

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
出國報告（出國類別：考察）

赴中國大陸雲南省昆明市「土壤修復管
理學術交流座談會及場址參訪」案

服務機關：行政院環境保護署土污基管會

姓名職稱：吳佩洋 環境技術師

派赴國家：中國大陸

出國期間：106年11月27日至12月1日

報告日期：107年3月2日

摘 要

本案係社團法人台灣土壤及地下水環境保護協會與雲南省環境科學學會簽署之土壤及地下水合作架構協議，於雲南舉辦之相關交流參訪活動。應雲南省環境科學學會之邀請，於 106 年 11 月 27 日至 12 月 1 日前往雲南省昆明市，由社團法人台灣土壤及地下水環境保護協會資深會員陳慎德、賴允傑及本署吳佩洋環境技術師等 3 人赴陸交流。期間於雲南省環境科學研究院出席「土壤修復管理學術交流座談會」、參訪「昆明焦化製氣有限公司」、「雲南紅雲氣鹼有限公司」及「石林-圭山區域土壤高背景值區域」等 3 處污染場址。交流參訪作業全程均會同台灣土壤及地下水環境保護協會之專業人士共同研討，除瞭解雲南省目前土壤污染調查及整治工作執行情形並給予相關建議外，並對於未來技術需求合作可行性進行深入性的討論。

目 次

摘 要	1
目 的	1
壹、行程摘述	2
貳、成員	2
參、工作內容	3
肆、心得及建議	17

目的

本案係社團法人台灣土壤及地下水環境保護協會與雲南省環境科學學會簽署之土壤及地下水合作架構協議，於雲南舉辦之相關交流參訪活動。雲南省為中國大陸重金屬污染極為嚴重之地區，污染場址類型多樣、污染物濃度亦高，目前雲南省積極推動土壤污染調查與污染整治工作，藉由參訪雲南省多類型之土壤污染場址，可蒐集當地土壤調查、污染整治技術相關資訊重點，瞭解中國大陸自 2016 年發佈「土壤污染防治行動計畫」之後，實地所執行之土壤污染整治或管理作為。行程中會同台灣土壤及地下水環境保護協會之專業人士，實地參訪雲南高自然背景重金屬農地土壤污染場址、焦化及鹼氣工廠等土壤污染場址等，共同商討國內土壤污染場址管理方式或法制規定可檢討修正之處。

壹、行程摘述

日期	工作內容概要
11/27 (一)	啟程，出發前往雲南省昆明市
11/28 (二)	上午出席參加「土壤修復管理學術交流座談會」 下午考察「昆明焦化製氣有限公司」污染治理項目
11/29 (三)	考察「雲南紅雲氯鹼有限公司」污染場址
11/30 (四)	考察「石林-圭山區域土壤高背景值區域地貌地質狀況、 土壤及農作物狀況」
12/1 (五)	回程，返回臺北

貳、成員

項次	姓名	性別	單位及職稱
1	吳佩洋	女	台灣土壤及地下水環境保護協會個人會員 行政院環境保護署土污基管會環境技術師
2	陳慎德	男	台灣土壤及地下水環境保護協會個人會員 瑞昶科技股份有限公司副總經理
3	賴允傑	男	台灣土壤及地下水環境保護協會個人會員 瑞昶科技股份有限公司專案經理

參、工作內容

一、第一天 (11/27)

本日由桃園搭機至香港轉機至雲南昆明，於當日晚上 9 時抵達雲南昆明長水國際機場後，由雲南省環境科學學會派員接機並安排入住昆明市西南賓館。

二、第二天 (11/28)

上午於昆明市雲南省環境科學研究院參加「土壤修復管理學術交流座談會」，會議由雲南省環境科學研究院陳異暉副院長主持，並邀請雲南省環境保護廳土壤環境管理處周波處長、雲南省環境保護廳對外交流與合作處袁國林副處長及羅鍵副調研員共同參與。陳異暉副院長於會議中說明雲南省環境科學研究院之概況及目前於環境污染之相關研究，雲南省環境科學研究院土壤環境保護研究中心和麗萍主任說明目前雲南省土壤污染修復項目研究及執行概況。台灣土壤及地下水環境保護協會陳慎德副總經理則分享過往於台灣執行之加油站土壤及地下水污染調查評估及修復經驗，賴允傑專案經理說明台灣於自然高背景值農地土壤之調查與行政管理案例。

會議地點：雲南省環境科學研究院 2 樓院會議室

參加人員：雲南省環境科學學會周波理事(雲南省環境保護廳土壤環境管理處處長)、袁國林理事(雲南省環境保護廳對外交流與合作處副處長)、羅鍵理事(雲南省環境保護廳對外交流與合作處副調研員)、雲南省環境科學研究院陳異暉副院長、雲南省環境科學研究院土壤環境保護研究中心和麗萍主任、雲南省環境科學研究院土壤環境保護研究中心工程師等共約 10 多人，我方成員 3 人。

「土壤修復管理學術交流座談會」議程

時間	會議議程	報告人
8:30~9:00	簽名報到	
9:00~9:30	開幕式	雲南省環境科學學會 周波理事、袁國林理事
9:30~10:10	雲南省環境科學研究院概況 雲南省環境科學研究院環境污染相關研究	雲南省環境科學研究院 陳異暉副院長
10:10~10:50	雲南污染土壤整治技術研究	雲南省環境科學研究院 土壤環境保護研究中心 和麗萍主任
10:50~11:30	臺灣加油站土壤及地下水污染調查評估及 修復案例介紹	臺灣土壤及地下水環境保 護協會－陳慎德副總經理
11:30~12:00	臺灣高背景值農地土壤調查及評估項目案 例介紹	臺灣土壤及地下水環境保 護協會－賴允傑專案經理
12:00~13:30	午餐	
13:30~18:00	實地考察「昆明焦化製氣有限公司」污染治理項目	

雲南省環境科學學會周波及袁國林理事於交流座談會議中表示，於土十條發佈後，雲南省環境保護廳按照“防控優先，精準發力，示範引領，全民共治”16字方針，全面貫徹落實土壤污染積極管理工作。近期已著手編制“十三五”重金屬污染防治規劃和重金屬污染綜合整治示範規劃、土壤污染治理與修復規劃、及28個產糧（油）大縣的土壤環境保護規劃等管理體系架構，並規劃於2018年前建立全省土壤環境質量信息管理平台、2020年前建設全省所有縣（市，區）土壤環境質量監測網絡，同時將嚴格管控土壤環境風險，建設用地貫徹落實“污染地塊土壤環境管理辦法”、農用地則分類實施“農用地土壤環境管理辦法”，並強化未污染土壤保護，防範建設用地新增污染。

周波理事說明雲南省環境保護廳近期因應土壤環境保護工作的需求，已新成立土壤環境管理處，近期將推動之重點工作項目涵蓋土壤污染狀況詳查、土壤污染源監管、及開展土壤污染治理與修復等三大方向。針對土壤污染狀況詳查之工作，目標於2018年前查明農用地土壤污染的面積分佈及其對農產品質量的影響，2020年前掌握重點行業企業用地中污染地塊的分佈及其環境風險情況。

於強化土壤污染源監管之工作重點在於嚴控污染，所採行之具體工作方式包含：

- 確定並公佈土壤環境重點監管企業名單，實行動態更新；監管企業每年要自行對其用地進行土壤環境監測，結果向社會公開。
- 各級政府與重點行業企業簽訂土壤污染防治責任書，明確措施和責任。
- 執行重點污染物特別排放限值。
- 嚴格執行重金屬污染排放標準並落實相關總量控制指標。
- 開展五廢（電子廢物，廢輪胎，廢塑料，廢舊衣服，廢家電拆解）等再生利用行業清理整頓。
- 全面整治歷史遺留尾礦庫，推進歷史遺留廢渣的安全處置。
- 強化危險廢物規範化管理。
- 加強工業固體廢物的綜合利用。
- 嚴格控制農業面源污染，實施化肥農藥零增長行動。
- 安全處置有害生活垃圾，整治非正規垃圾填埋場。

另對於已知之受污染區域則將有序開展土壤污染治理與修復工作，包含：

- 受污染耕地安全利用
- 重度污染耕地種植結構調整或退耕還林
- 受污染耕地治理與修復
- 暫不開發利用污染地塊的環境風險管控
- 擬開發利用污染地塊的治理與修復
- 土壤污染治理與修復成效綜合評估

袁國林理事則提及臺灣因於近 20 年間已建立有相當成熟之土壤及地下水污染管理制度，並具各項實務技術發展經驗，非常值得正陸續開展各項土污管理制度之中國大陸學習，且雲南與臺灣不論於土壤、氣候、語言及人文環境都極為相似，雙方溝通無礙，未來將繼續透過台灣土壤及地下水環境保護協會為聯絡窗口與臺灣加強交流。

雲南省環境科學研究院陳異暉副院長於座談中說明雲南省環境科學研究院之概況，該院係於 1976 年成立，為雲南省環境保護廳直屬的綜合性環境科學研究機構，編制人員約 150 人，主要職責是發展環境保護科學技術的研究、應用與推廣。院內共設有國際上具重要研究地位之高原湖泊研究中心、及環境工程技術研究中心、環境規劃研究中心、土壤環境保護研究中心等 11 個科研部門，長期協助雲南省環境保護部門之社會環保科技需求、生態環境保護、環境科學教育提供各項技術服務。陳副院長除說明該院於環境科學及土壤污染相關之研究成果外，亦提及雲南省因地處中國大陸西南邊陲並與越南、寮國、緬甸等鄰國接壤，故亦為中國大陸與南亞、東南亞各國合作辦理科學研究之重鎮，長期投入資源協助各項技術交流及專業人才培育，唯合作過程中需克服文化與語言上之差異，相關經驗值得我國借鏡。

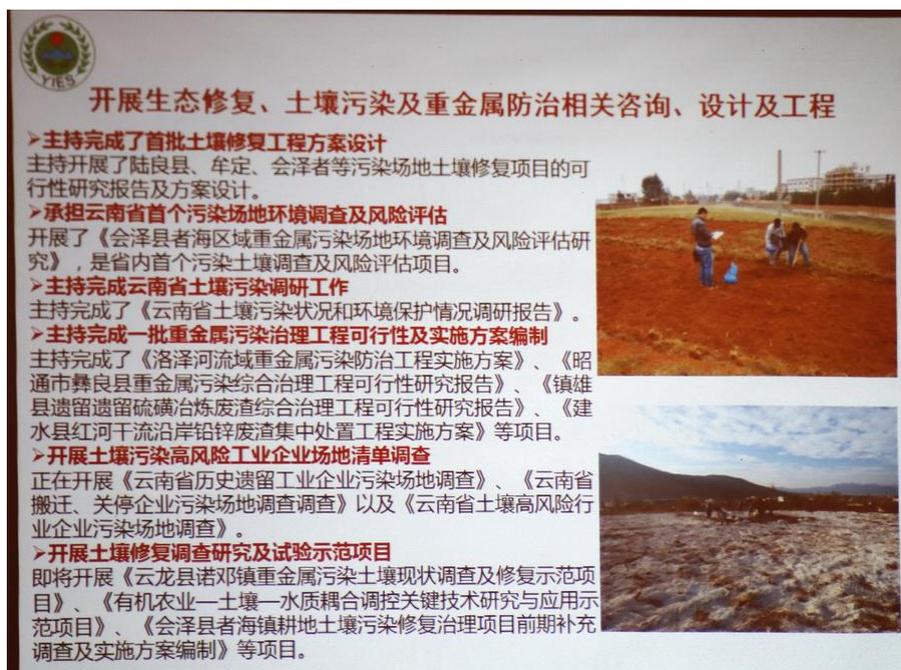
雲南省環境科學研究院土壤環境保護研究中心和麗萍主任於座談中說明目前雲南省土壤污染修復項目研究及執行概況，提及雲南省環境科學研究院為雲南省環境保護廳最重要之技術支撐單位，除協助環保廳編擬全省之土壤污染管理方案外，並將選取部分土壤污染重點治理區開展土壤污染綜合防治先行區建設試點，試點內容包括土壤污染源頭預防、風險管控、治理與修復、監管能力建設等方面。且因雲南省為中國大陸著名之有色金屬王國，且鉛、鋅、錫等九種礦產保有儲量居全國首位，鉑、鎢、銅、鎂、鎳等 12 種礦產儲量居全國前三位，自然地質環境中本即富存有高

量之重金屬，因此亟欲與臺灣學習交流臺灣過去於高自然背景地區土壤調查與風險評估之相關經驗，和麗萍主任並建議可以石林圭山土壤高背景值區域及麗江古城區漾弓江沿岸土壤高背景值區域進行雙方試點調查評估及安全利用之示範區域。

我方台灣土壤及地下水環境保護協會陳慎德副總經理則於座談會中分享過往於台灣執行之加油站土壤及地下水污染調查評估及修復經驗，賴允傑專案經理說明台灣東部地區自然高背景值農地土壤之調查與行政管理案例。



圖 1 土壤修復管理學術交流座談會



开展生态修复、土壤污染及重金属防治相关咨询、设计及工程

- > **主持完成了首批土壤修复工程方案设计**
主持开展了陆良县、牟定、会泽者等污染场地土壤修复项目的可行性研究报告及方案设计。
- > **承担云南省首个污染场地环境调查及风险评估**
开展了《会泽县者海区域重金属污染场地环境调查及风险评估研究》，是省内首个污染土壤调查及风险评估项目。
- > **主持完成云南省土壤污染调研工作**
主持完成了《云南省土壤污染状况 and 环境保护情况调研报告》。
- > **主持完成一批重金属污染治理工程可行性及实施方案编制**
主持完成了《洛泽河流域重金属污染防治工程实施方案》、《昭通市彝良县重金属污染综合治理工程可行性研究报告》、《镇雄县遗留遗留硫磺冶炼废渣综合治理工程可行性研究报告》、《建水县红河干流沿岸铅锌废渣集中处置工程实施方案》等项目。
- > **开展土壤污染高风险工业企业场地清单调查**
正在开展《云南省历史遗留工业企业污染场地调查》、《云南省搬迁、关停企业污染场地调查调查》以及《云南省土壤高风险工业企业污染场地调查》。
- > **开展土壤修复调查研究及试验示范项目**
即将开展《云龙县诺邓镇重金属污染土壤现状调查及修复示范项目》、《有机农业—土壤—水质耦合调控关键技术研究与应用示范项目》、《会泽县者海镇耕地土壤污染修复治理项目前期补充调查及实施方案编制》等项目。

圖 2 雲南省環境科學研究院土壤環境保護研究中心近期工作成果

下午實地考察「昆明焦化製氣有限公司」污染治理項目，所謂「焦化製氣」係將煤碳於煉焦爐中經高溫乾餾後（950~1,000°C），產出焦炭、煤焦油、煤氣和化學產品。將煤炭焦化簡稱煉焦，煤料在不斷加熱升溫中會發生複雜的熱分解變化。留在炭化室內的固體部分是焦炭，為煉焦最重要的產品，主要用於高爐煉鐵；氣體則由炭化室頂部逸出，經淨化系統處理回收焦油、氨、粗苯等，其中焦爐煤氣主要由氫氣(56%)和甲烷(27%)構成，並有少量一氧化碳、二氧化碳、氮氣、氧氣和其他烴類。由於此類物料如焦炭、煤焦油及輕油等均為一貫作業大煉鋼廠附生之副產品，因此全世界大鋼廠皆有轉投資煤焦油蒸餾工廠以處理其副產品，如國內之中鋼公司亦附屬中鋼碳素公司負責此煤化學工業。

昆明焦化製氣有限公司為昆明鋼鐵控股集團 22 子公司之一，於 1983 年開始建廠、1986 年完工生產，建有四座焦爐及配套的煤氣淨化回收系統。每日最大之煤氣供應量為 100~130 多萬立方公尺，主要供應昆明市居民及工業用戶用氣，同時生產焦炭、煤焦油、粗苯、硫酸銨、硫磺等化工產品。於中緬天然氣引入雲南取代供氣後，昆明焦化製氣公司於 2016 年停工關廠，因其位置鄰近昆明長水國際機場，將轉型開發為寶象臨空國際物流基地，為雲南重大投資建設項目，預定投資 185 億人民幣開發 300 公頃，規劃以其交通運輸之優勢，做為中國大陸南向聯結鄰國以及一帶一路經濟動脈之跨境電商、現代物流、智慧雲倉、現代商務、高端製造之轉運樞紐，並於區內保留一座煉焦爐成立工業文化遺址公園。

依據各國相關之調查，煤化學工業常見之污染物包含苯、甲苯、萘、TPH、PAH、雜酚類。昆明焦化製氣有限公司於停工關廠後，規劃於 2018 年上半年完成資產處置及轉型，污染場址分區整治並採褐地開發，目前已委託雲南省環科院分區辦理初步之污染情形調查，確認土壤中主要污染物包含 PAH、苯，污染深度受當地喀斯特石灰岩母質地質影響達 7~9 公尺。目前正研擬之污染整治計畫規劃淺層地表污染物於開挖後暫存於廠區內，後續規劃採熱脫附之方式整治，深層之污染物則規劃採圍阻及風險控管之方式降低污染物危害。

考察期間由昆鋼控股昆明焦化製氣有限公司張明總經理全程接待陪同，雲南環科院和麗萍主任說明昆焦公司污染調查結果，昆鋼控股雲南天朗節能環保集團梁文蓮經理說明昆焦公司土壤污染物整治規劃方案，於現地勘查瞭解污染區域及污染概況後，於會議室針對昆焦公司高濃度 PAH 及苯污染土壤處理方式進行交流討論。



圖 3 昆明焦化製氣有限公司



圖 4 昆明焦化製氣有限公司污染治理方式座談會

三、第三天 (11/29)

本日前往安寧考察「雲南紅雲氯鹼有限公司」污染場址。雲南紅雲氯鹼公司為雲南省第二大氯鹼化工企業，建於 1958 年，公司的主要產品年生產能力為燒鹼三萬噸、聚氯乙烯三萬噸、三氯化鐵 0.2 萬噸、鹽酸 1.7 萬噸及百菌清農藥 1000 噸。於 1991 年之前均採用水銀燒鹼法生產氯鹼，製程中產生大量之含汞鹽泥，直接或間接造成廠區土壤及地下水污染。後因其製程設備老舊於 2011 年停產關廠後，於 2013 年委託雲南省環境科學研究院辦理污染調查及風險評估等相關報告，調查發現主要之污染物包括汞、砷、鎘，經調查後編制「雲南紅雲氯鹼有限公司含汞鹽泥處理工程實施方案」，並獲中央重金屬污染防治專項資金補助。

雲南紅雲氯鹼有限公司含汞鹽泥處理工程項目包括土壤預處理工程、渣塊清洗工程、含汞鹽泥及重度污染土壤修復工程、中輕度污染土壤修復工程、基坑降水處理工程以及配套的供水、供電、污水處理、尾氣處理工程等。該處理工程計畫於 2016 年 10 月經公開招標後，由北京建工環境修復股份有限公司獲選為執行單位，預定之施工期為 2 年 (2016/12~2018/12)，總經費為 1.37 億人民幣。整體之處理方式係將 7.5 萬 M³ 含汞污泥或土壤經破碎篩分及乾燥等前處理後，以 400~600 °C 間接熱脫附方式脫除 97~99.5% 的汞，於檢驗合格後外運至掩埋場掩埋。

因本場址未來規劃開發做為商業用地，預定將含汞污泥或土壤挖至建築基礎底部，基坑底部與側壁土壤採用商業場地修復目標值驗證，設定之污染土開挖清挖目標值均依風險評估訂定，其中總汞為 47.6 mg/kg、零價汞 1.7 mg/kg、砷 163 mg/kg、鎘 30 mg/kg。至於污染土壤之修復目標，則訂為經熱脫附處理後污泥及土壤中總汞含量應低於 47.6 mg/kg，另處理後之污泥及土壤預定將清運至一般工業固廢填埋場，核可之入場限值需滿足《一般工業固體廢物貯存、處置場污染控制標準》(GB 18599-2001) 中第 I 類一般工業固體廢物的有關要求，採固體廢物浸出毒性浸出方法水平震盪法檢驗浸出液中主要重金屬污染物濃度未超出《污水綜合排放標準》(GB 8978-1996) 最高允許排放濃度，即總汞≤0.05 mg/L、總鎘≤0.1mg/L、總砷≤0.5 mg/L，且 pH 值在 6-9 之間。

考察期間由北京建工環境修復股份有限公司雲南分公司楊遠強總經理及孫堯副總經理全程接待解說陪同，於現地勘查瞭解污染區域及污染概況後，於會議室針對雲南紅雲氯鹼公司污染治理汞污染土壤處理方式進行交流討論。



圖 5 雲南紅雲氣鹼有限公司污染場址參訪



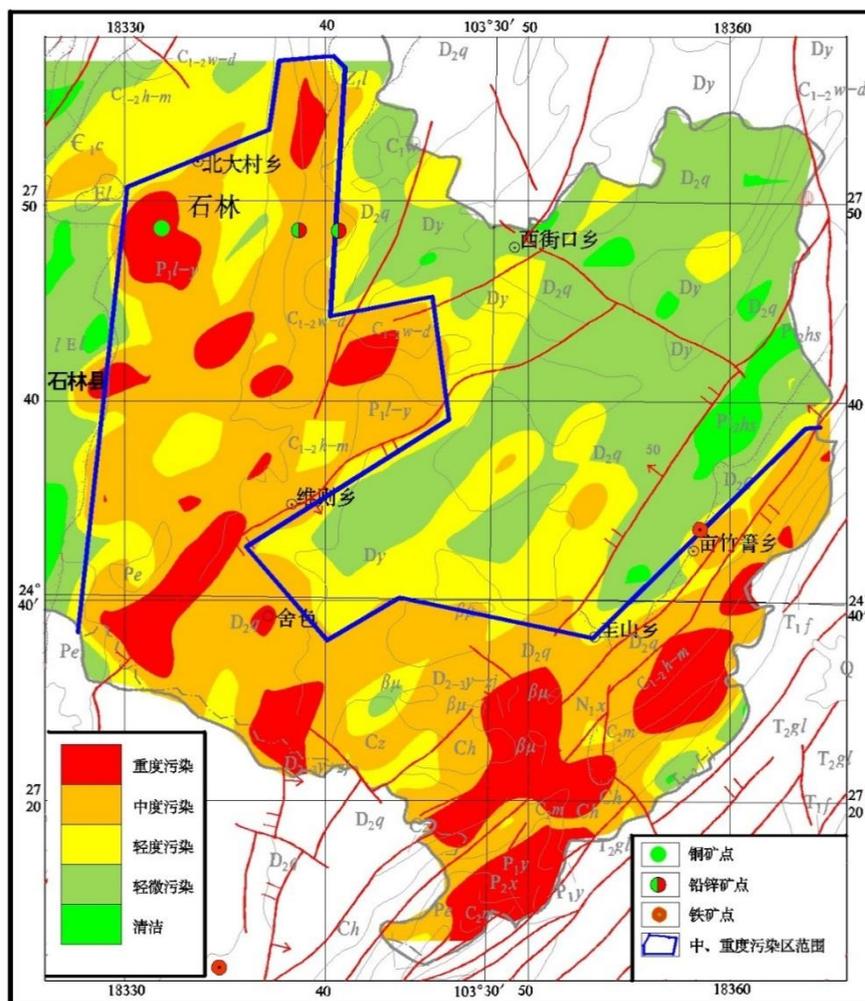
圖 6 雲南紅雲氣鹼公司汞污染物熱脫附處理設備



圖 7 雲南紅雲氣鹼公司污染治理座談會

四、第四天 (11/30)

本日考察「石林-圭山區域土壤高背景值區域地貌地質狀況、土壤及農作物狀況」。依據大陸國土資源部之調查，石林縣及其鄰近區域土壤中砷、鎘、鉛、鋅濃度較高，主要呈 U 字形分佈於石林縣北大村-維則-圭山-畝竹箐一帶，面積達 356 平方公里，經判斷認為應屬地質因素之高自然背景分佈，主要與成礦地質背景、及構造活動關係密切，過去此區域亦有礦區開採紀錄，如圭山地區開採煤、鐵、鉛鋅礦，長湖地區開採硫鐵礦。



圖片來源：雲南省環境科學研究院提供

圖 8 雲南石林-圭山高自然背景分布地區

本日上午先行石林縣環保局針對石林-圭山高背景地區調查方式進行討論，雲南省環境科學研究院土壤環境保護研究中心和麗萍主任報告說明已協助石林縣環保局研提爭取「石林縣圭山地區鎘鉛鋅砷污染區（高背景值區）農用地土壤環境調查評

估及安全利用示範實施方案」計畫，該項計畫主要之工作目標為：

1. 針對雲南省石林縣石林-圭山地區高背景值農田區域土壤重金屬含量偏高原因蒐集相關地質和地球化學特徵數據，同時辦理現地地質調查作業。
2. 針對石林縣石林-圭山地區 1,000 畝高背景值農田區域辦理土壤調查和評價分析，同時確認農田土地利用概況。
3. 建立高背景值區域的農田土壤的評價方法。
4. 選擇 200 畝高背景值農田區域採用調整當地農田種植結構等措施進行安全利用示範。

石林縣環保局李福金副局長於座談會中彙報說明當地自然背景環境概況以及土壤背景濃度調查必要性、石林縣農業局自然保護站李站長說明農業生產概況、石林縣國土資源局李科長說明當地礦業資源分布。

本日下午石林縣環保局李副局長並親自帶隊前往研判土壤具較高背景濃度分布區域之林口鋪鉛鋅礦、和摩鎮農地、長湖鎮雨勝村農地、圭山蘋果園、圭山煤礦周邊農地等五處自然高背景土壤分布地點現勘及採樣，路程約 100 公里。



圖 9 石林-圭山高背景地區調查方式座談討論

雲南省環科院人員於現勘作業時順道採集岩石或土壤樣品，此五處地點其中 1 處為鉛鋅礦區、2 處為石灰岩風化母質紅壤農地、2 處為煤礦周邊且疑受過往洗煤廢水污染之農地。

雲南省環科院本次考察期間採集之2組礦石及9組土壤樣品已於2018年1月初完成分析作業，並提供我方交流參考，本次採集之樣品數雖然不多，但由分析結果顯示，此區域多數地區土壤樣品砷、鉻、鉛、鋅等重金屬濃度確有明顯偏高且異於它處之現象，可進一步結合地質調查資料確認其可能之分布範圍，並就實質上對作物及當地居民之健康危害進行評估瞭解。



底圖來源：Google 地圖

圖 10 雲南石林-圭山高自然背景分布地區現勘採樣考察地點



樣品	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Se	Sb	Mn
礦石樣品1 XRF	117	nd	未分析	nd	nd	nd	437	4,545	nd	1	-	35,900
礦石樣品2 XRF	6,187	nd	未分析	2,144	nd	91,700	100%	3,230	54	-	-	8,266
土壤樣品(pH 5.5)	40.1	0.13	3.21	104	26.5	34.9	319	487	18.1	0.8	3.9	未分析

註：雲南省環境科學研究院提供，礦石樣品2樣品因濃度較高，XRF外推數據僅供參考；土壤樣品委託ALS澳實分析檢測（上海）有限公司採USEPA方法分析。

圖 11 林口鋪鉛鋅礦區現場環境與礦石土壤重金屬濃度



樣品	pH	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Se	Sb
和摩鎮農地土壤1	7.0	27.0	0.23	1.48	191	44.9	49.5	75.9	137	19.0	1.0	2.9
和摩鎮農地土壤2	6.7	42.2	0.33	2.82	374	75.4	88.1	127	285	26.1	1.8	5.0
長湖鎮雨勝村農地	7.1	51.8	0.22	0.53	133	58.3	92.7	118	136	60.2	4.0	16.8

註：雲南省環境科學研究院提供，土壤樣品委託ALS澳實分析檢測（上海）有限公司分析，除乘以USEPA 7470A(Rev 1):1994(T)分析外，其他元素均以EPA 6020B Rev.2(2014)分析。

圖 12 和摩鎮與長湖鎮雨勝村農地環境與土壤重金屬濃度



農民深開挖準備種植蘋果樹，土中散布石灰質母岩



土壤剖面，下層土質黏重

樣品	pH	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Se	Sb
圭山農地深層土壤	6.3	71.5	1.25	0.99	165	61.4	127	97.8	166	41.5	3.4	87.8
圭山農地淺層土壤	6.3	71.4	0.58	1.71	147	55.5	123	98.7	156	42.6	5.2	89.9

註：雲南省環境科學研究院提供，土壤樣品委託ALS澳實分析檢測（上海）有限公司分析，除汞以USEPA 7470A(Rev 1):1994(T)分析外，其他元素均以EPA 6020B Rev.2(2014)分析。

圖 13 圭山西側農地環境與土壤重金屬濃度



風化土壤剖面

樣品	pH	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Se	Sb
農地土壤	6.9	20.7	0.15	1.15	92.8	37.9	38.2	41.8	75.8	20.1	1.1	4.7
農地邊坡土壤	7.2	34.2	0.23	0.67	197	38.8	59.0	53.8	94.2	17.2	1.5	16.1

註：雲南省環境科學研究院提供，土壤樣品委託ALS澳實分析檢測（上海）有限公司分析，除汞以USEPA 7470A(Rev 1):1994(T)分析外，其他元素均以EPA 6020B Rev.2(2014)分析。

圖 14 圭山南側煤礦區周邊農地環境與土壤重金屬濃度



樣品	pH	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Se	Sb
農地入水口土壤	7.5	14.7	0.21	0.71	76.6	104	43.8	23.1	101	29.0	1.8	5.6

註：雲南省環境科學研究院提供，土壤樣品委託ALS澳實分析檢測（上海）有限公司分析，除汞以USEPA 7470A(Rev 1):1994(T)分析外，其他元素均以EPA 6020B Rev.2(2014)分析。

圖 15 圭山南側煤礦區普拉河沿岸農地農地環境與土壤重金屬濃度

五、第五天（12/1）

本日自雲南昆明搭機返回臺灣。

肆、心得及建議

- (一) 雲南昆明地區於地質環境上多屬喀斯特石灰岩母質地質，地表則多為石灰岩風化之紅壤，地表污染物若隨雨水入滲極易向下移動擴散，主要係因地下石灰岩環境多已受水之溶蝕作用，導致污染物易隨優勢流徑及孔洞迅速移動擴散，於污染調查作業上極為不易，經瞭解目前大陸對於地球物理之調查技術較為欠缺，應可推廣台灣專業技術至當地發展。
- (二) 目前中國大陸事業污染場址因政府積極推動重大投資建設項目，多被要求於短時間內完成污染調查及整治作業，以利迅速開發轉型，此種由政府主動介入引導之污染土地轉型利用模式加速了褐地之開發使用，並可避免褐地長期閒置衍生之環境問題，或可做為國內較無商業價值之受污染土地處理方式政策上之參考。

- (三) 雲南有豐富之礦產及大規模之有色金屬冶煉工業，因此各地多有因自然背景因素以致土壤中重金屬濃度偏高之現象，然由本次參訪及實地採樣作業所見，其對於整體性高自然背景地質區之基礎調查研究及採樣作業方式較欠缺系統性之規劃，台灣方面可提供過往於蛇紋岩地質區農地土壤之調查經驗協助。