文橋測站9月份監測資料。
Y-C	陽明山國家公園竹子湖區域	PD	環保署普渡大橋測站3月份監測資料。
Y-D	陽明山國家公園大屯自然公園土壤	PW	環保署普渡大橋測站9月份監測資料。
STD- -TS	行政院環保署「土壤污染監測基準」。	STW	環保法規公告之地面水體分類及標準。
STD- -CS	加拿大土壤品質準則(Canadian Soil Quality Guidelines)		

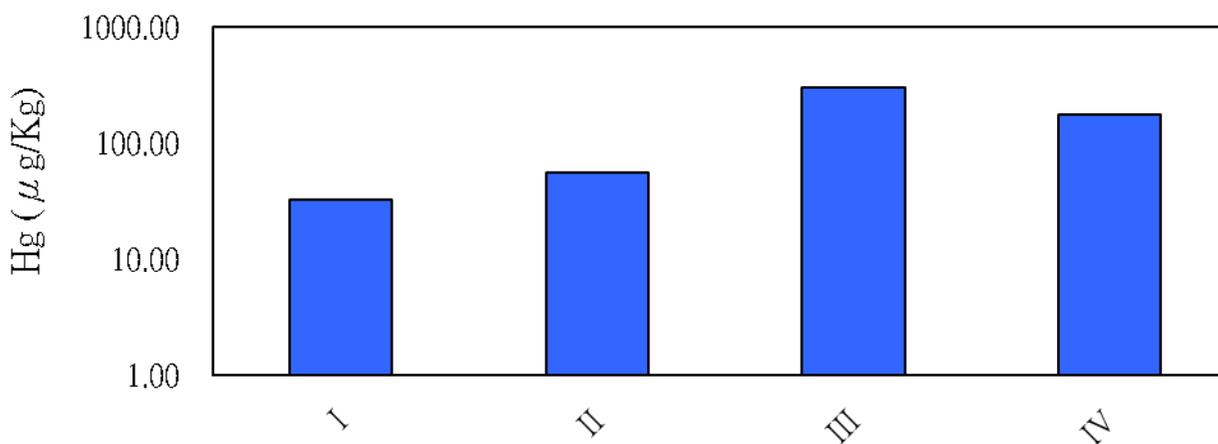
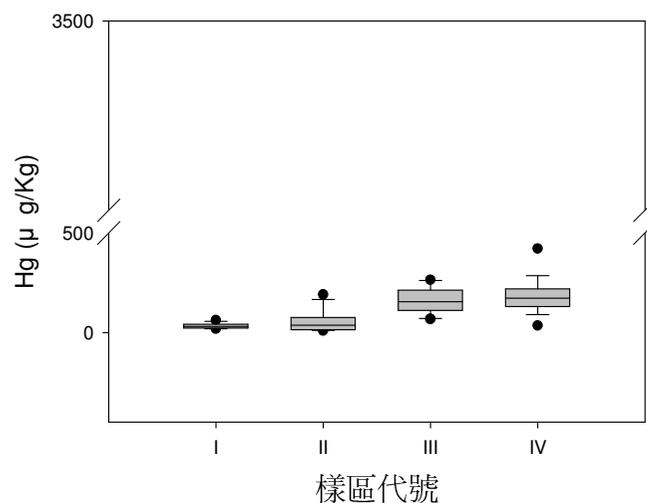
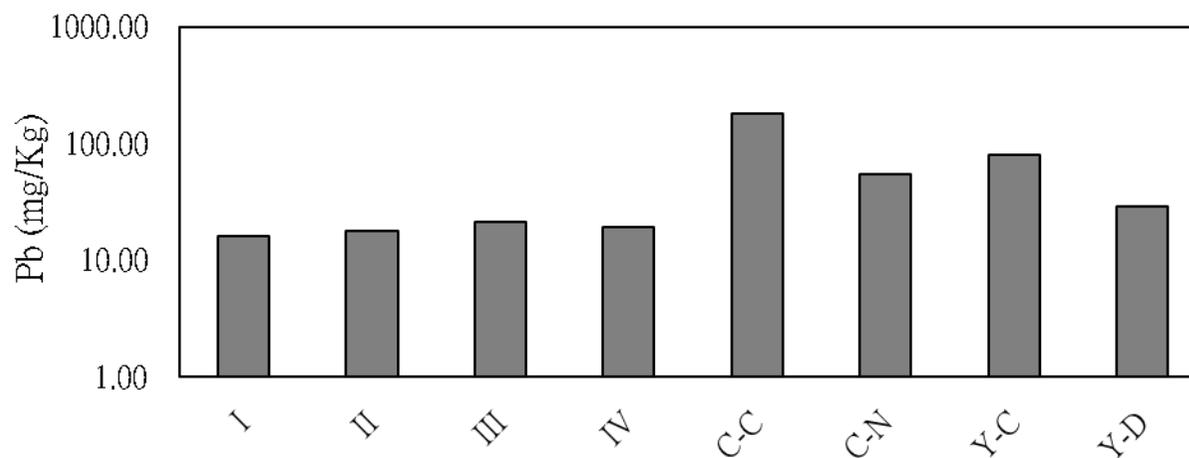
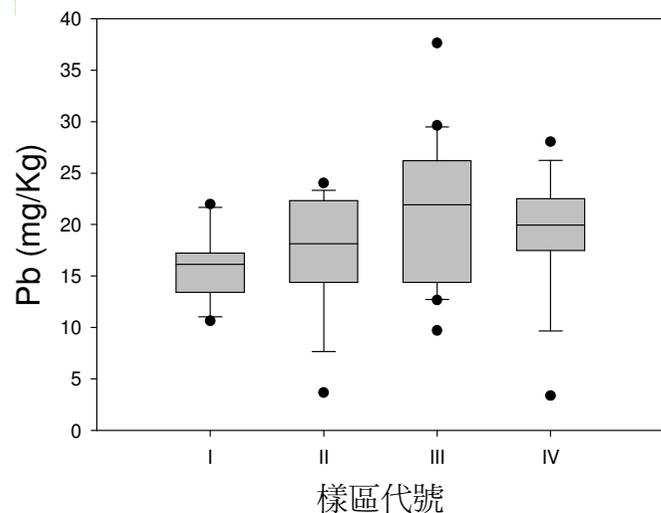




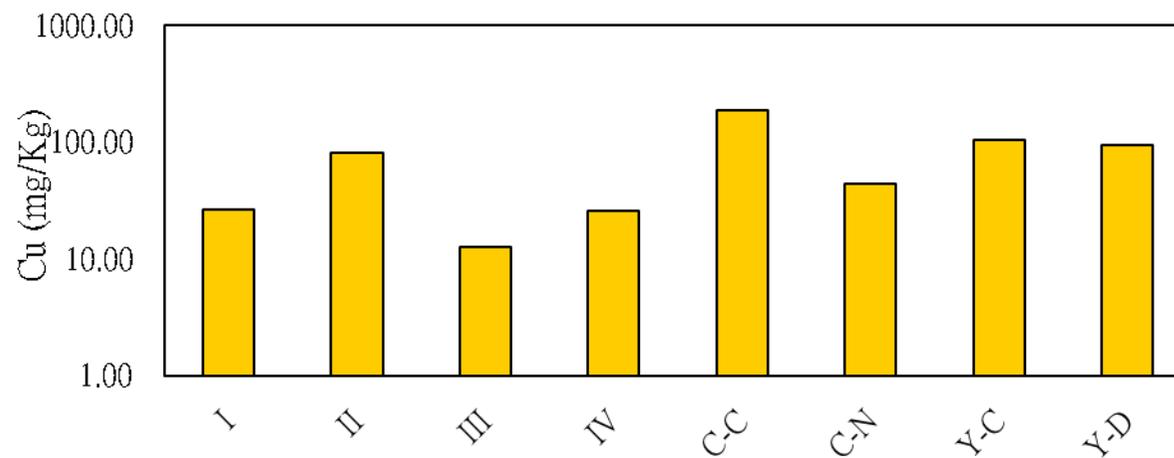
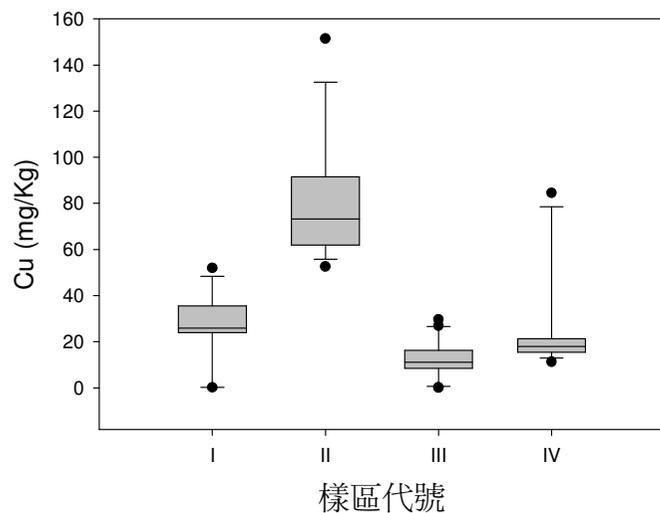
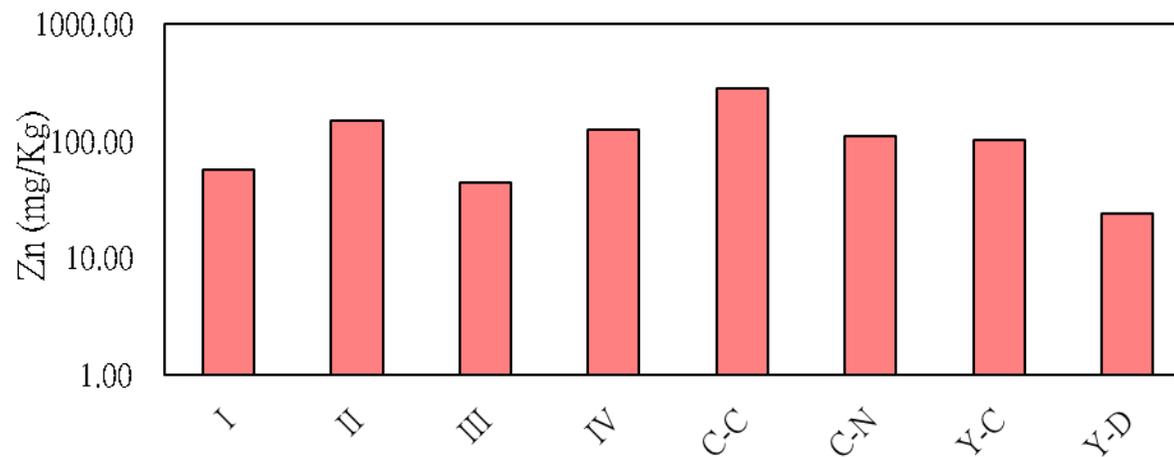
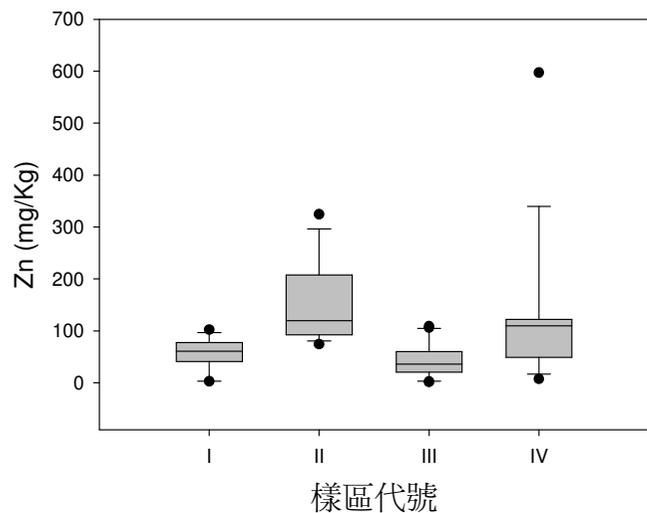
# 土壤與底泥之重金屬



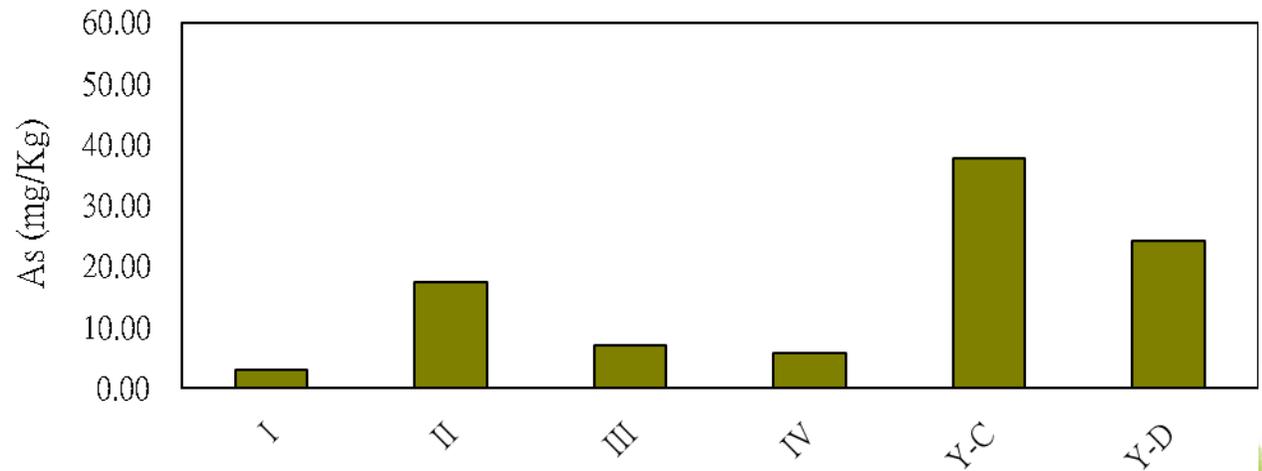
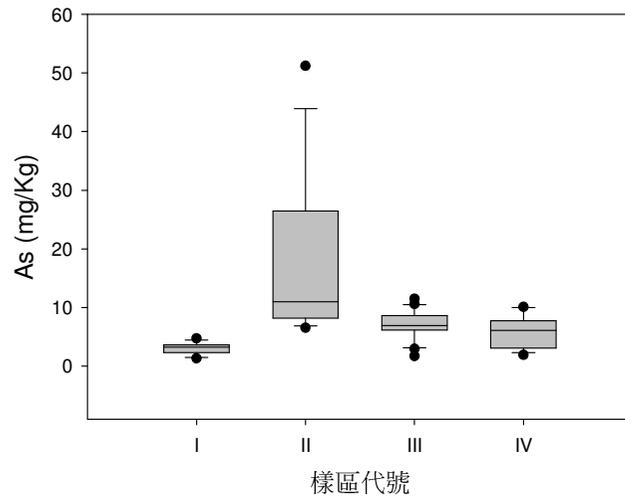
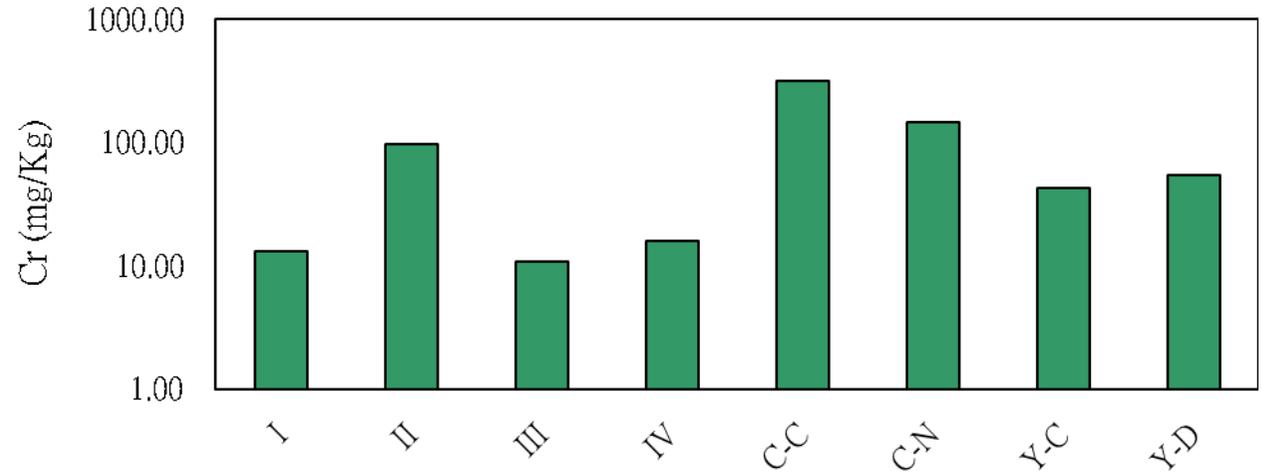
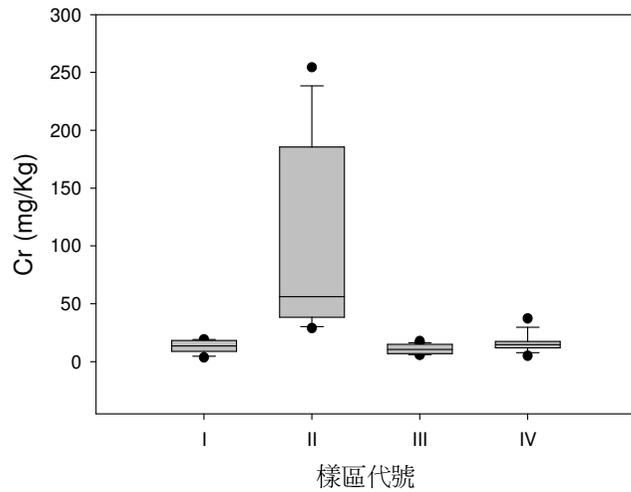
# 鉛(Pb)、汞(Hg)監測結果



# 鋅(Zn)、銅(Cu)監測結果



# 鉻(Cr)、砷(As)監測結果



# 重金屬於土壤、底泥之流布探討

- 鉛與汞濃度分布趨勢以高海拔的III、IV區最高，其次為現有耕地的II區，而停耕之I區濃度最低。
- 整體而言鋅、銅、鉻、砷之濃度分布趨勢以現有耕地的II區為最高，停耕之I區為其次，高海拔的III與IV區最低。
- 銅於II區濃度最為顯著，其平均濃度約為其他三區之2.5~5倍之多，故農耕對土壤之影響非常明確，且其濃度更因持續耕種將使其累積量增加。
- 僅新白楊與松泉崗兩處測得微量之鎘。
- 新白楊採樣點，其土壤中各項重金屬之含量有偏高之趨勢，後續須應針對持續農耕地區進行監測。



# 國內外土壤、底泥重金屬之比較

- 國內外規範值比較結果顯示，七項重金屬平均濃度皆低於國內之規範，但銅、鉻與砷則略高於加拿大農耕地標準。
- 國內外案例研究比較結果，顯示現有耕地之II區的鋅、銅、鉻、鎘與砷等重金屬流布趨勢與珠江三角洲相似，顯見持續農耕地區對於重金屬之累積具有一定程度之貢獻。
- 鉛與汞之流布趨勢顯示長程傳輸之不可忽略特性

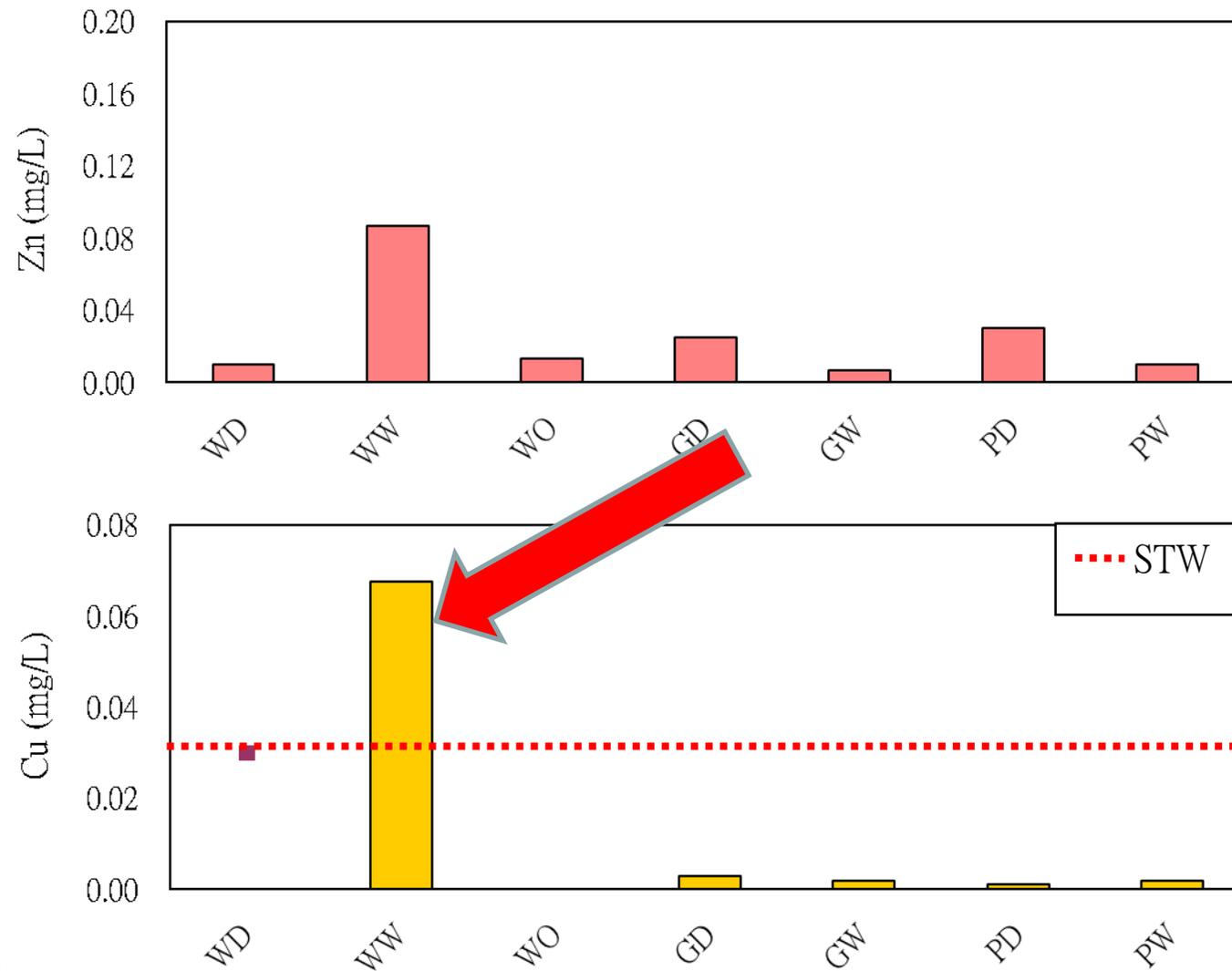




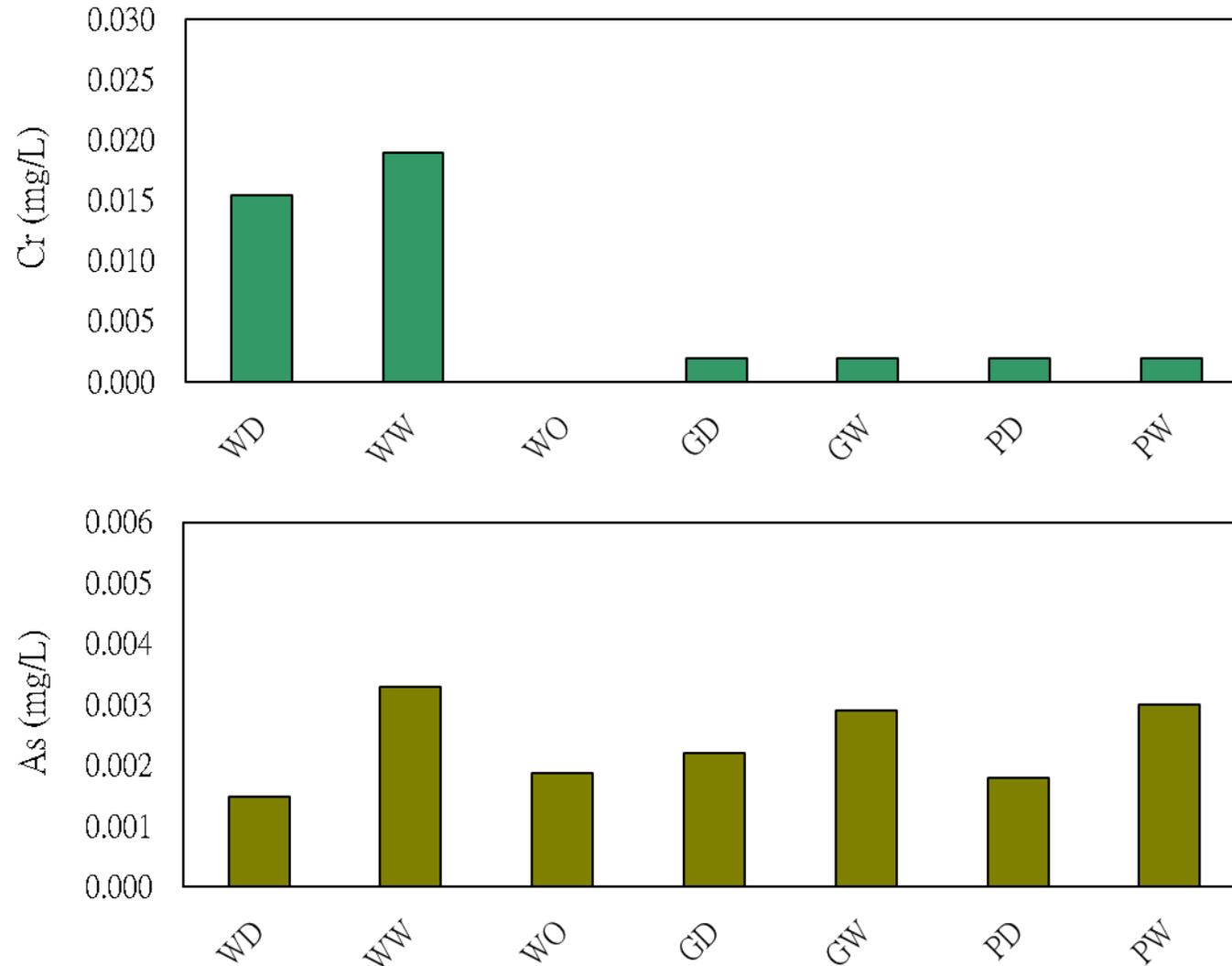
# 水體之重金屬



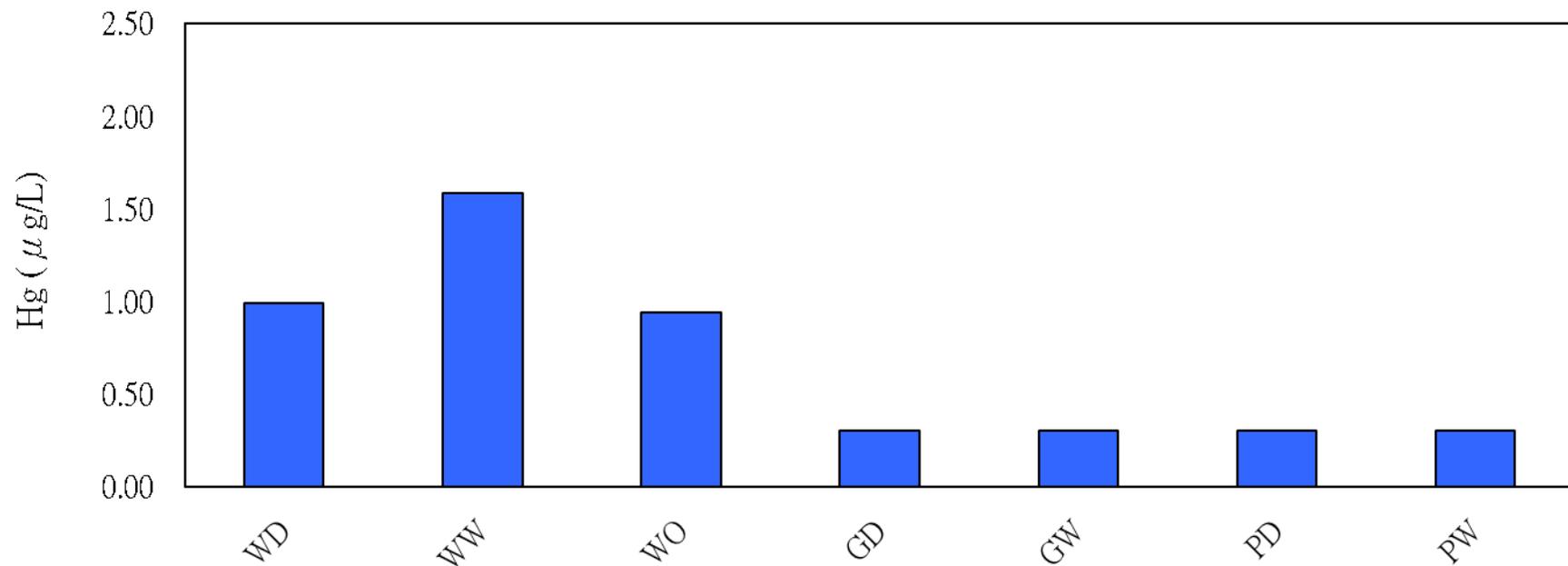
# 鋅(Zn)、銅(Cu)監測結果



# 鉻(Cr)、砷(As)監測結果



# 汞(Hg)監測結果



# 水體監測結果分析

- 水體中僅測得少幾項微量之重金屬，且鉛與鎘均低於偵測及縣，其他各項重金屬與環保署河川水質測站結果相近。
- 監測結果經與甲類地面水體標準值比較，僅立霧溪流域濕季(WW)之重金屬銅超過標準值（ $0.03\text{mg/Kg}$ ），其餘均低於各項標準。
- 後續水體重金屬監測應著重於高山水池與農耕用水部分為主，主要流域之水體重金屬則以環保署的水質監測站為比較，以提升整體調查效益。

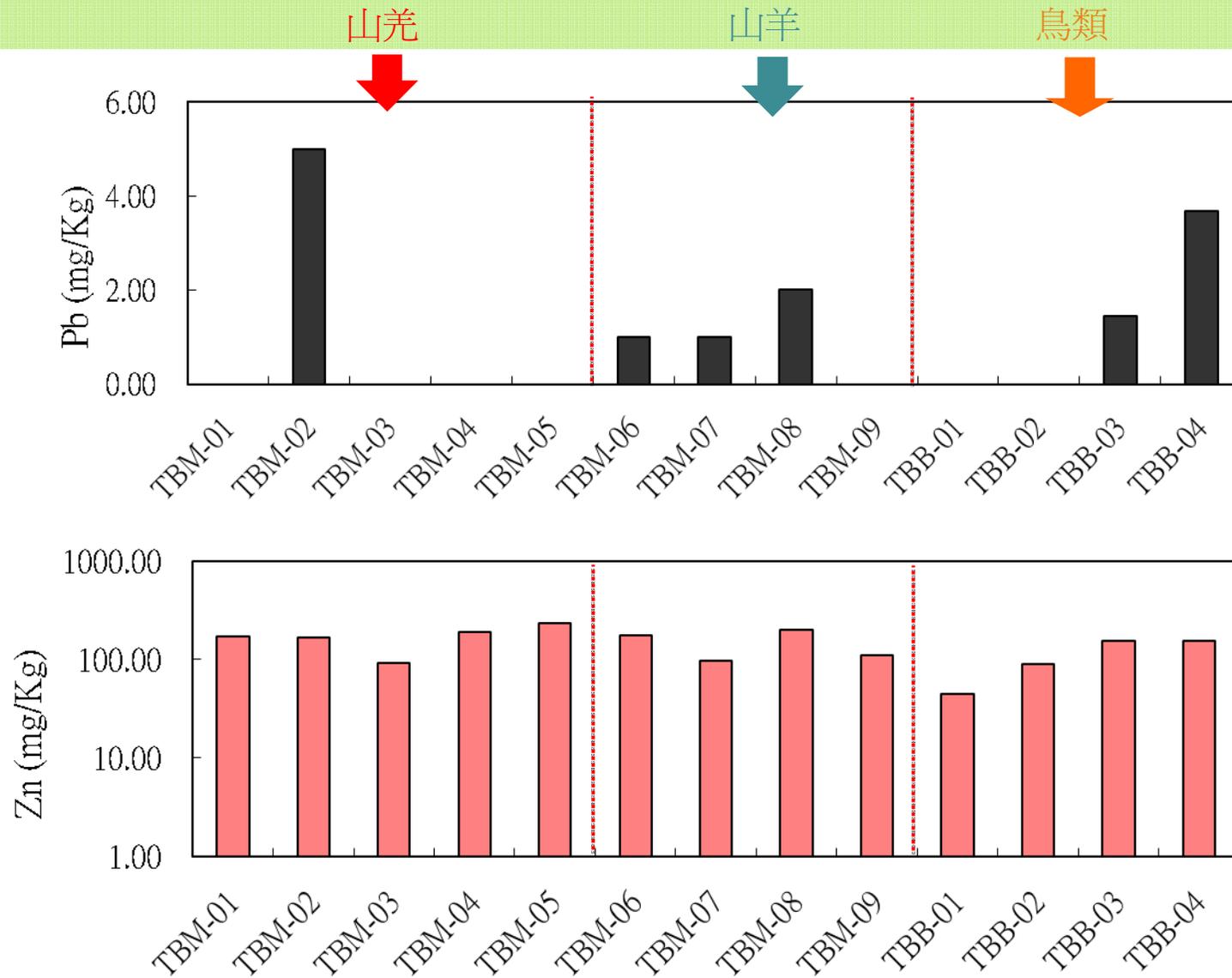




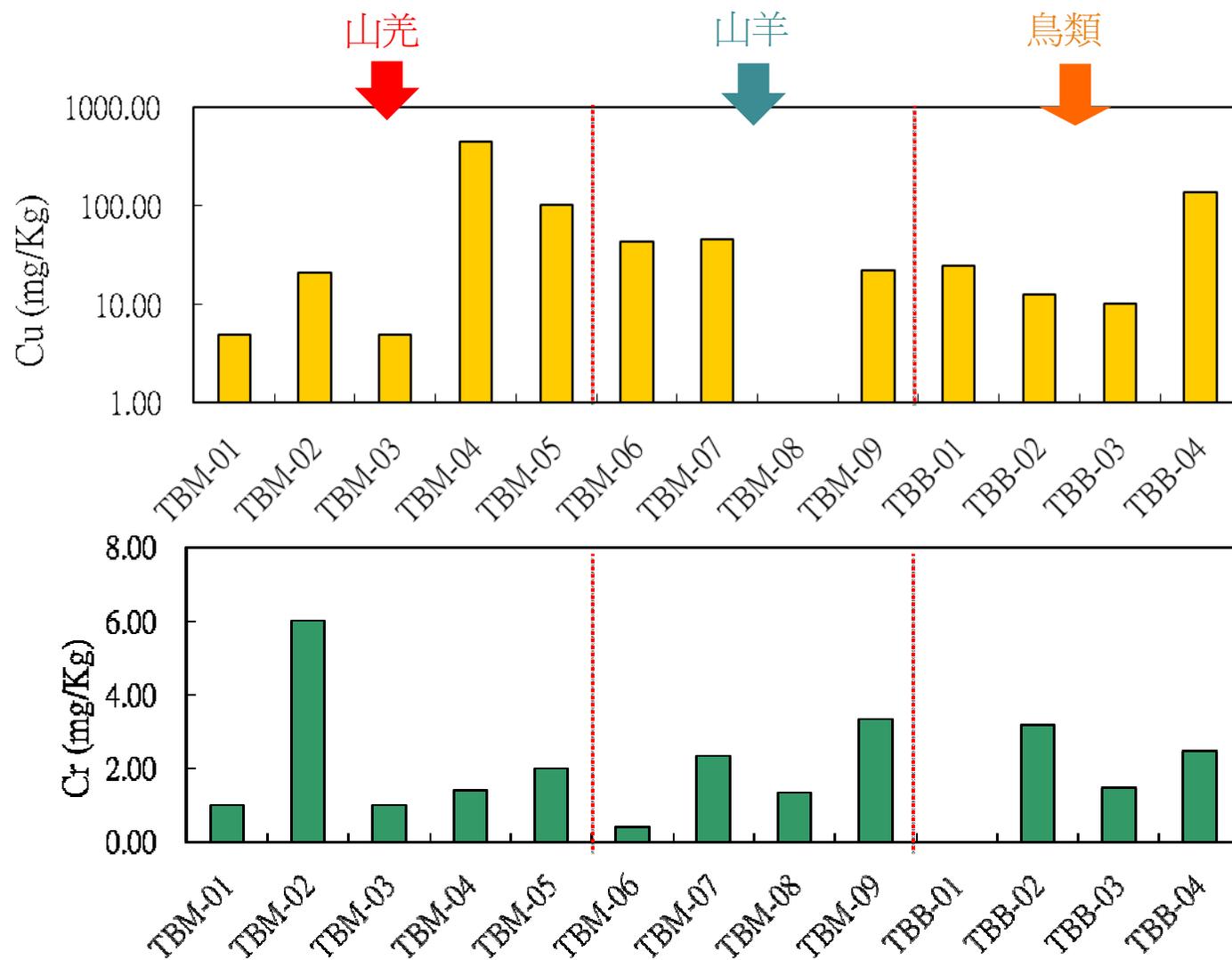
# 生物體之重金屬



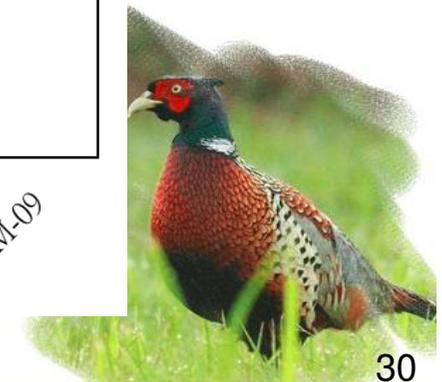
# 生物體中鉛(Pb)、鋅(Zn)檢測結果



# 生物體中銅(Cu)、鉻(Cr)檢測結果

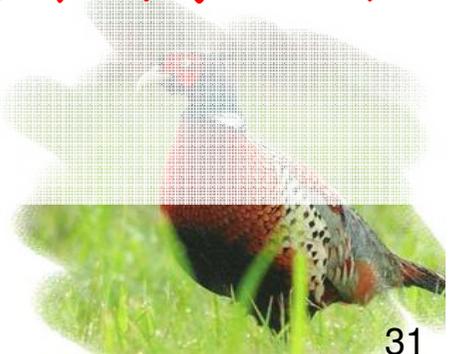


# 山羌體中汞(Hg)、砷(As)檢測結果



# 生物體檢測結果探討

- 生物體中銅、鋅及汞濃度普遍顯著，其中以山羌腎臟（羊頭山登山口）汞（ $2150 \mu\text{g}/\text{Kg}$ ）高於其他樣本（ $4.49 \sim 49.20 \mu\text{g}/\text{Kg}$ ）。
- 銅之生物體檢測結果發現在洛韶之鳥類肝臟及山羌之肝與腎遠高於其他樣本。
- 與文獻比較，除鉻與汞外其餘各項重金屬皆低於案例之研究數據，但案例研究生物為水鳥與本研究為不同種類之生物，故本次比較之目的在呈現國外國家公園因其鄰近開發狀況造成園區生態之影響。



# 生態風險評估之問題界定

- 壓力源部份已完成蒐集並彙整持久性無機毒物之毒理相關資料。
- 評估終點部份在太魯閣國家公園之生態系統中，由於水中重金屬含量低；反之在陸域環境中，土壤和底泥中的重金屬濃度明顯較顯著，用以評估生態風險之可行性較高。
- 國外相關調查研究內容也多針對土壤、植被與生物為主，因此在篩選評估終點之項目則限縮為**哺乳動物、鳥類、兩棲類、爬蟲類、蝴蝶及大型昆蟲等五項**。
- 考量生物體樣本取之不易，未來將與其他研究團隊合作以小型哺乳動物為主之評估方式。



# 結論

- 本年度之各類樣本檢測共完成114樣本，每個樣本進行7項重金屬之分析，檢測結果對深入探討國家公園中重金屬之環境流布，具完整性與可信度。
- 整體而言土壤與底泥中鉛與汞之分布趨勢以高海拔區最高，現有耕地次高而停耕區濃度最低。其他如鋅、銅、鉻、砷以現有耕地最高，高海拔區最低，農耕行為對重金屬含量之影響可見一斑。
- 水體中僅測得幾項微量之重金屬，且鉛與鎘均低於偵測極限，其他各項重金屬與環保署河川水質測站結果相近。
- 生物體重金屬調查結果，銅、鋅及汞濃度較顯著，其餘金屬濃度較低且部分低於偵測極限。
- 生態風險評估之問題界定，已完成壓力源重金屬之毒理相關資料彙整；評估終點之項目則為哺乳動物、鳥類、兩棲類、爬蟲類、蝴蝶及大型昆蟲等。
- 調查採樣之環境流布與生物累積之數據資料，分類為土壤、底泥、水體與生物體樣本共四大類別，並完成彙整為可供直接應用於資料庫建置之所需。



# 建議(一)

- 研究結果顯示區域特性不同呈現重金屬流布之不同趨勢，以土壤、底泥及生物體之檢測均呈現顯著且不可忽視之現況，未來持續長期之生態與環境中重金屬監測實為必要之研究工作。
- 土壤與底泥重金屬調查結果以現有耕地區之濃度最高，顯見農耕行為對重金屬累積具有一定程度之貢獻。
- 本年度新白楊與松泉崗各項重金屬均顯著且其中農地鮮見之鎘也測得明顯之濃度，其中新白楊土壤現已超過國內土壤污染監測標準，建議未來須將現有耕地納入監測管理之重點。



## 建議(二)

- 水體重金屬監測結果顯示水體重金屬之含量低，因此流動之表面水體（河川）水質檢測，可採用環保署資料庫結果。後續調查建議應以其他區域之現耕與高海拔如奇萊地區之水池規劃長期監測研究，其結果可作為人為活動及農業開發對環境衝擊之研究依據，釐清重金屬來源與分佈狀況。
- 生物體重金屬調查建議未來與其他研究團隊合作，以小型哺乳類動物作為主要的生物體調查對象，更能具體應用於持久性無機毒物之生態風險評估。
- 建議應持續進行調查分析，並依調查結果應用於生態風險評估第二階段來探討環境中重金屬對生物體之影響。



# 後續工作內容

- 深入探討國際相關國家公園生態系中重金屬流布與案例比較
- 持續太魯閣國家公園中無機毒物—重金屬之流布分析，重點將以**土壤、底泥與生物體**中重金屬調查與國內外案例探討為主
- 第二年研究將以**高海拔奇萊地區**、深入選定**現有耕地**為主要之監測樣區。其結果可供生態系長期研究之基礎資料收集，亦可做國家環境管理政策規劃之依據。
- 奇萊地區除土壤及底泥之監測外，另增加**小型哺乳類動物**之鉛與汞含量調查，該類生物為食物鏈之初級生物，其體內重金屬鉛與汞之分析，可反應污染物長程傳輸之機制與現況。
- 整合該區域之監測結果，完成重金屬於太魯閣國家公園之環境流布研究與**生態風險評估概念模式之建置**。





敬請指教



# 國外之重金屬流布案例（1）

- 國家公園、生態保護區

- 波蘭Wielkopolski國家公園11座湖泊

- 長程傳輸污染物藉大氣沈降於湖中底泥
- Goreckie湖重金屬含量高於區內各湖平均值
- 重金屬鋅、銅、鉛、鎘、鉻含量均高

- 西班牙野鳥保護區Doñana National Park

- 因該公園北部有礦場，自1982-1992年開始監測公園的水體及土壤，數據顯示重金屬濃度逐漸增加之趨勢
- 1998年礦業外洩污染，檢測結果顯示16種水鳥肝中重金屬濃度極高



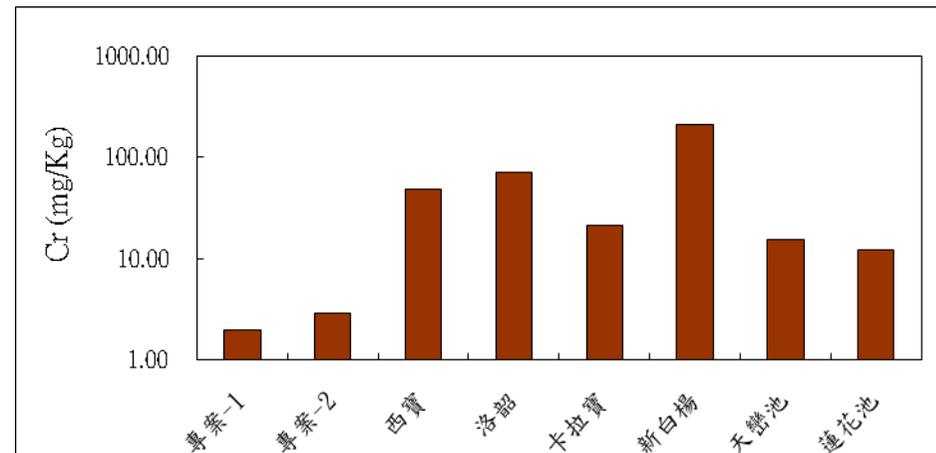
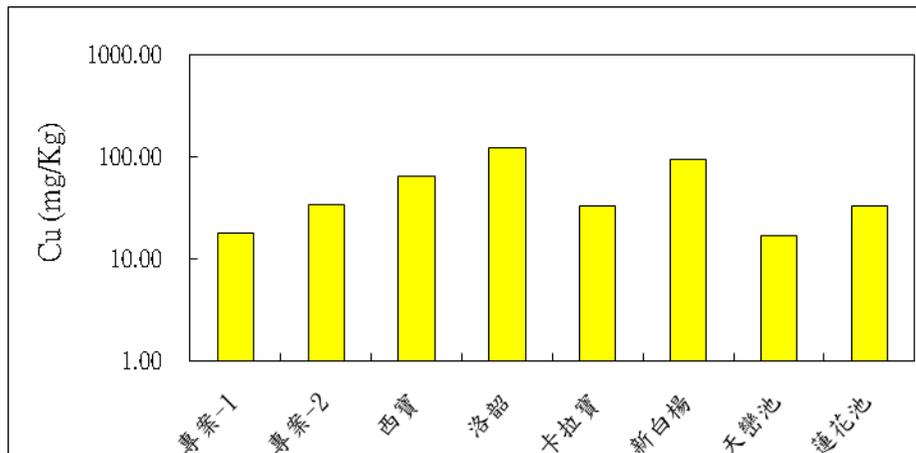
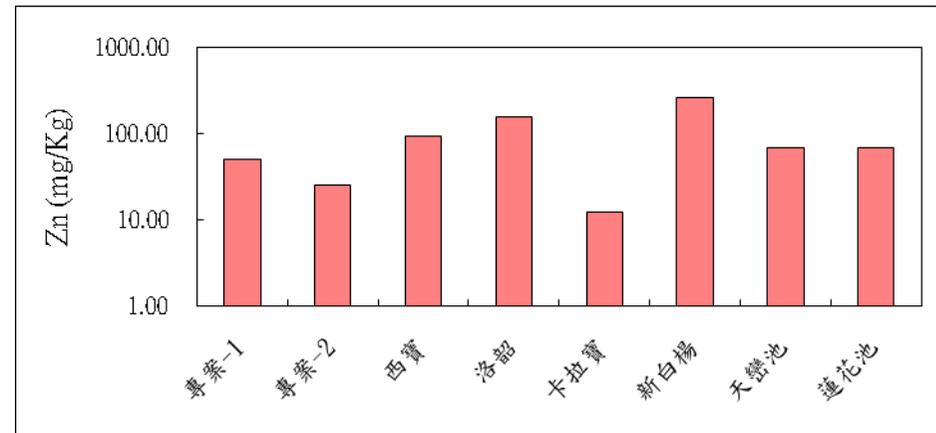
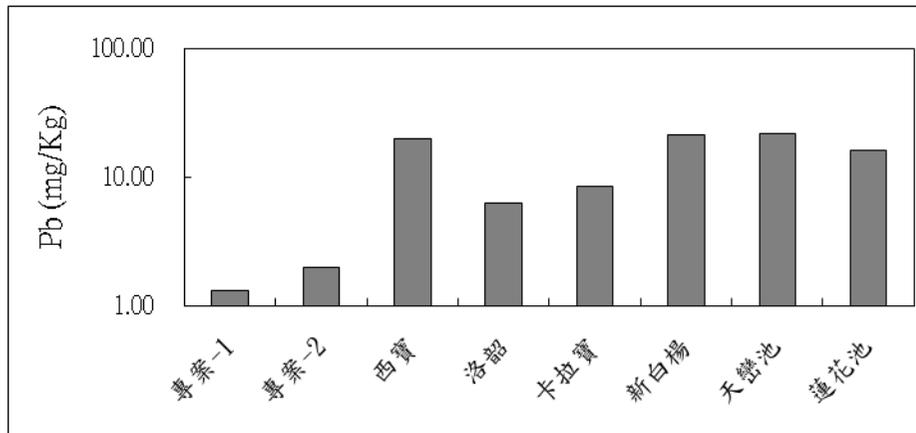
# 國外之重金屬流布案例 (2)

- 農業、畜牧

- 英格蘭及威爾斯的農地重金屬來源調查
- 菠菜的農藥中重金屬於根、莖、葉的殘留濃度有高於人體可容忍度之虞
- 義大利北部表土層
  - 於歐盟的土壤持久性污染物檢測報告中指出，在義大利北部的表土之重金屬累積結果，呈現與各國工業發展時間有密切關聯



# 西寶專案比較1/2



## 西寶專案比較2/2

- 本研究之鉛、鉻含量與西寶專案比較結果，分別為其3~10倍與10~100倍。
- 西寶專案之銅、鋅高於本研究卡拉寶，與天巒池、蓮花池相近，且皆低於洛韶與新白楊兩地。
- 西寶專案之重金屬鎘含量為0.24mg/Kg，而園區內新白楊測得含量為0.37mg/Kg。

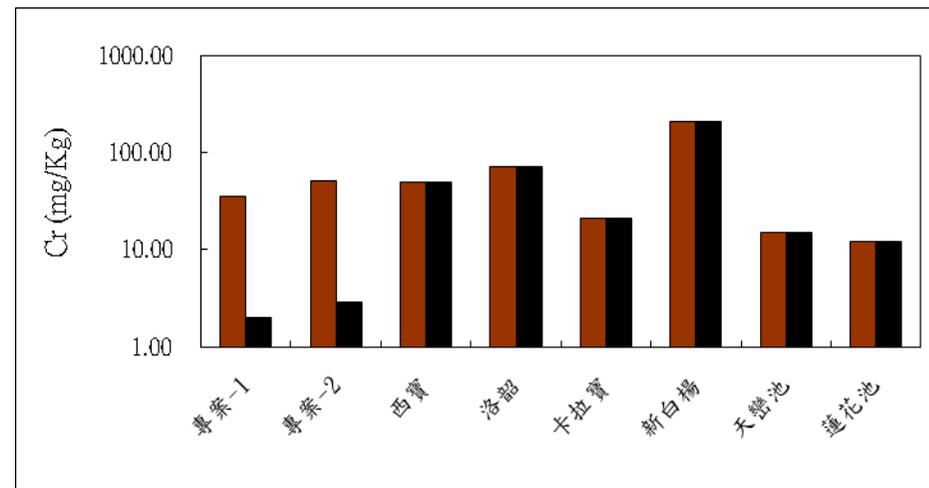
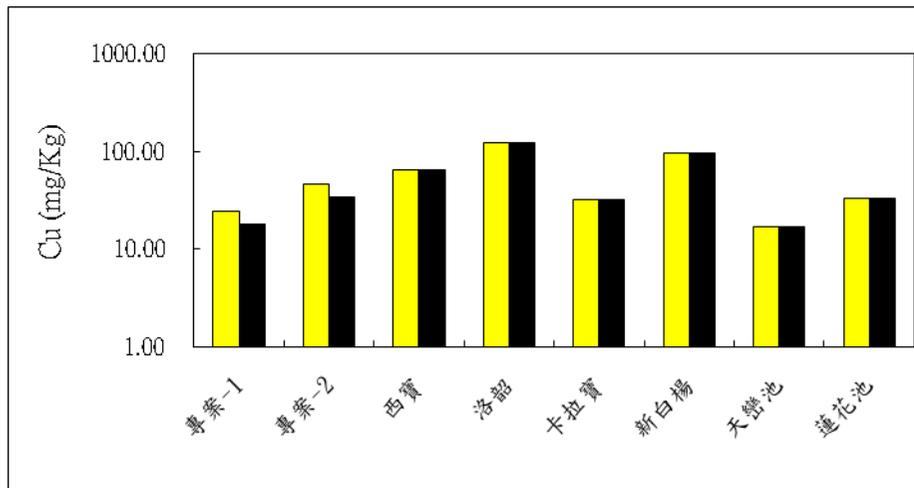
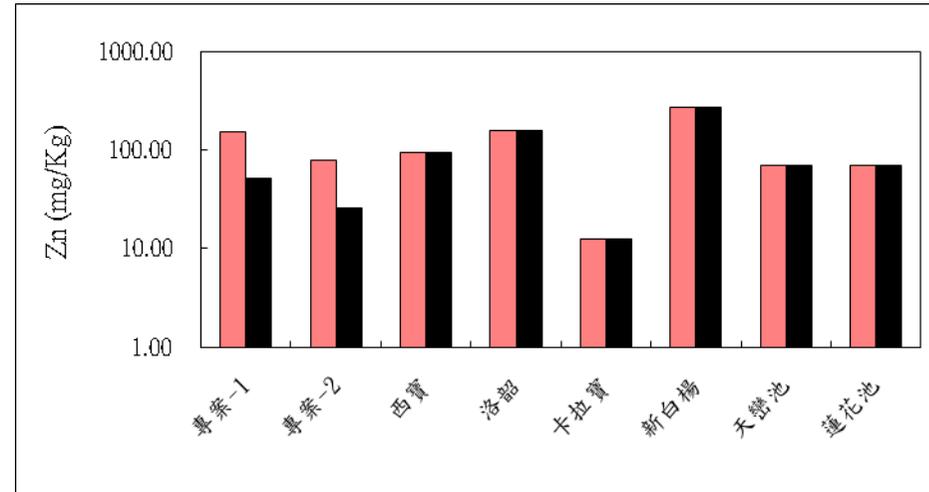
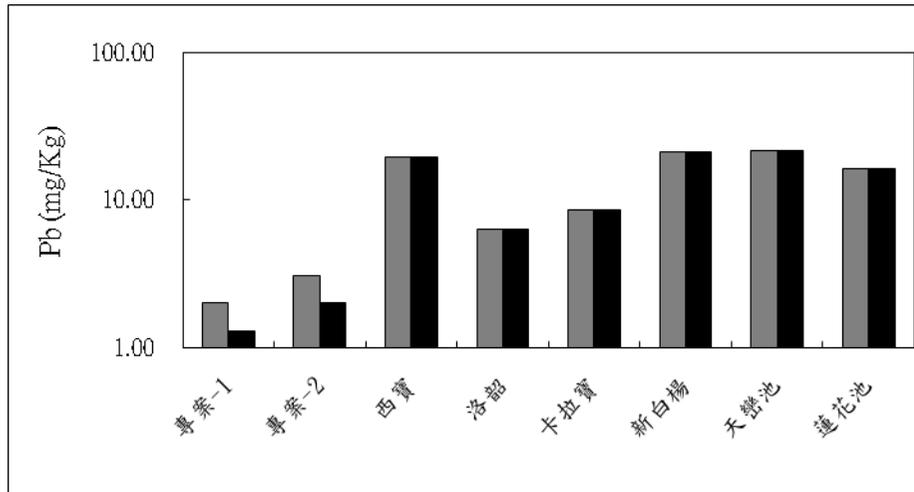


# 王水消化與鹽酸萃取比較

- 文獻-土壤重金屬0.1 N HCl萃取量與全量濃度之相關性研究。以兩個受重金屬污染區域(桃園與新竹)用酸消化、王水消化與0.1N鹽酸萃取做比較。
  - 酸消化與王水消化結果相近，但建議王水最全量消化為佳。
  - 0.1N鹽酸萃取與王水消化之差異於下列各重金屬分別為：
    - 鉛(鹽酸為王水的64.43~64.73%)
    - 鋅(鹽酸為王水的32.31~34.81%)
    - 銅(鹽酸為王水的63.97~82.44%)
    - 鉻(鹽酸為王水的4.10~7.19%)
- 下圖將以鹽酸萃取依其比例換算為王水消化之濃度，來比較西寶專案之濃度(亦即把西寶的鹽酸萃取換成王水消化)



# 西寶(鹽酸轉王水)專案比較 (黑色為P42數據)



# 比較

- 以文獻的實驗比率做換算鉛、鋅、銅、鉻之後，於重金屬鉻之差異性顯著。
- 顯示鋅、銅、鉻之濃度與本研究相近；但本研究之鉛則為專案之6~10倍。

