

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以地電阻剖面法評估植生復育以及土壤電動力法復育重金屬污染之土壤 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 96-2221-E-041-005-
執行期間：96年08月01日至97年07月31日
執行單位：嘉南藥理科技大學環境工程與科學系(所)

計畫主持人：李孫榮
共同主持人：宋孟浩、張並瑜
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：黃亦青
碩士班研究生-兼任助理人員：李芷儀
大專生-兼任助理人員：詹佩琦

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97 年 11 月 03 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

以地電阻剖面法評估植生復育以及土壤電動力法復育重金屬污染之土壤

(NSC 96-2221-E-041 -005)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 96 - 2211 - E - 041 - 005

執行期間：2007年8月1日至2008年7月31日

計畫主持人：李孫榮

共同主持人：張並瑜、宋孟浩

計畫參與人員：黃亦青、李芷儀、詹佩琦、林長榮、陳冠儒

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：

中華民國 97 年 10 月 29 日

計畫中文摘要

重金屬污染之土壤在台灣是很嚴重的問題，目前有效之整治方式包括植生復育、電動力法、翻轉稀釋法等。以上各種處理方法過程中，污染物濃度變化之監測是一很耗費時間以及人力之工作，本研究計畫提出以連續性地電阻與感應極化法做為一有效之即時監測工具，以減低未來在重金屬土壤污染以及整治過程中所需檢測分析之時間與人物力。本研究將利用已完成之感應極化法與化學分析法二結果間之校正線，進一步的將連續性地電阻與感應極化法，應用於植生復育以及土壤電動力復育法中，以評估重金屬污染物之移動現象與去除效率。

Abstract

Heavy metal contamination has been a very serious problem in Taiwan. Effective treatment methods to remove heavy metals from soils include: phytoremediation, electrokinetics, soil dilutions, etc. During any treatment process, it is a challenging and time-consuming job to continuously monitor the concentration change of pollutants in the soil. The main objective of this research is to propose a continuous monitoring methodology utilizing time-lapse electrical resistivity profiling and induced polarization surveys to replace the current analytical methods so that any soil remediation process can be better monitored and thus optimized. In this study, we will apply the calibration curve we established between resistance and metal concentration to monitor metal mobility during phytoremediation and electrokinetic remediation processes.

報告內容

一、前言/研究目的

為了解在一定源定點的污染物入滲於土壤中的分布情形，以及影像的呈現，於一小尺度的實驗槽體進行三維地電阻影像的入滲，控制測量範圍、入滲速率、入滲量以及固定測量時間，模擬固定污染源定點定時排入低電阻污染物的連續監測。此外，亦進一步將電極裝置於植生萃取之盆栽中，以便量測盆栽試驗過程中地電阻之變化，並將進一步與實際分析之金屬濃度做對照比較。

二、研究方法

1. 污染物入滲試驗之三維地電阻影像

入滲前先測一次影像作為背景值，測完馬上進行入滲，經過 20 分鐘的入滲後，開始連續監測槽體中土壤地電阻之變化，測量之設定為 1.8 公尺的弓字型電極陣列佈線，電極數目為 30 根，由於槽體可佈線的位置屬於矩形，使用回字型電極陣列佈線不易，故使用弓字型電極陣列佈線(如圖 1, 2)，入滲結束後連續監測十次，每次約 15 分鐘，總共歷時約 150 分鐘，從 2008/4/1 開始監測，重複測量動作至 2008/4/6 入滲及測量時間紀錄表如下(表 1)，最後在使用 EarthImager 3D 進行反演算，並繪得圖形，觀察土壤在入滲前後電阻率在影像上的分布情形。



圖 1 槽體佈線示意圖

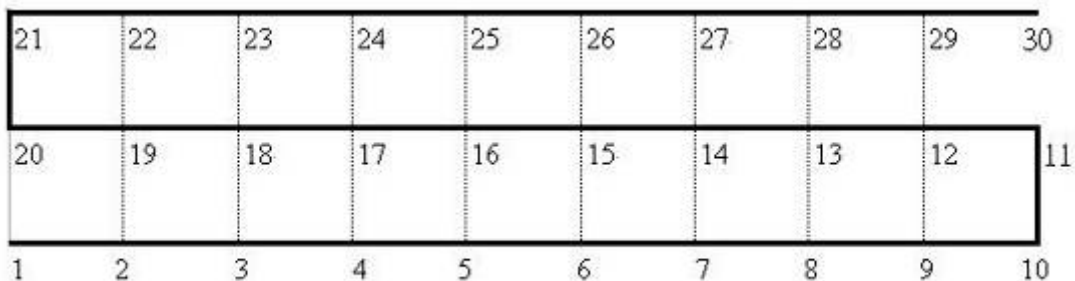


圖 2 電極相對位置圖



圖 3 實際佈線情形



圖 4 儀器設置情形

表 1 入滲及測量時間紀錄表

日期	2008/4/1	2008/4/2	2008/4/3	2008/4/4	2008/4/5	2008/4/6
背景值	10:00	10:05	10:03	10:01	10:03	10:00
入滲時	10:16	10:14	10:15	10:15	10:15	10:14
第一次	10:36	10:34	10:35	10:35	10:35	10:34
第二次	10:51	10:50	10:51	10:49	10:50	10:50
第三次	10:04	11:05	11:05	11:06	11:04	11:06
第四次	11:20	11:21	11:21	11:20	11:20	11:21
第五次	11:36	11:36	11:35	11:36	11:34	11:35
第六次	11:51	11:51	11:49	11:52	11:48	11:49
第七次	12:05	12:06	12:03	12:08	12:02	12:05
第八次	12:21	12:21	12:17	12:24	12:16	12:21
第九次	12:35	12:36	12:31	12:40	12:30	12:35
第十次	12:52	12:51	12:45	12:56	12:44	12:52

入滲的位置在槽體的右半邊，以霧狀灑水的方式均勻將自來水散佈在土壤上，進流流量從三項閥控制在 160 mL/min，入滲面積為 960 cm²經推算可算出降雨量為 33mm 左右。表 2 為本次實驗所設定之參數。

表 2 污染物入滲參數

入滲量	入滲時間	入滲面積	進流流量
33mm	20 min	960cm ²	160mL/min

2. 盆摘試驗土壤樣品的採集與前處理

本研究所需之土壤樣品係於台南縣某電鍍廠之受污染土壤，採集時直接由表土開始向下進行採樣，採集深度約為 0 ~30 cm 的土壤。採集回來的土壤，先經過自然風乾後，以木槌打碎較大之土塊，再經 10 mesh (2.00 mm) 的篩網過篩來除去礫石等雜物。初步處

理完成之土樣經酸鹼度與導電度測試後，發現其酸鹼度過酸（ $\text{pH}=3.6$ ）且導電度過高（ $\text{EC}=3.57 \text{ mS/cm}$ ）並不適於植物生長，因此使用 R0 水對土壤進行多次清洗，確認其土壤之酸鹼度介於 5.0~8.0 之間，且導電度低於 0.9 mS/cm 時，則停止清洗作業，再以風乾的方式將土進行乾燥。最後乾燥之土壤保存於收納桶中，以供後續實驗使用。本研究選取之試驗植物為油菜以及番茄，種子係由永三種苗場所購得。試驗前先將番茄與油菜種子浸泡在 R0 水中約 3 小時，並準備 18 個三吋 PE 花盆，其中 16 個花盆置入約 300 g 受污染之土樣，另外 2 個花盆置入約 300 g 乾淨之土樣以作為對照組。番茄與油菜種子分別放入 8 個試驗組盆栽以及 1 個對照組盆栽內（每盆盆栽置入 1 顆種子，如圖 5 所示），完成種子播種後，於土壤上方覆蓋約 10 g 之培養土即完成盆栽之準備作業。至於盆摘中地電阻之量測，經測試後決定將以如圖 6 所示之配置方法來作監測。

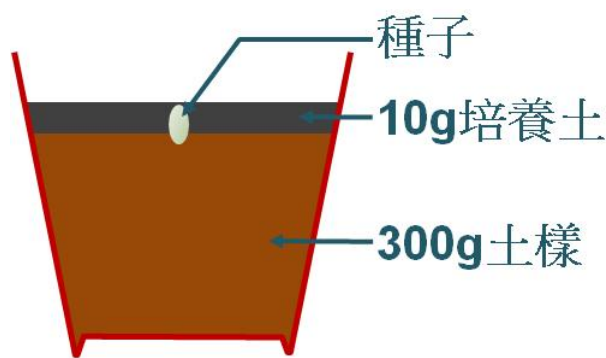


圖 5 盆摘試驗設置圖



圖 6 盆摘中地電阻探針設置圖

3. 土壤脫附實驗

為了解污染土壤在水中之脫附狀況，其在不同條件下之脫附實驗將先進行，其實驗過程如下。首先配置 1 升 0.001 M NaOH_3 備用，秤量 9 組各約 10 g 的土樣分別置於 40 mL 透明玻璃瓶當中，每瓶樣品各添加 15 mL 0.001 M 的 NaOH_3 。將準備好之樣品置於震盪器上，並以 200 rpm 的速率進行搖晃，設定 8 組不同的反應時間（0.1, 1, 3.5, 6, 9, 12, 24, 30.5 hr），另外 1 組為重複試驗（第 9 小時）。代該組反應時間達到時，取其瓶裝樣品置於離心機上進行分離（300 rpm, 3 min），再以 $0.45 \mu\text{m}$ 的濾紙進行過濾後，分析其水樣中金屬濃度。秤量 12 組各約 10 g 的土樣分別置於 40 mL 透明玻璃瓶當中，以 D. I. Water、NaOH 以及 HNO_3 來調整其樣品溶液之 pH 值。添加之溶液約為 15 mL（記錄詳細之添加量），置於震盪器（240 rpm）上搖晃 5 分鐘，再以離心機（300 rpm, 3 min）進行分離，測量並記錄其溶液與土樣混合後之溶液 pH 值，此為反應條件下之 pH 濃度。分別調整 12 組不同 pH 濃度之樣品後，將其樣品置於震盪器（240 rpm）上搖晃 24 小時進行反應，再以 $0.45 \mu\text{m}$ 的濾紙進行過濾，分析其水樣中之金屬濃度。

三、結果與討論

以下為單日入滲之槽體影像與說明

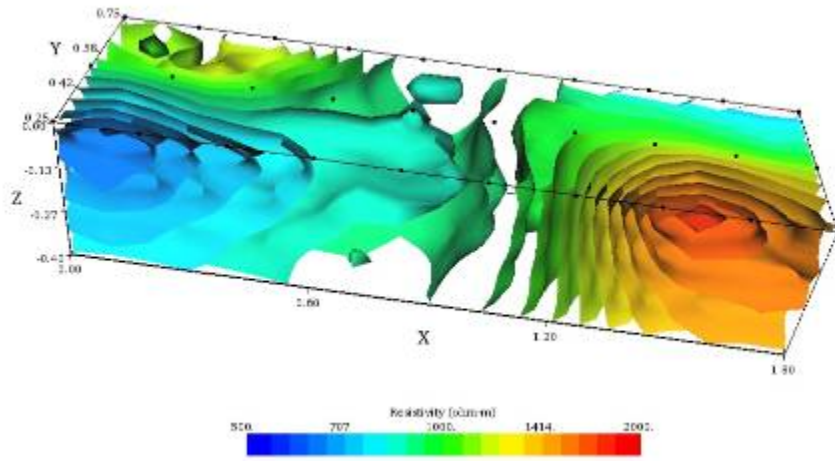


圖 7 槽體背景電阻率值

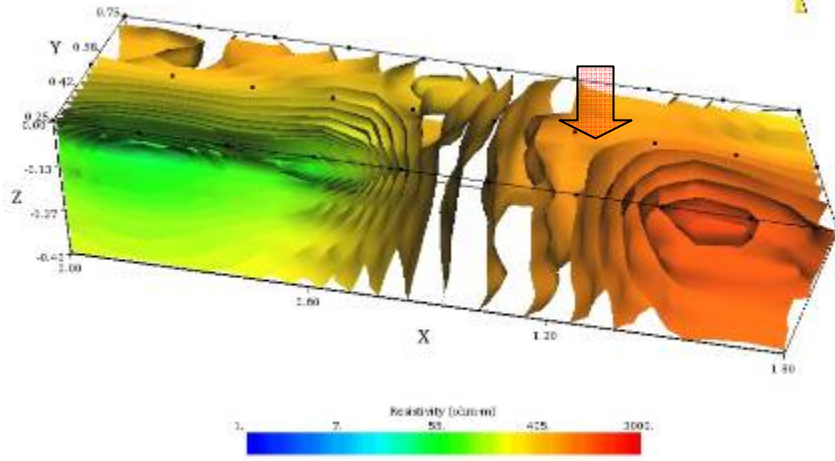


圖 8 入滲後第一次測量電阻率減少之差值影像

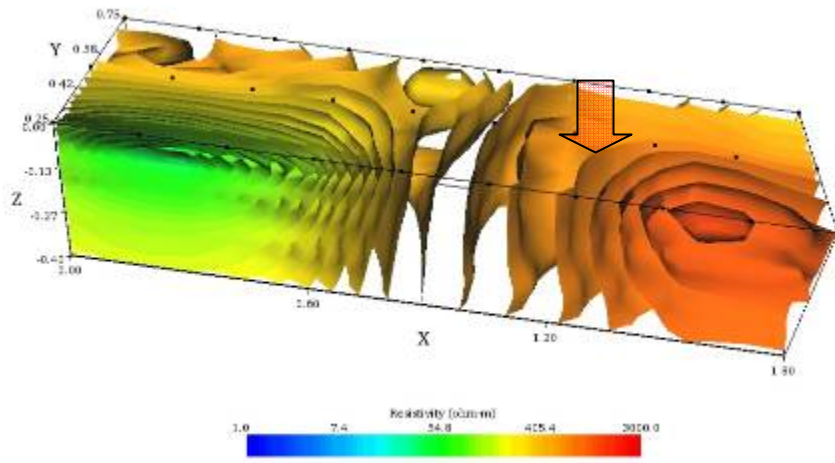


圖 9 入滲後第二次測量電阻率減少之差值影像



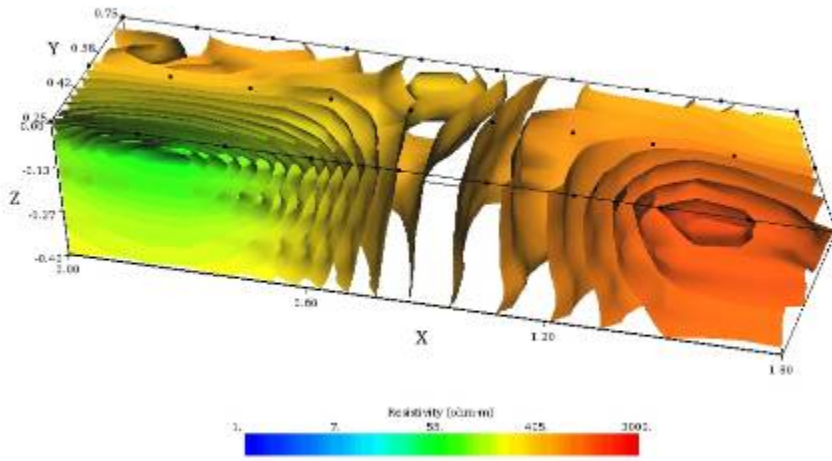


圖 10 入滲後第三次測量電阻率減少之差值影像

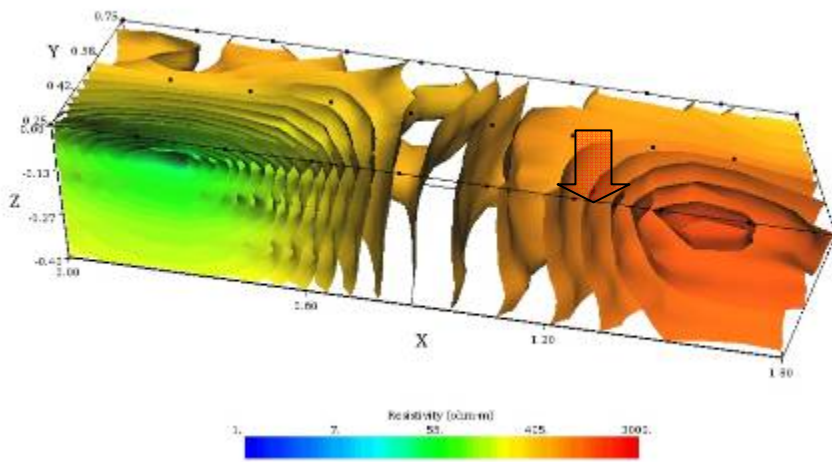


圖 11 入滲後第四次測量電阻率減少之差值影像

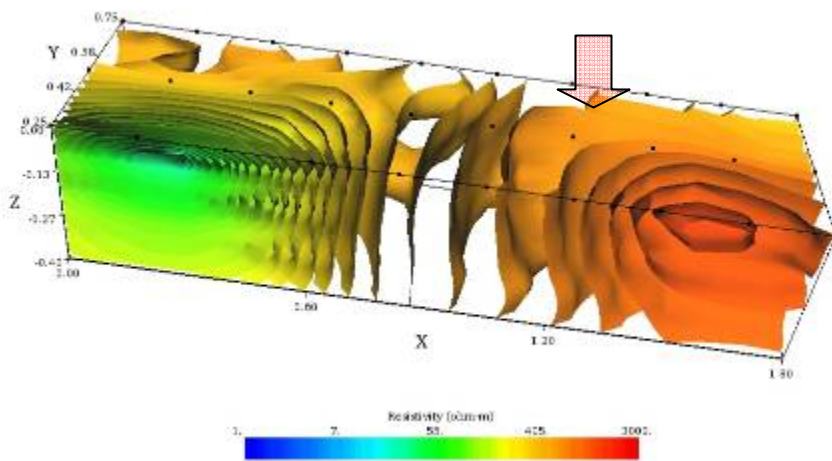


圖 12 入滲後第五次測量電阻率減少之差值影像



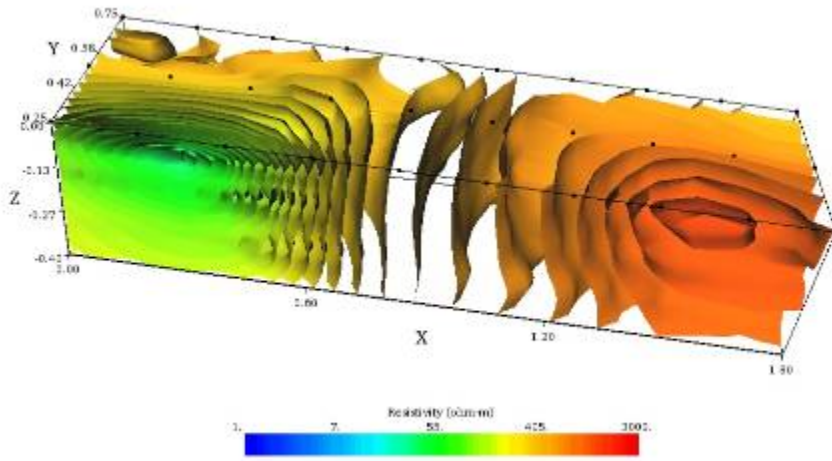


圖 13 入滲後第六次測量電阻率減少之差值影像

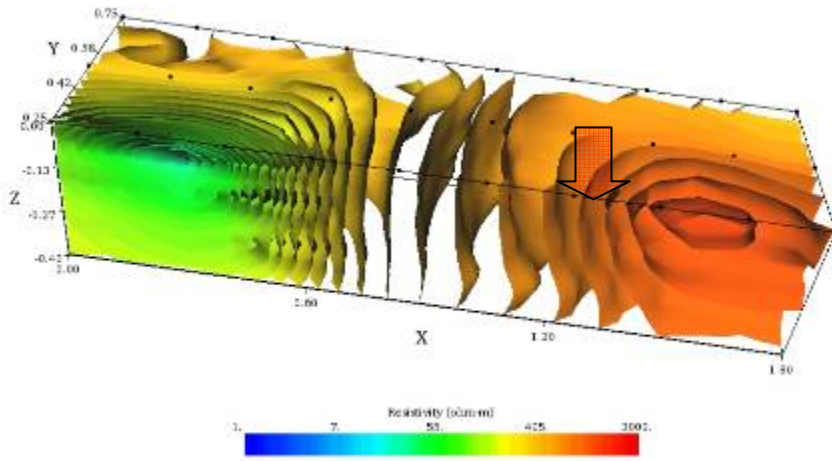


圖 14 入滲後第七次測量電阻率減少之差值影像

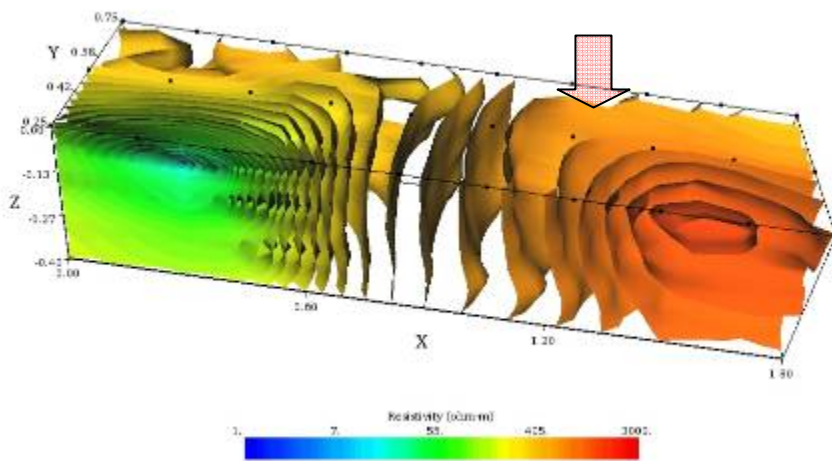


圖 15 入滲後第八次測量電阻率減少之差值影像



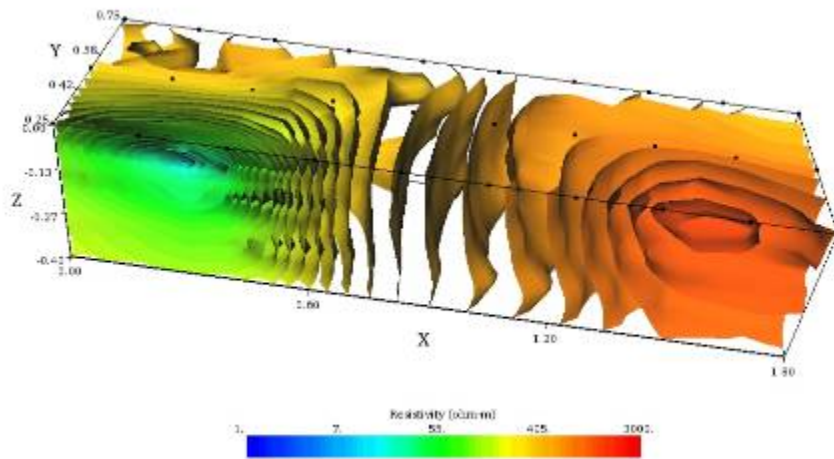


圖 16 入滲後第九次測量電阻率減少之差值影像

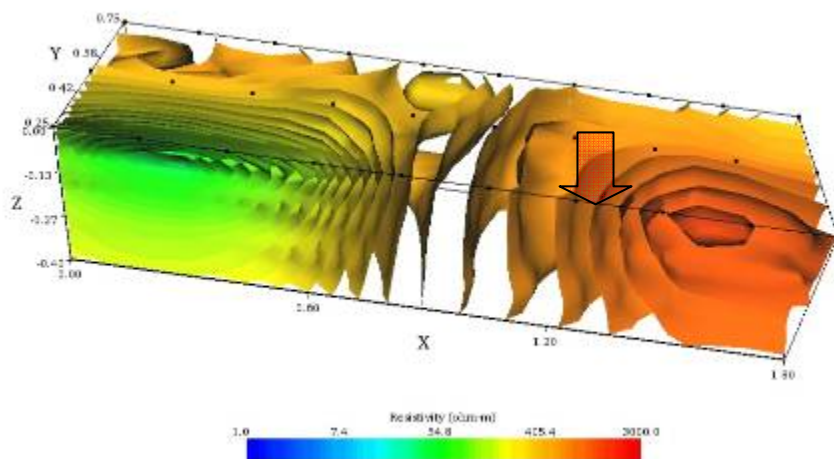


圖 17 入滲後第十次測量電阻率減少之差值影像

以完全未入滲的圖 7 為背景值，以其餘的圖減去背景值，觀察其差值變化，從圖 8~17 可以看出，左半邊有一塊呈現綠色，差值約在 $55 \Omega \cdot m$ 左右，相較於其他橘黃色的區塊，呈現變化較小，表示只入滲右邊區塊的自來水並沒有對左邊區塊造成影響，從圖 6-15 的右半邊可以看出其深色部份越來越淺，表示差值逐漸縮小，由於測量範圍並沒有達到槽體本身設計的深度，只有到我們測量的極限 $0.4m$ ，有可能是因為水份經由土壤中的縫隙擴散至未飽和的部分。從連續影像顯示地電阻剖面影像利用於小尺度的槽體砂箱可以相當清楚的顯示其高低電阻區的分佈，由於使用的電極較少，相對於中尺度或以上的佈線測量能夠更有效於第一時間了解污染物在地底的擴散與流動。在測量上，由於儀器銅製接頭再長期使用下容易損壞而產生了與周圍電阻無法連貫的藍色區塊。實驗後發現某些位置的電極確實有使用後的耗損而造成數據無法收取，於是同樣利用圖 7 相同位置的值補上，才會造成影像顯示電阻差值極低的情形發生。入滲後的影像顯示其入滲點並沒有與實際上的入滲點相吻合，主要原因可能是由於砂箱中土壤密度不一，使得入滲時溶液沿著土壤結構較鬆散的位置流入，但可以清楚看到在橫槓位置確實有產生由於積水而

形成的區塊，其位置如圖 12。

土壤之脫附實驗結果顯示如以下二圖所示，鉻 (Cr) 金屬於 pH 濃度較高 (約 pH=13) 與較低 (約 pH) 值時較易產生脫附的現象；銅 (Cu) 與鎳 (Ni) 金屬則於較低 pH 值的狀態下較易產生脫附的現象。其中，鎳於 pH=6 時出現與其他 pH 濃度下無規律之反應，此部分目前正進行重複試驗，來確認此現象為鎳之脫附特性亦或實驗誤差所造成。

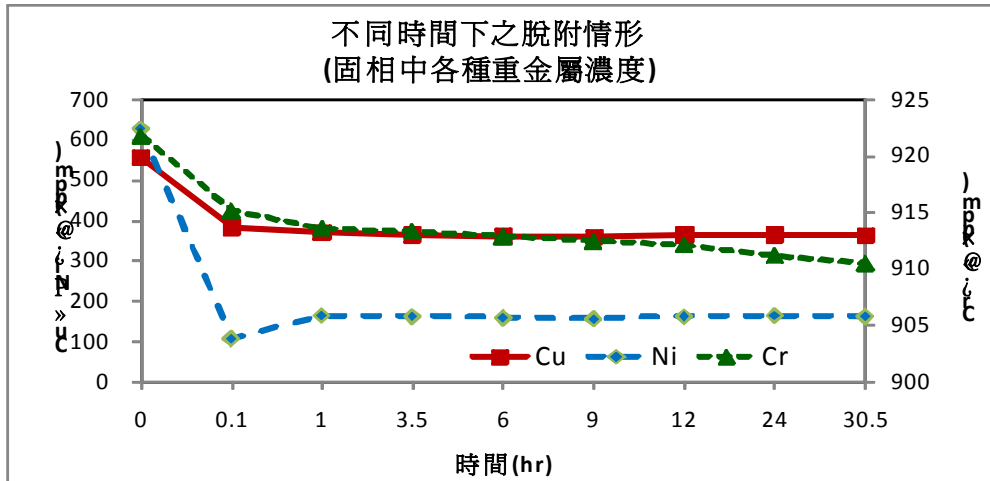


圖 18 土壤在不同反應時間下之脫附情況

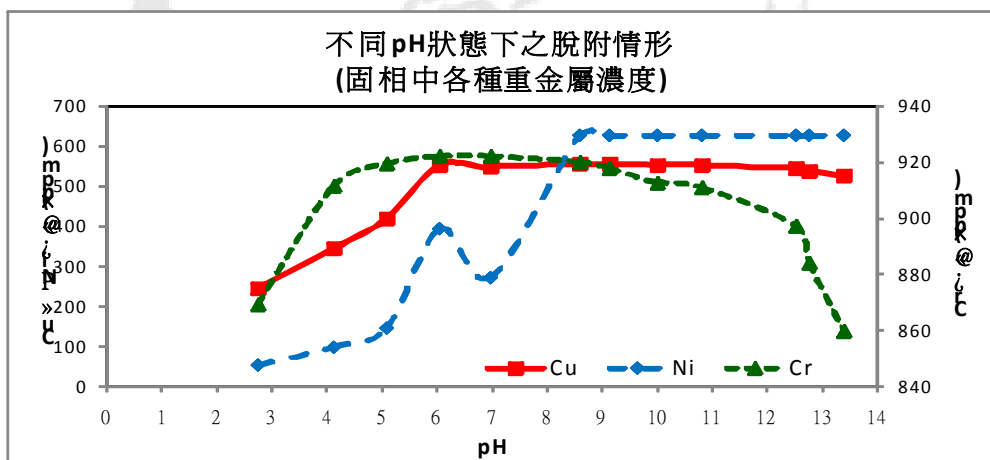


圖 19 土壤在不同 pH 下之脫附情況

四、結論與建議

污染物在槽體中之三維濃度分佈在本研究中證實可以利用地電阻來作量測，未來利用此法將可以非常快速的監測污染物之分佈。本計劃新一年度延伸計劃(利用三維地電阻剖面測勘法及感應極化法現地監測螯合劑輔助植生復育中重金屬及螯合劑移動之研究: NSC-97-2221-E-041-008)正在繼續進行盆栽中之重金屬植生萃取，在有無添加天然螯合劑狀況下之金屬移動狀況。此實際採樣量測之結果將與進一步與地電阻結果比較。