

阿里山森林鐵路沿線土壤剖面標本製作 及性質調查

Preparation and soil characteristics of
representative soil monoliths along Alishan
forestry railroad



陳尊賢

郭鴻裕

執行單位：國立台灣大學農業化學系
計畫主持人：陳尊賢

行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處
九十三年度委託研究計畫

期末報告(定稿)

中文計畫名稱：

阿里山森林鐵路沿線土壤剖面標本製作及性質調查

英文計畫名稱：

Preparation and soil characteristics of representative soil
monoliths along Alishan forestry railroad

計畫編號：93-05-8-02

執行單位：國立台灣大學農業化學系

計畫主持人：陳尊賢 教授兼系主任

Tel: (02)2369-8349, fax: (02)2392-4335

Email: soilchen@ccms.ntu.edu.tw

<http://Lab.ac.ntu.edu.tw/soilsc/>

計畫協同主持人：郭鴻裕 研究員

行政院農委會農業試驗所農業化學系

Tel: (04)2330-2301 ext 403 ext 318, fax: (04)2339-8149

Email: hyguo@wufeng.tari.gov.tw

研究人員：蔡呈奇、邱春媚、賴鴻裕、吳森博

採樣人員：郭鴻裕、陳尊賢、葉明智、簡水潭、張銘澤、吳森博、賴鴻裕、

簡士濠、李家興

標本製作：郭鴻裕、葉明智

林務局承辦人員：趙賢玉

中華民國九十三年十二月二十四日

行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處委託研究計畫
九十三年度期末報告 (定稿)

- 一、中文計畫名稱：阿里山森林鐵路沿線土壤剖面標本製作及性質調查
- 二、英文計畫名稱：Preparation and soil characteristics of representative soil monoliths along Alishan forestry railroad
- 三、計畫編號：93-05-8-02
- 四、執行單位：國立台灣大學農業化學系
- 五、計畫主持人：陳尊賢 教授
Tel: (02)2369-8349, fax: (02)2392-4335
Email: soilchen@ccms.ntu.edu.tw, <http://Lab.ac.ntu.edu.tw/soilsc/>
協同計畫主持人：郭鴻裕 研究員(行政院農委會農業試驗所農業化學系)
Tel: (04)2330-2301 ext 403 ext 318, fax: (04)2339-8149
Email: hyguo@wufeng.tari.gov.tw
- 六、執行期限：民國 93 年 1 月 1 日至 93 年 12 月 31 日
- 七、中文摘要

土壤剖面標本在已開發國家普遍用於自然博物館、地方展覽館或文化中心展示，以教導民眾認識自然生態。林務局嘉義林區管理處二十年前於阿里山森林遊樂區之『高山博物館』闢有一主題區展示阿里山森林鐵路沿線之土壤剖面實體標本，提供遊客土壤形態、地形起伏與垂直氣候變化等生態資訊，廣受國內外各界好評。但受限於以前的採集與展示技術，這些展示的剖面標本太小並缺乏新鮮感，且因展出日久又因地震損壞，標本出現剝落等現象，亟需更新。本年度預計採集與製作阿里山森林鐵路沿線具代表性的土壤剖面 11 處(共 20 個土壤剖面標本)，擬解決舊有剖面標本老舊剝落的問題，並配合嘉義林管處阿里山「高山森林生態館」開館之展示需求，提供高山生態展示之用與本處阿里山地區森林永續土壤管理資訊之參考。經評估所選定之代表性土壤剖面共計 11 處，分別為(1)北門站、(2)竹崎站、(3)木屐寮站、(4)奮起湖站、(5)二萬坪站、(6)阿里山青年活動中心附近、(7)獨立山站、(8)沼平車站、(9)第二管制哨內、(10)阿里山氣象站旁、(11)祝山站鐵道旁。所分析的土壤性質包含土壤形態特徵描述、粒徑分析、土壤 pH 值、土壤有機碳、可交換性鹽基、陽離子交換容量、鹽基飽和度等。依照美國土壤分類系統，阿里山森林鐵路沿線具代表性土壤可分類為典型低鹽基濕

潤弱育土(Typic Dystrudepts)、腐質低鹽基濕潤弱育土(Humic Dystrudepts)、典型簡育濕潤極育土(Typic Hapludults)以及典型簡育正常淋澱土(Typic Haplorthods)。

關鍵詞：土壤剖面實體標本，阿里山森林鐵路，高山森林生態館

八、英文摘要

Soil monoliths are generally exhibited in the natural museum, local exhibition hall or the cultural center for education in many developed countries. The High Mountain Museum located in the Alishan Forest Recreational Park of Bureau of Forestry had displayed some soil monoliths which were sampled along the Alishan forestry railroad twenty years ago. These monoliths provided available information in ecology such as soil morphological characteristics and variation of topography and climate condition varied with the elevation along the Alishan forestry railroad. However, these soil monoliths were too small and prepared with the immature techniques. Some of them had been damaged after earthquakes. The objectives of this project are to prepare new 20 soil monoliths (11 different sites) along the Alishan forestry railroad. These soil monoliths will be exhibited in the newly “High Mountain Forest Ecological Museum” to provide valuable basic information of high mountain ecological system. The soil morphological characteristics and database of soil monoliths will also be used for the sustainable soil management in Alishan Forestry Recreational Park. Eleven sites were decided to sample after the consideration of soil characteristics, locations, and climates. These physical and chemical characteristics analyzed included particle size distribution, pH, organic carbon, exchangeable bases, cation exchange capacity and percentage of base saturation. According to soil taxonomy, the soils along the Alishan forestry railroad can be classified as Typic Dystrudepts, Humic Dystrudepts, Typic Hapludults, and Typic Haplorthods.

Key word: soil monolith; Alishan forestry railroad; high mountain forest ecological museum

目 錄

	頁碼
中文摘要.....	1
英文摘要.....	2
目 錄.....	3
表目錄.....	4
圖目錄.....	5
第一章、前言.....	6
第二章、前人研究.....	6
第三章、研究方法	
一、土壤剖面標本之選擇.....	8
二、土壤形態特徵描述及土壤採樣分析.....	8
第四章、研究進度與土壤樣品之分析結果	
一、阿里山之氣候條件.....	10
二、所選定之土壤剖面標本採樣點.....	11
三、土壤樣體之形態特徵描述.....	13
四、土壤基本性質之分析結果.....	26
五、土壤分類之結果.....	29
第五章、結論.....	29
第六章、參考文獻.....	30
附錄.....	33

表 目 錄

	頁碼
表一、阿里山氣象站 1971 至 2000 年之氣候資料.....	12
表二、預計採樣之阿里山森林鐵路沿線附近代表性土壤剖面標本位置說明.....	12
表三、表三、阿里山鐵路沿線土壤樣體之形態特徵描述.....	13
表四、阿里山鐵路沿線土壤樣體理化性質之分析結果.....	27

圖目錄

	頁碼
圖一、阿里山森林鐵路沿線附近代表性土壤剖面標本相對位置圖.....	11
圖二、北門站附近 P-1 土壤樣體之剖面形態與植生照片.....	16
圖三、竹崎站附近 P-2 土壤樣體之剖面形態與植生照片.....	17
圖四、木屐寮站附近 P-3 土壤樣體之剖面形態與植生照片.....	18
圖五、奮起湖站 P-4 土壤樣體之剖面形態與植生照片.....	19
圖六、二萬坪站崩積地 P-5 土壤樣體之剖面形態與植生照片.....	20
圖七、阿里山青年活動中心 P-6 土壤樣體之剖面形態與植生照片.....	21
圖八、沼平站 P-8 土壤樣體之剖面形態與植生照片.....	22
圖九、第二管制哨內 P-9 土壤樣體之剖面形態與植生照片.....	23
圖十、阿里山氣象站 P-10 土壤樣體之剖面形態與植生照片.....	24
圖十一、祝山站鐵道旁 P-11 土壤樣體之剖面形態與植生照片.....	25

第一章、前言

土壤是一個國家的重要自然資源，土壤環境是人類生存、活動與利用的主要空間，必須加以規劃以作最大的利用並確保它的品質(王等，2001；陳，1997 & 2000；陳與許，2002)。土壤知識並不會抽象難懂，它是一門需要從野外直接接觸而了解的知識。臺灣地區受到地質作用的影響，多變的地形孕育出極為豐富的土壤資源。然而這樣豐富的資源卻鮮為一般民眾所知，顯然我們的土壤推廣教育還需要加緊腳步。

土壤剖面標本在國外普遍的用於自然博物館、地方展覽館或文化中心展示，以教育民眾認識自然生態。林務局嘉義林區管理處阿里山遊樂區之「高山博物館」闢有一主題區展示阿里山森林鐵路沿線之土壤剖面標本，提供遊客土壤型態、地形起伏與垂直氣候變化等生態資訊，廣受國內外各界好評。

土壤剖面標本因限於二十年前的採集與展示技術，展示剖面標本太小且展出日久，標本剝落且缺乏新鮮感，極需更新。利用本年度所採集製作之土壤剖面，解決舊有剖面標本老舊剝落之問題。配合林務局嘉義林區管理處阿里山「高山森林生態館」開館之展示需求，提供高山生態展示之用與林務局嘉義林區管理處阿里山地區森林土壤管理資訊之參考。

第二章、前人研究

林務局嘉義林區管理處阿里山遊樂區之「高山博物館」闢有一主題區展示阿里山森林鐵路沿線之土壤剖面標本，提供遊客土壤型態、地形起伏與垂直氣候變化等生態資訊，這些森林土壤剖面共計二十個，分別由林務局嘉義林區管理處或是李克忠於民國 1972 年期間加以採集及製作，這些剖面主要為灰壤化土壤(Podzolic Soil)及棕色森林土(Brown Forest Soil)，其餘則包含黑壤土(Ando Soils)、紅壤土(Red Soil)及石質土。灰壤化土壤的採集地點包含阿里山、阿里山祝山、阿里山萬歲山、自忠、東埔、東埔神木村及玉山排雲山莊，棕色森林土的採集地點包含奮起湖、奮起湖石卓、阿里山眠月及十字路，黑壤土土壤剖面採集地點包含十字路及東埔，而紅壤及石質土則分別採自嘉義蘭潭及嘉義市。

新成土(Entisols)乃由母質經由簡單之物理、化學風化作用生成之土壤，通常很淺，含石量超過 50% 以上，排水、通氣良好，唯土層淺肥力低，大都分佈於山坡地或森林地之陡峭區，地形不穩定，甚易崩塌，不宜農牧用途，只宜造林、保育。此土壤在新分類系統均屬新成土。鄰近高山地區之土壤物質因滾落、滑降、甚至崩塌等位移作用而生成者，新生成者表土有機物多，表層較暗者稱為「暗色崩積土」，堆積時間較久其有機物已分解殆盡顏色較淡，稱為「淡色崩積土」。基本上，土壤剖面沒有化育作用，多發生於山區坡度較緩和的崩積地形上，含石量約 25%，通氣、排水良好，可用作農牧地，但須做好水土保持工作。在新分類上屬新成土(Entisols)。

阿里山森林鐵路沿線之土壤包含淋澱土(Spodosols)、弱育土(Inceptisols)及極育土(Ultisols)等土綱，土壤資源豐富且具有特色(陳與蔡, 2000)。但受限於二十年前的採集與展示技術，所展示土壤剖面標本太小，更由於展出日久，土壤剖面標本的新鮮感降低，部份土壤剖面標本甚至產生剝落的現象，極需更新。利用重新採集及製作的土壤剖面，可解決舊有剖面標本老舊剝落的問題，而配合嘉義林

管處阿里山『高山森林生態館』開館之展示需求，可提供高山生態展示之用，並作為嘉義林管處阿里山地區森林土壤管理資訊之參考。

淋澱土主要生成於冷涼潮濕的氣候、石楠屬植生與粗質地的母質，廣泛分佈於北歐、俄國、加拿大與美國東北部等地區(McKeague et al., 1983)。針葉林的落葉殘枝分解所產生的有機物質，會侵蝕表土的原生礦物及次生礦物，並藉著淋洗作用向下移動至土層深處聚積，並逐漸累積形成鐵、鋁與有機物複合物，而呈現暗紅色的淋澱層(Spodic horizon)。上層洗出層(E層)則因大量鐵、鋁的流失，而剩下抗風化的矽酸鹽礦物居多，因而呈現灰白的顏色。

典型的淋澱土主要可分成四個化育層：暗色有機質表層、漂白的洗出層、含豐富的無定型物質顏色呈現暗紅或黑色的洗入層以及砂質母質(McKeague et al., 1983)。淋澱土土層中的有機質主要來自於含有豐富有機質之O層。漂白之洗出層是指土層中有機物、鐵、鋁與黏粒均被洗出，土壤顏色顯現出原生砂粒與粉粒的顏色。漂白層一般出現在淋澱層的上方，或在淋澱層或脆磐、淋澱層與黏聚層之間(Soil Survey Staff, 1999)，顏色主要呈現灰色(10YR 5/1)到淺灰色(10YR 7/1)，在排水不良地區，常伴隨斑紋的出現。在溫帶地區，漂白層通常較為淺薄，而與淋澱層的層界常是突變的(abrupt)，在熱帶地區或亞熱帶地區，有些漂白層厚度甚至可以達到2公尺或更深。洗出層質地較粗時，構造常為單粒狀，在偏光顯微鏡下主要以抗風化的石英粒子為主，且表面無包覆，細質地的土層則為整塊狀構造為主(Bullock and Clayden, 1980)。耕犁會破壞淋澱土之漂白層，尤其以施用石灰或氮肥最為劇烈(Soil Survey Staff, 1999)。

淋澱土中有機物與鐵、鋁經洗出作用被洗至下層而進行累積，此層被稱為淋澱層，因其含有許多活性(active)無定形物質，此活性無定形物質主要為有機物與鋁或鐵所形成鍵結物質，而這些物質常具有高交換容量、表面積大與水分吸持能力高。一般野外可藉由其明顯顏色與其構造加以診斷(Soil Survey Staff, 1999)，並可因鐵、鋁成分差異再細分為含有有機物多的Bh層，或含鐵較多的Bs層。淋澱層常生成在距礦物質層20~50公分處，受微地形影響而有不同厚度(Bullock and Clayden, 1980)，亦受溫度影響而出現在不同深度與有不同厚度(Stanley and Ciolkosz, 1981)。土壤顏色呈現紅棕色或深紅色，且具有低色值與色度，色度隨深度增加而漸增(Mokma, 1993)，一般淋澱土矽酸鹽含量較少，土壤質地也較粗為砂質、粗壤質與粗粉質(Soil Survey Staff, 1999)。淋澱土的母質一般為冰磧石或冰屑為主，故主要為鹽基含量少之砂質或粗壤質更新世或全新世的酸性沉積物或前寒武紀花崗岩或片麻岩所構成(SchEtzl, 1996, Bockheim, 2003)。

根據Ugolini et al. (1988)定義淋澱化作用為發生在土壤剖面上層(O、E、Bhs)的化育作用，主要由來源自樹冠層或腐植層中的有機酸所推動。這些有機酸會大量降低土壤pH值，並且可與該土壤化育層中所含鋁、鐵或其他金屬元素形成可移動性的有機-金屬錯合物向下移動，因土壤化學性質改變而累積在B層中。在淋澱土的Bs、BC與C層，pH值均有升高的趨勢。

茹與孟(1947)首先在祝山、大塔山一帶發現淋澱土，隨著山區開發漸多，陸續與大雪山、溪頭、美奈田山、太平山、木瓜山、塔曼山等中高海拔山區發現有淋澱土的分布。臺灣中高海拔山區氣候濕潤、氣候涼爽且植生主要為針葉林，符合淋澱土的生成環境，惟台灣高山地區土壤母質多為泥岩、頁岩或板岩，風化後土壤黏粒含量較高，此與一般歐美由冰磧石生成而來的淋澱土大不相同，台灣部分中海拔山區因土壤質地緻密，在穩定化育之環境下，土壤化育作用可能為淋澱化作用(podzolization)或伴隨著黏粒洗入(illuviation)作用共同進行，因生成化育速

度不同便可生成淋澱土或極育土兩種不同土綱(Chen and Chiang, 1995; Li et al., 1998; Lin et al., 2002; Hseu et al., 1999 and 2004; Liu and Chen, 2004; Wu and Chen, 2005)。

過去在祝山、大塔山(茹與孟, 1947)及阿里山(蔣, 1990)等中海拔地區, 發現有淋澱化土(Podzolized soils)與極育土(Ultisols)的分佈, 依據林(2000)在阿里山山區之祝山與萬歲山兩地研究, 發現祝山與萬歲山有中質地(黏壤土或粉質黏壤土)之淋澱化土壤, 同時作者在野外調查時, 也曾發現較粗質地之淋澱土(邱, 2004)。

第三章、研究方法

一、土壤剖面標本之選擇

阿里山森林鐵路沿線附近土壤剖面標本之選擇主要依據地理位置(鐵路站名)、地形、林相、垂直氣候帶、地質及土壤特徵等多項條件加以綜合考量, 將 10 處具有地理與生態學指標意義的土壤剖面, 進行土壤性質調查與剖面標本製作。土壤剖面製作依照日本國立農業環境科學研究所(NIASE)或荷蘭國際土壤資訊中心(ISRIC)土壤剖面實體製作規範進行, 製作大型之實體土壤剖面標本。經處理後之土壤實體剖面標本必須表現土壤完整之實體與土壤層次之表徵, 土壤構造、特殊表徵及作物根系表現等, 視採集標本個體性質而定。

二、土壤形態特徵描述及土壤採樣分析

土壤剖面同時依據美國農部土壤調查手冊進行土壤剖面形態特徵描述與土壤採樣分析, 土壤樣品分析依據美國農部土壤調查實驗室土壤分析方法進行主要之土壤理化性質分析。並以土壤性質之分析資料提供高山生態展示之用與嘉義林管處阿里山地區森林土壤管理資訊之參考。配合調查點之立地形態、土壤形態與土壤分析資料進行調查區之地理、自然生態與利用管理之闡釋, 提供高山生態展示之用與本處阿里山地區森林土壤管理資訊之參考。每處採集兩個剖面, 分別描述其土壤形態特徵及製作成為剖面標本(共計 20 個), 並完成土壤主要物理及化學性質之分析, 分析之項目包含(1)總體密度、(2)粒徑分析、(3)土壤 pH 值、(4)土壤有機碳、(5)可交換性鹽基、(6)陽離子交換容量、(7)鹽基飽和度、(8)游離鐵、鋁、錳及其他微量元素等。分析之方法分別說明如下。

(一)、土壤物理性質分析

1. 總體密度(Bulk density): 圓筒法或石蠟塊法(Blake and Hartage, 1986)

(1)圓筒法(core method): 以 core 採取各土壤化育層之土壤, 攜回實驗室測定之。

(2)石蠟塊法(paraffin method): 若欲採樣之土壤過乾或過濕等狀況, 而無法完整以 core 採集土壤樣體時, 則挖取約拳頭大小的土塊若干個, 攜回實驗室以石蠟塊法測定之。

2. 粒徑分析(Particle size analysis): 吸管法(Gee and Bauder, 1986)

秤取約 12 克的風乾土壤, 以 35% H_2O_2 加熱去除土壤有機質, 再以 CBD 法去除土壤中的游離鐵、鋁。精秤已去除有機質和游離鐵的烘乾土壤 10 克, 並以蒸餾水洗入電動打碎機中, 加入 10 mL 5% 偏磷酸鈉(Sodium hexametaphosphate, HMP), 以中等速度攪拌約 15 分鐘, 然後通過 300 mesh (<47 μm) 的篩子進行濕

篩，坩粒與粘粒洗入 1,000 mL 沉降筒中。留在篩上的砂粒洗出後，經烘乾、稱重，再細分為極粗砂(2~1 mm)、粗砂(1~0.5 mm)、中砂(0.5~0.25 mm)、細砂(0.25~0.1 mm)與極細砂(0.1 mm~0.47 μm)等種等級。在沉降筒中之坩粒與粘粒，則根據 Stokes Law 與土壤溶液的溫度，計算粒子沉降的時間。用定量吸管吸取小於 2 μm 之粘粒懸浮液 25 mL，烘乾 24 小時至恆重後，稱重。分別計算砂粒、坩粒與粘粒各所佔之重量百分率。質地分級則依據美國農部土壤調查手冊質地三角形圖(Soil Survey Staff, 1993)求得。

(二)、土壤化學性質分析

1. 土壤反應(pH 值)：玻璃電極法(McLean, 1982)。

(1) pH (H_2O)：土壤與蒸餾水以土水 1:1 (w/w)混和，間或攪拌，靜置一小時後以玻璃電極測定之。

(2) pH (1N KCl)：土壤與 1N KCl 以 1:2.5 (w/w)之比例混和，攪拌，靜置一小時後以玻璃電極測定之。

2. 土壤有機碳(Organic carbon)：Walkley-Black 濕氧化法(Nelson and Sommers, 1982)。

精秤 0.5 克土壤(<0.5 mm)放入 500 mL 錐形瓶中，加入 10 mL 1N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液，搖勻，隨即加入 20 mL 濃硫酸，搖勻，靜置三十分鐘。若溶液呈現綠色則應將土壤減半，重覆上述步驟。接著加入 200 mL 去離子水與 10 mL 85%之磷酸，待其冷卻後，添加 30 滴二苯胺指示劑，以 0.5N 之亞鐵溶液($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$)滴定之。

3. 可交換性鹽基(Exchangeable bases)：1N 醋酸銨法(pH 7.0)(Thomas, 1982)。

秤取 10 克土壤置入淋洗柱中，以 100 mL 1N 醋酸銨(pH 7.0)淋洗之，淋洗出之溶液定量至 100 mL，利用原子吸光儀測定溶液中之可交換性鉀、鈉、鈣、鎂之含量。

4. 陽離子交換容量(Cation exchange capacity, CEC)：1N 醋酸銨法(pH 7.0) (Thomas, 1982)。

秤取 10 克土壤經 1N 醋酸銨(pH 7.0)淋洗後，接著以 100 mL 95%酒精洗去土壤孔隙中多餘的醋酸銨，再加入 100 mL 10% 酸化之 NaCl 溶液，以交換出土壤粒子表面所吸附之 NH_4^+ ，收集洗下之溶液，用 Kjeldahl 蒸餾法測定淋洗液中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的含量，以計算陽離子交換能量。

5. 鹽基飽和度(Percentage of base saturation, BS%)。

將 1N 醋酸銨(pH 7.0)溶液置換出的鹽基總量，除以陽離子交換能量，再乘上 100%，即為鹽基飽和度。

(三)、鐵與鋁的選擇性化學抽出分析

1. 有機態鐵、鋁(Fe_p 、 Al_p)分析：0.1M Sodium pyrophosphate (pH 10.0)抽出法(Loveland and Dogby, 1984)。

精秤 2 克土壤，加入 0.1M 焦磷酸鈉溶液(pH 10) 100 mL。震盪 24 小時後，再加入數滴 0.4%之 superfloc，劇烈震盪數十秒後，以 3,500 rpm 轉速離心 15 分

鐘後，以 Whatman No. 42 濾紙過濾，以原子吸收光譜儀測定濾液中鐵、鋁含量。

2. 無定形鐵、鋁(Fe_0 、 Al_0)分析：0.2M Oxalate-Oxalic Acid (pH 3.0)抽出法 (McKeague and Day, 1966)。

精秤 2 克土壤，加入 100 mL 0.2M 之酸性草酸鉍溶液(pH 3.0)，在黑暗中震盪 4 小時後，再加入數滴 0.4%之 superfloc，劇烈震盪數十秒後，靜置約 30 分鐘，接著以 3,500 rpm 轉速離心 15 分鐘、以 Whatman No. 42 濾紙過濾，以原子吸光儀測定溶液中之鐵、鋁含量。

3. 游離態鐵、鋁(Fe_d 、 Al_d)分析：Sodium Citrate-Bicarbonate-Dithionite(CBD)抽出法(Mehra and Jackson, 1960)。

精秤 1 克土壤，加入 0.3M 檸檬酸鈉溶液 40 mL 及 1M 碳酸氫鈉溶液 5 mL，置入 80°C 水浴中約 15~20 分鐘，在加入 1 克連二亞硫酸鈉($Na_2S_2O_4$)，持續攪拌約 15 分鐘，再加入 10 mL 飽和氯化鈉溶液，接著以 3,500 rpm 轉速離心 15 分鐘，收集懸浮液，重複上述步驟，直到土壤呈灰色，然後定量至 100 mL，以原子吸收光譜儀測定鐵、鋁含量，鐵、鋁測定波長分別為 372.0 nm 與 309.3 nm。

第四章、研究進度與土壤樣品之分析結果

已完成之工作項目分別說明如下：

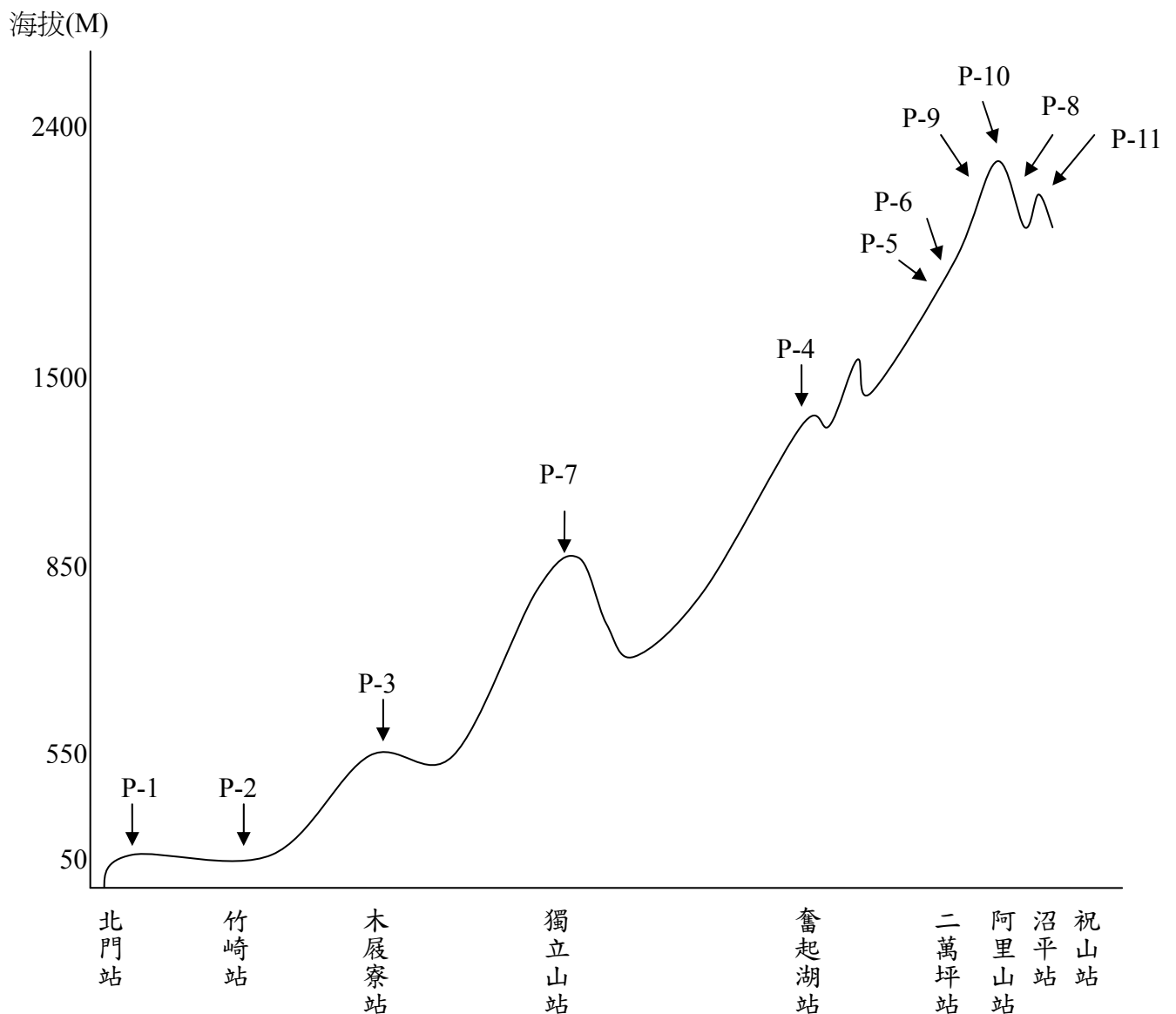
1. 6 月 8 日完成現地土壤剖面觀察及討論，確定土壤剖面標本之採樣點。
2. 6 月中旬至 6 月底期間，完成 3 處土壤剖面土壤樣品之採樣。
3. 6 月 28 日至 7 月 3 日期間，由於中度颱風敏督利重創中南部，造成阿里山公路封閉，採樣無法進行。
4. 7 月中旬完成 3 個土壤剖面標本之採樣工作，但因大雨造成土壤之含水率高，土壤剖面標本品質不佳，因此決定再重新採樣。
5. 9 月底已完成 3 處土壤剖面之土壤樣品形態特徵描述及基本理化性質分析。
6. 11 月底已完成 10 處土壤剖面之土壤樣品形態特徵描述及部分基本理化性質分析(依土壤形態特徵推估)。但獨立山樣點則因交通與時間問題而延後至 12 月 13-15 日才完成採樣。

一、阿里山之氣候條件

表一為阿里山氣象站(2470.5 公尺)由西元 1971 年至 2000 年歷年之氣候資料，研究區之年降雨量約為 4,000 公釐，降雨量主要五月至九月，其主要因梅雨以及颱風所帶來豐沛雨水，降雨最多是在八月，約有 840 公釐左右，最少則是在十一月，約為 50 公釐。本區之年蒸發量約為 1,000 公釐，各月的蒸發散量約略相等，全年僅在十一月與十二月之蒸發量會大於降雨量，所以研究區全年皆處於濕潤狀態。本研究區之平均相對濕度約為 86%，全年溼度皆高，並隨季節有很明顯顯著變化。研究區之年均溫為 10.8°C，由於土溫大約為氣溫再加上 2°C，因此土溫約為 12.8°C 左右，月均溫在 5.7~14.2°C 之間，冬夏溫差約為 9°C。故本研究區全年大致處於冷涼潮濕狀態，且依據此氣候資料判斷，冬夏溫差在 8~15°C 之間，由美國分類系統(Soil Survey Staff, 2003)判定，此區之土層 50 公分深之土溫是屬於溫和的(mesic)溫度境況，土壤水分境況則屬於濕潤的(udic)水分境況。

二、所選定之土壤剖面標本採樣點

根據上述土壤剖面標本之選擇依據，所選定之阿里山森林鐵路沿線附近代表性土壤剖面標本共計 11 處(表二)，分別以 P-1~P-11 表示，包含(1)北門車站附近：屬於新成土(Entisols)、(2)竹崎車站附近：屬新成土(Entisols)、(3)木屐寮車站附近：屬弱育土(Inceptisols)、(4)奮起湖車站附近：屬弱育土(Inceptisols)、(5)二萬坪車站附近之崩積地：屬弱育土(Inceptisols)、(6)阿里山青年活動中心附近：屬極育土綱(Ultisols)、(7)獨立山車站附近：屬弱育土綱(Inceptisols)、(8)沼平車站附近：屬極育土綱(Ultisols)、(9)第二管制哨內：屬淋澱土(Spodosols)、(10)阿里山氣象站旁：屬極育土綱(Ultisols)、(11)祝山站鐵道旁：屬淋澱土(Spodosols)，其相對位置如圖一所示。



圖一、阿里山森林鐵路沿線附近代表性土壤剖面標本相對位置圖。

表一、阿里山氣象站 1971 至 2000 年之氣候資料

Item	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean	Total
Monthly Mean Temperature (°C)	5.7	6.7	9.0	11.1	12.6	14.0	14.2	14.0	13.3	12.0	9.8	7.1	10.8	
Monthly Mean Max Temperature (°C)	10.9	11.3	13.7	15.6	16.6	18.0	18.8	18.3	18.0	17.4	15.3	12.5	15.5	
Monthly Mean Min Temperature (°C)	1.8	3.0	5.2	7.5	9.4	10.9	10.7	10.8	9.8	8.2	5.8	3.0	7.2	
Monthly Mean Precipitation (mm)	87.8	144.0	161.4	256.8	530.9	711.1	590.0	838.9	344.7	136.1	46.6	61.1	3910.1	
Monthly Mean Relative Humidity (%)	81	85	82	85	90	90	90	93	91	88	84	80	86	

表二、預計採樣之阿里山森林鐵路沿線附近代表性土壤剖面標本位置說明

編號	站名	海拔	採樣位置	土綱名稱¶	大土類名稱¶
P-1	北門站	50	北門站北方 (溪底寮)	新成土	Udifluent
P-2	竹崎站	50	竹崎車站附近	新成土	Udifluent
P-3	木屐寮站	550	木屐寮車站附近	弱育土	Dystrudept
P-4	奮起湖站	1,500	奮起湖車站附近	弱育土	Dystrudept
P-5	二萬坪站	2,000	二萬坪車站附近 之崩積地	弱育土	Dystrudept
P-6	二萬坪站	2,000	阿里山青年活動 中心附近	弱育土	Dystrudept
P-7	獨立山站	850	獨立山車站附近	弱育土	Dystrudept
P-8	沼平站	2,300	車站旁	極育土	Hapludult
P-9	阿里山站	2,320	第二管制哨內	淋澱土	Haplorthod
P-10	--	2,370	阿里山氣象站旁	極育土	Hapludult
P-11	祝山站	2,370	鐵道旁	淋澱土	Haplorthod

¶: Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999)

三、土壤樣體之形態特徵描述

阿里山森林鐵路沿線附近代表性土壤剖面之形態描述列於下表(表三)，其形態特徵分別說明如下，詳細描述說明請參考附錄。

表三、阿里山鐵路沿線土壤樣體之形態特徵描述

Horizon	Depth (cm)	Munsell color	Texture ⁺	Structure [†]	Consistence [§]	Roots [¶]	Boundary ^{&}
P-1(Typic Udifluent)							
Ap	0-14	2.5Y 4/3	LS	1vf&fg	l	fvf&f	d
C1	14-42	2.5Y 4/4	LS	s	l	fvf&f	gs
C2	42-80	2.5Y 5/6	S	s	l	-	d
C3	80-110	2.5Y 4/4	S	s	l	-	d
C4	>110	2.5Y 5/6	S	s	l	-	-
P-2(Typic Udifluent)							
Ap	0-12	2.5Y 4/4	S	s	l	mvf&f	cs
C1	12-40	2.5Y 4/3	S	s	l	fvf&f	cs
C2	40-50	2.5Y 5/2	S	s	l	-	cs
2C1	50-70	2.5Y 4/3	S	s	l	-	cs
2C2	>70	-	-	-	-	-	-
P-3(Typic Dystrudept)							
A	0-18	10YR 3/3	SL	1vf&fg	fri	covf&f	gw
Bw1	18-57	10YR 6/6	SL	1vf&fabk	fri	fm	gw
Bw2	57-100	10YR 4/6	SL	2vf&fabk	fri	covf&f	d
C	>100	-	-	-	-	-	-
P-4(Humic Dystrudept)							
Oe	0-5	10YR 2/1	-	muc	-	mvf&f, fm&c	gs
A	5-20	10YR 3/1	SL	3vf&fg	fri	mvf&f, com	cs
Bw1	20-40	10YR 4/3	L	2vf&fabk	fri, ss&sp	mvf&f, fm	d
Bw2	40-80	10YR 4/4	L	2vf&fabk	fri, ss&sp	-	gw
BC	>80	-	-	-	-	-	-

⁺L=loam; SL=sandy loam; LS=loamy sand; CL=clay loam; SCL=sandy clay loam; C=clay; SiL=silt loam; SiCL: silt clay loam; S=sand. Texture observation in field.

[†]1=weak, 2=moderate, 3=strong; vf=very fine, f=fine, m=medium, c=coarse; g=granular, abk=angular blocky, mas=massive, muc=mucky, s=structureless.

[§]l=loose, fri=friable, fir=firm; ns=non-sticky, np=non-plastic, ss=slightly sticky, sp=slightly plastic, s=sticky, p=plastic.

[¶]m=many, com=comon, f=few; vf=very fine, f=fine, m=medium, c=coarse.

[&]a=abrupt, c=clear, s=smooth, g=gradual, d=diffuse, w=wavy, i=irregular.

(Continued to next page)

表三(續)

Horizon	Depth (cm)	Munsell color	Texture ⁺	Structure [†]	Consistence [§]	Roots [¶]	Boundary ^{&}
P-5(Typic Dystrudept)							
O/A	0-5	7.5YR 2.5/2	-	muc	-	mvf&f,com.	cs
AB	5-25	10YR 4/4	L	2vf&fabk	fri	covf&f,fm	gs
Bw1	25-55	10YR 5/8	L	2vf&fabk	fri	fvf&f	d
Bw2	55-80	7.5YR 6/8	L	2vf&fabk	fri	-	d
C	>80	-	-	-	-	-	-
P-6(Typic Hapludult)							
O/A	0-5	7.5YR 2.5/2	-	muc	-	mvf&f,com.	cs
E	5-20	7.5YR 4/2	SL	1vf&fabk	l	mvf&f	ci
Bt1	20-50	7.5YR 6/8	CL	2vf&fabk	fi,s&p	fvf&f	d
Bt2	50-90	7.5YR 5/8	CL	2vf&fabk	fi,s&p	fvf&f	d
Bt3	90-130	7.5YR 5/8	CL	2vf&fabk	fi,s&p	-	-
P-8(Typic Hapludult)							
O/A	0-5	7.5YR 2.5/1	-	muc	-	mvf&f,fm	cs
E	5-10	10YR 5/3	L	2vf&fabk	fri,ss&sp	mvf&f	gi
Bt1	10-55	10YR 5/8	CL	2vf&fabk	fri,s&sp	fvf&f&c	d
Bt2	55-90	7.5YR 5/8	CL	2vf&fabk	fri,s&sp	fvf&f	d
Bt3	90-120	7.5YR 5/8	CL	2vf&fabk	fri,s&sp	-	-
P-9 (Typic Haplorthod)							
Oa	0-15	7.5YR 3/2	-	muc	-	mvf&f&m	cw
Oe	15-20	7.5YR 2.5/1	-	muc	-	mvf&f&m	as
E	20-29	7.5YR 5/1	SL	s	l	mvf&f	cw
Bs1	29-35	7.5YR 3/4	SiL	2vf&fabk	fri,ss&sp	mvf&f	gw
Bs2	35-50	7.5YR 4/6	SiL	2vf&fabk	fri,ss&sp	mvf&f	gw
2E	50-85	7.5YR 7/1	SL	2vf&fabk	fri,ss&sp	mvf&f	gw
2Bt	85-100	7.5YR 5/6	SiL	2vf&fabk	fri,s&p	covf&f	gw
2BC	100-110	7.5YR 5/8	SiL	2vf&fabk	fri,s&p	covf&f	gw
2C	>110	7.5YR 6/6	S	2vf&fabk	fri	fvf&f	-

⁺L=loam; SL=sandy loam; LS=loamy sand; CL=clay loam; SCL=sandy clay loam; C=clay; SiL=silt loam; SiCL: silt clay loam; S=sand. Texture observation in field.

[†]1=weak, 2=moderate, 3=strong; vf=very fine, f=fine, m=medium, c=coarse; g=granular, abk=angular blocky, mas=massive, muc=mucky, s=structureless.

[§]l=loose, fri=friable, fir=firm; ss=slightly sticky, sp=slightly plastic, s=sticky, p=plastic.

[¶]m=many, com=comon, f=few; vf=very fine, f=fine, m=medium, c=coarse.

[&]a=abrupt, c=clear, s=smooth, g=gradual, d=diffuse, w=wavy, i=irregular.

(Continued to next page)

表三(續)

Horizon	Depth (cm)	Munsell color	Texture ⁺	Structure [†]	Consistence [§]	Roots [¶]	Boundary ^{&}
P-10 (Typic Hapludult)							
O/A	0-5	10YR 3/1	-	muc	-	-	cw
E1	5-13	10YR 6/1	SL	2fg,2vf&fbk	fir	mvf&f,fm	cw
E2	13-26	10YR 7/1	SL	mas	fir	mvf,f&fm	cw
		7.5YR 6/6 (30-40%)					
2E	26-38	5YR 7/1	SL	mas	fir	mf&fm	aw
2BE	38-48	7.5YR 6/8	SiCL	2vf&fabk	fir	fvf&f	g
		5YR 7/1 (10%)					
2Bt1	48-71	7.5YR 6/8	SiCL	2vf,f&mabk	fir,ss&sp	vf	d
2Bt2	71-110	7.5YR 6/8	SiCL	2f&2abk	fir,ss&sp	vf	-
2BC110-130	10YR 5/8	L	L	2vf&fabk	fir	fvf	-
P-11 (Typic Haplorthod)							
Oi	0-5	7.5YR 2.5/1	-	muc	-	mvf&f,comc	d
Oe	5-10	10YR 2/2	-	muc	-	mvf&f,comc	d
Oa	10-20	10YR 2/2	-	muc	-	mvf&f,comc	gs
A	20-35	10YR 2/1	L	2vf&fg	fri	mvf&f	cs
E	35-55	7.5YR 8/1	SL	s	fri	mvf&f,coc	cw
Bs	55-70	7.5YR 4/6	SCL	2vfabk	fri	fvf	d
BC	70-100	7.5YR 5/6	SCL	2vf&fabk	fri,ss&sp	fvf	d
C	>100	-	-	-	-	-	-

⁺L=loam; SL=sandy loam; LS=loamy sand; CL=clay loam; SCL=sandy clay loam; C=clay; SiL=silt loam; SiCL: silt clay loam; S=sand. Texture observation in field.

[†]1=weak, 2=moderate, 3=strong; vf=very fine, f=fine, m=medium, c=coarse; g=granular, abk=angular blocky, mas=massive, muc=mucky, s=structureless.

[§]l=loose, fri=friable, fir=firm; ss=slightly sticky, sp=slightly plastic, s=sticky, p=plastic.

[¶]m=many, com=comon, f=few; vf=very fine, f=fine, m=medium, c=coarse.

[&]a=abrupt, c=clear, s=smooth, g=gradual, d=diffuse, w=wavy, i=irregular.

1. P-1 土壤樣體之土壤樣體形態與環境因子

P-1 土壤樣體位於北門車站附近之溪底寮，海拔高度為 50 公尺，採樣點附近植生為香蕉、木瓜等果樹，排水良好，為砂頁岩沖積土，屬於新成土，土層厚度約 110 公分，土層剖面層序為 Ap—C1—C2—C3—C4，土層 14 公分以上為耕犁層(Ap)，其下則為四層橄欖棕色(2.5 YR 4-5/4-6)之母質層(C1 - C4)，顯示該地區早期受到相當明顯的沖積作用而化育成顏色相近之層積土層。土壤質地表層以及 C1 層為壤質砂土，而其他土層(C2 - C4)則為砂土。土壤構造表層為團粒狀構造，其他土層則無構造。P-1 土壤樣體、植被、地形照片與剖面形態照片如圖二所示。



(a)



(b)

圖二、北門站附近 P-1 土壤樣體之(a)剖面形態與(b)植生照片。

2. P-2 土壤樣體之土壤樣體形態與環境因子

P-2 土壤樣體位於竹崎車站附近，海拔高度為 50 公尺，採樣點附近植生為檳榔，排水良好，母質為砂岩，因地勢較為平坦且位於朴子溪上游沖積河流路徑上，故有多次堆積之現象，屬於新成土，土層厚度約 70 公分，土層剖面層序為 Ap-C1-C2-2C1-2C2，土層 12 公分以上為耕犁層(Ap)，其下則為 28 及 10 公分橄欖棕色(2.5 YR 4-5/2-3)之母質層(C1 與 C2)，而此母質層下方則是另一個堆積序列之母質層(2C1 與 2C2)，明顯地呈現出其二次堆積的現象。土壤質地與構造方面相當均質，所有土層皆為為砂土且無構造。P-2 土壤樣體植被地形照片與剖面形態照片如圖三所示。



(a)



(b)

圖三、竹崎站附近 P-2 土壤樣體之(a)剖面形態與(b)植生照片。

3. P-3 土壤樣體之土壤樣體形態與環境因子

P-3 土壤樣體位於木屐寮車站附近，海拔高度為 550 公尺，採樣點附近植生為檳榔，排水良好，母質為砂岩，土壤化育程度微弱、含石量高，屬於弱育土。土層厚度約 100 公分，土層剖面層序為 A-Bw1-Bw2-C，土層 18 公分以上為礦物質層(A)，其下則為 39 公分厚棕黃色(10 YR 6/6)以及 43 公分厚暗黃棕色(10YR 4~6/6)之變育層(Bw1 與 Bw2)，100 公分以下則為母質層(C)。土壤質地皆為砂壤土，土壤構造方面 A 層為團粒狀及稜塊狀構造，而 Bw1-2 層則為稜塊狀構造。P-3 土壤樣體植被地形照片與剖面形態照片如圖四所示。



(a)



(b)

圖四、木屐寮站附近 P-3 土壤樣體之(a)剖面形態與(b)植生照片。

4. P-4 土壤樣體之土壤樣體形態與環境因子

P-4 土壤樣體位於奮起湖車站附近，海拔高度為 1500 公尺，採樣點附近植生為松樹，排水良好，母質為砂頁岩，土壤化育程度弱、土層淺薄，屬於弱育土，土層厚度約 100 公分，土層剖面層序為 Oe-A-Bw1-Bw2-BC，土壤表層為 5 公分厚之有機質層(Oe)，其下緊接著為土層 20 公分之礦物質層(A)，由於該層厚度大於 18 公分且呈現暗色特徵(色值、色度 <3)，此外亦有良好之團粒狀構造，因此可歸類為黑瘠表育層(Umbric epipedon)，為該地區具有代表性之特殊土層，黑瘠表育層下則為 20 公分厚棕色(10 YR 4/3)以及 40 公分厚暗黃棕色(10YR 4/4)之變育層(Bw1 與 Bw2)，80 公分以下則為變育層與母質層之過渡層(BC)。土壤質地 A 層為砂壤土，Bw1-2 層則為壤土。土壤構造 A 層為明顯的團粒狀構造，Bw1-2 層則為稜塊狀構造。P-4 土壤樣體植被地形照片與剖面形態照片如圖五所示。



(a)



(b)

圖五、奮起湖站 P-4 土壤樣體之(a)剖面形態與(b)植生照片。

5. P-5 土壤樣體之土壤樣體形態與環境因子

P-5 土壤樣體位於二萬坪車站附近之崩積地，海拔高度為 2000 公尺，採樣點附近植生為台灣杉，排水良好，母質為砂頁岩，由於地勢陡峭導致岩石崩積，因此土壤化育之時間較短、化育程度微弱，屬於弱育土，土層厚度約 80 公分，土層剖面層序為 O/A—AB—Bw1—Bw2—C，土壤表層為 5 公分厚之有機質與礦物質混合層(O/A)，其下緊接著為土層 20 公分之礦物質層與變育層之過渡層(AB)，接著則為 30 公分厚棕色(10 YR 5/8)以及 25 公分厚暗黃棕色(7.5YR 6/8)之變育層(Bw1 與 Bw2)，80 公分以下則為母質層(C)。土壤質地皆為壤土，土壤構造則為稜塊狀構造。P-5 土壤樣體植被地形照片與剖面形態照片如圖六所示。



(a)



(b)

圖六、二萬坪站崩積地 P-5 土壤樣體之(a)剖面形態與(b)植生照片。

6. P-6 土壤樣體之土壤樣體形態與環境因子

P-6 土壤樣體位於阿里山青年活動中心附近，海拔高度為 2000 公尺，採樣點附近植生為台灣杉，排水良好，母質為砂頁岩，受到阿里山地區強烈降雨特性之影響，淋洗作用旺盛、土壤快速且強烈風化，在現地可觀察土層上部出現洗出層(E)，下部則出現明顯的黏粒洗入層，定義為黏聚層(Bt)，屬於極育土。土層厚度約 130 公分，土層剖面層序為 O/A-E-Bt1-Bt2-Bt3，土壤表層為 5 公分厚之有機質與礦物質混合層(O/A)，其下緊接著為土層 15 公分之洗出層(E)，接著則為 30 公分厚紅黃色(7.5 YR 6/8)以及兩層 40 公分厚暗棕色(7.5YR 5/8)之黏聚層(Bt1, Bt2 與 Bt3)，130 公分以下則為變育層與母質母質層之過渡層(BC)。土壤質地 E 層屬於砂壤土，Bt1 至 Bt3 層則為黏壤土，土壤構造則皆為稜塊狀構造。P-5 土壤樣體植被地形照片與剖面形態照片如圖七所示。



(a)

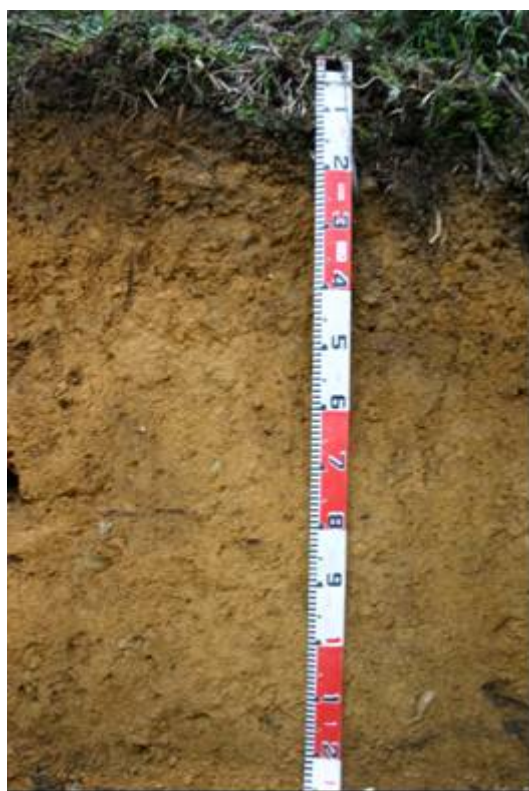


(b)

圖七、阿里山青年活動中心 P-6 土壤樣體之(a)剖面形態與(b)植生照片。

7. P-8 土壤樣體之土壤樣體形態與環境因子

P-8 土壤樣體位於沼平車站附近，海拔高度為 2300 公尺，採樣點附近植生為台灣杉，排水良好，母質為砂頁岩，同樣受到阿里山地區強烈降雨特性之影響，淋洗作用旺盛、土壤快速且強烈風化，洗出作用較不明顯僅出現淺薄之洗出層(E)，但下部則出現黏粒洗入層，顯示已有明顯洗入作用發生，屬於極育土，土層厚度約 120 公分，土層剖面層序為 O/A-E-Bt1-Bt2-Bt3。土壤表層為 5 公分厚之有機質與礦物質混合層(O/A)，其下緊接著為土層 15 公分之洗出層(E)，接著則為 30 公分厚紅黃色(7.5 YR 6/8)以及兩層 40 公分厚暗棕色(7.5YR 5/8)之黏聚層(Bt1, Bt2 與 Bt3)，120 公分以下則為變育層與母質層之過渡層(BC)。土壤質地 E 層為壤土，Bt1 至 Bt3 層則為黏壤土，土壤構造則皆為稜塊狀構造。P-5 土壤樣體植被地形照片與剖面形態照片如圖八所示。



(a)

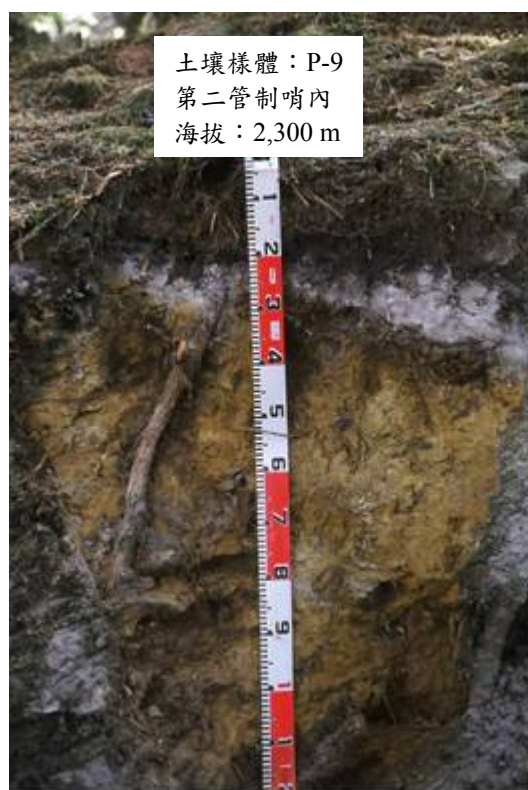


(b)

圖八、沼平站 P-8 土壤樣體之(a)剖面形態與(b)植生照片。

8. P-9 土壤樣體之土壤樣體形態與環境因子

P-9 樣體位於祝山趾坡(footslope)第二管制哨內，海拔高度為 2,300 公尺，位於林道旁，坡度約 11 度，坡向為西北向，採樣點附近植生為紅檜、柳杉與苔蘚為主，排水良好，母質為砂岩，因附近較為平坦且位居趾坡，故有多次堆積，土層厚度大於 110 公分，土層層序為 Oa—Oe—E—Bs1—Bs2—2E—2Bt—2BC—2C，土層 50 公分以上為堆積土層，此堆積土層在形態上已具有一清楚明顯之漂白層與淋澱層。此土壤表層僅薄薄 5 公分之有機質層(Oa)，其下為灰色(7.5 YR 7/1)之漂白層(2E)，29 公分以下則為暗棕色(7.5 YR 3/4)之 Bs1 以及亮棕色(7.5 YR 4/6)之 Bs2 所構成之淋澱層。表層之土壤質地為壤土，漂白層則轉為砂質壤土，淋澱層為坩壤土。表層與淋澱層之土壤構造均為團粒構造，漂白層則為無構造且相當鬆。整個土壤有相當粗之樹根貫穿，亦有多量極細根分布其中。P-9 土壤樣體植被地形照片與剖面形態照片如圖九所示。



(a)

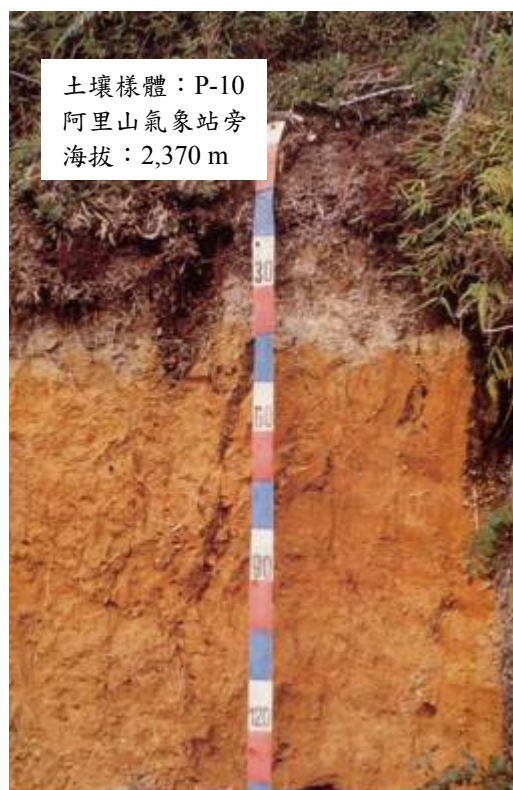


(b)

圖九、第二管制哨內 P-9 土壤樣體之(a)剖面形態與(b)植生照片。

9. P-10 土壤樣體之土壤樣體形態與環境因子

P-10 樣體位於阿里山氣象站旁，海拔高度為 2,370 公尺，採樣點附近植生為紅杉、扁柏、蕨類、野牡丹、竹子及芒草，排水良好，母質為砂岩和頁岩，土層厚度約為 130 公分，土層層序為 A-E1-E2-2E-2BE-2Bt1-2Bt2-2BC。此土壤表層 5 公分為淡色表育層，5-38 公分為灰白(Albic)診斷層，48-110 公分為粘聚(Argillic)診斷層。土層之表層 0-5 公分為深暗灰色(10YR 3/1)之壤土，5-13 公分為灰色(10YR 6/1)之砂質壤土，13-26 公分為淺灰色(10YR 7/1)帶 30-40%紅黃色(7.5YR 6/6)斑點之砂質壤土，26-38 公分為淺灰色(5YR 7/1)帶灰色(10YR 7/1)斑點之砂質壤土，38-48 公分為紅黃色(7.5YR 6/8)帶 10%淺灰色(5YR 7/1)之坩質粘壤土，48-71 公分為紅黃色(7.5YR 6/8)之坩質粘壤土，71-110 公分為紅黃色(7.5YR 6/8)之坩質粘壤土，110-130 公分為黃棕色(10YR 5/8)之壤土。土壤構造表層為團粒構造，漂白層(E2 與 2E)則整塊狀構造(massive)，E1、2BE、2Bt1 及 2Bt2 則皆為稜塊狀及團粒構造。P-10 土壤樣體植被地形照片與剖面形態照片如圖十所示。



(a)

(b)

圖十、阿里山氣象站 P-10 土壤樣體之(a)剖面形態與(b)植生照片。

10. P-11 土壤樣體之土壤樣體形態與環境因子

P-11 土壤樣體位於祝山山頂(summit)祝山站鐵道旁，海拔高度為 2370 公尺，採樣點附近植生為紅檜、柳杉、玉山矢竹與苔蘚，排水良好，母質為砂頁岩，屬於淋澱土，土層厚度約 100 公分，土層剖面層序為 Oi—Oe—Oa—A—E—Bs—BC—C，表層土壤有一厚達 20 公分的有機層(Oi, Oe, Oa)，表育層(A)層僅 5 公分厚，其下為一 10 公分之灰色(7.5 YR 5/1)且帶有棕色(7.5 YR 4/2)斑紋之漂白層(E)，漂白層下方為一亮棕色(7.5 YR 4/6)之薄淋澱層(Bs)，厚度只有 5 公分，淋澱層下有一厚度 22 公分之 BC 層，BC 層下接 C 層，此層可清晰辨識未風化之土壤母岩，而以手摩擦或板開即可破壞之，碎屑為細砂。土壤質地表層為壤土，由漂白層(EA 與 E)均為砂質壤土，而淋澱層至 C 層則為砂質壤土至砂質黏壤土之質地。土壤構造表層為稜塊狀構造，漂白層(EA 與 E)則無構造，淋澱層至 C 層皆為稜塊狀構造，表層含有多量植物根，隨深度遞減。P-11 土壤樣體植被地形照片與剖面形態照片如圖十一所示。



(a)



(b)

圖十一、祝山站鐵道旁 P-11 土壤樣體之(a)剖面形態與(b)植生照片。

四、土壤基本性質之分析結果

土壤基本性質分析結果列於表四，依照阿里山森林鐵路沿線之土壤剖面形態特徵大致可分為四類，分別為：(一)平地沖積新成土(二)山坡地弱育土；(三)高山地極育土；以及(四)高山地淋澱土，茲按照上述土壤特性加以討論。

(一)平地沖積新成土

主要形態特徵類似北門車站附近之溪底寮(P-1)與竹崎車站附近(P-2)之土壤樣體，其位於低海拔且較為平緩的平地，土壤化育早期應該位於河流沖積地上，經過河流的沖積作用而慢慢堆積成現今之土壤，而沖積土主要土壤性質特徵為：土層底部具均質細砂質地、土層連續堆積、土壤剖面有機碳含量與深度趨勢變動不規則。

(二)山坡地弱育土

主要形態特徵類似木屐寮車站(P-3)、奮起湖車站(P-4)以及二萬坪車站附近(P-5)，由於台灣山區地形陡峭，土壤沖蝕作用旺盛，導致山坡地土壤化育作用較弱，土壤厚度較為淺薄，有些地區甚至容易發生崩積現象(P-5)，而山坡地弱育土其主要土壤性質為：土層下部含有不均質粗顆粒石礫、土壤構造不明顯、土層質地變異不大、有機碳含量隨深度遞減。

(三)高山地極育土

主要形態特徵類似二萬坪車站阿里山青年活動中心附近(P-6)、沼平車站附近(P-8)以及阿里山氣象站旁(P-10)，此類土壤為阿里山高山地區主要的土壤種類，受到強烈降雨之影響導致淋洗作用強烈，強烈的洗入作用造成土壤黏粒以及鐵物質明顯地洗入下層土層，形成土壤洗入層呈現紅黃色之土壤形態，而部分淋洗強烈之地區更會發育出明顯之洗出漂白E層(P-10)，而高山極育土其主要土壤性質為：洗入層(Bt)黏粒含量增加明顯、低pH值、低鹽基飽和度、土層厚實且含石量低。

(四)高山地淋澱土

主要形態特徵類似第二管制哨內(P-9)以及祝山站鐵道旁(P-11)，此類土壤為台灣高山森林特有之土壤，其主要之風化作用為淋澱化作用(podzolization)，所謂淋澱化作用意指有機物質與土壤中之鐵(或鋁)物質形成錯合物，隨著淋洗作用到達洗入層堆積的現象，通常必須存在於冷涼潮濕以及豐富的森林植被下。典型的淋澱化作用會導致土壤洗入層呈現暗紅棕色之土壤形態，由於台灣地區土壤質地較為黏重，水分移動較為困難，因此要化育達淋澱土之條件較為不易，因此此類土壤僅出現於部分地勢平坦的區域，而高山淋澱土其主要土壤性質為：洗入層有機碳含量明顯增加、低pH值、低鹽基飽和度、通常具有明顯且厚實之灰白色洗出層。

表四、阿里山鐵路沿線土壤樣體理化性質之分析結果

Horizon	Depth (cm)	Total			Texture	pH		CEC* cmol ₍₊₎ /kg	BSP# -----%	Organic C.
		sand	silt	clay		H ₂ O	KCl			
P-1(Typic Udifluent)										
Ap	0-14	812	154	34	LS	5.8	5.5	6.2	22	1.2
C1	14-42	823	136	41	LS	6.0	5.8	4.1	31	0.8
C2	42-80	877	79	44	S	6.0	5.8	2.2	27	1.4
C3	80-110	911	51	38	S	6.1	5.8	2.1	21	0.2
C4	>110	884	76	40	S	6.2	5.9	2.1	33	0.7
P-2(Typic Udifluent)										
Ap	0-12	891	82	27	S	6.3	6.1	4.5	33	0.8
C1	12-40	877	92	31	S	6.4	6.0	4.1	31	0.2
C2	40-50	927	40	33	S	6.1	6.0	2.0	22	0.6
2C1	50-70	868	106	26	S	6.3	6.1	2.5	43	0.1
2C2	>70	- ^{&}	-	-	-	6.3	6.0	2.1	21	0.2
P-3(Typic Dystrudept)										
A	0-18	631	228	141	SL	5.5	5.1	9.6	15	1.3
Bw1	18-57	655	258	87	SL	6.1	5.8	7.5	11	0.4
Bw2	57-100	657	262	81	SL	6.0	5.8	7.7	8	0.6
C	>100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P-4(Humic Dystrudept)										
O	0-5	-	-	-	-	5.1	4.5	13.2	35	11.5
A	5-20	663	209	128	SL	5.3	5.0	11.5	27	4.4
Bw1	20-40	457	392	151	L	5.5	5.1	9.1	12	0.8
Bw2	40-80	488	369	143	L	5.5	5.0	8.6	13	0.5
BC	>80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P-5(Typic Dystrudept)										
O/A	0-5	-	-	-	-	4.8	4.3	10.8	12	13.2
AB	5-25	453	433	114	L	5.1	4.7	8.1	5	1.7
Bw1	25-55	401	398	201	L	5.3	4.8	9.6	3	0.7
Bw2	55-80	411	400	189	L	5.3	4.8	8.8	3	0.8
C	>80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P-6(Typic Hapludult)										
O/A	0-5	-	-	-	-	3.9	3.0	19.6	5	10.6
E	5-20	601	248	151	SL	4.3	3.7	9.2	3	5.2
Bt1	20-50	381	331	288	CL	4.6	3.9	14.3	2	0.9
Bt2	50-90	355	344	301	CL	4.8	3.9	13.1	2	1.6
Bt3	90-130	341	353	306	CL	4.8	4.1	13.4	2	0.8

*: CEC, cation exchange capacity.

#: BSP, base saturation percentage.

&: no data

表四(續)

Horizon	Depth (cm)	Total			Texture	pH		CEC* cmol ₍₊₎ /kg	BSP -----%	Organic C.
		----- sand	silt	clay		H ₂ O	KCl			
P-8(Typic Hapludult)										
O/A	0-5	-	-	-	-	3.4	2.7	22.9	4	8.2
E	5-10	456	336	209	L	3.9	2.9	8.4	5	1.9
Bt1	10-55	328	359	313	CL	4.6	3.3	14.0	4	2.7
Bt2	55-90	342	319	339	CL	4.6	3.5	14.6	5	2.7
Bt3	90-120	357	339	304	CL	4.8	3.7	12.5	5	2.3
P-9 (Typic Haplorthod)										
Oa	0-15	-	-	-	-	4.4	4.1	20.9	2	15.2
Oe	15-20	-	-	-	-	3.8	3.6	27.8	3	21.0
E	20-29	754	216	30	LS	3.8	3.9	1.8	3	0.4
Bs1	29-35	679	203	118	SL	3.8	3.8	12.2	1	1.0
Bs2	35-50	591	247	163	SL	4.0	3.9	12.4	1	0.7
2E	50-85	688	233	89	SL	4.2	4.2	4.7	1	0.3
2Bt	85-100	649	203	148	SL	4.3	4.2	9.8	1	0.5
2BC	100-110	622	230	148	SL	4.4	4.3	7.9	1	0.5
2C	>110	780	160	60	LS	4.4	4.5	7.4	1	0.2
P-10 (Typic Hapludult)										
O/A	0-5	-	-	-	-	3.6	3.1	42.7	6	9.4
E1	5-13	560	362	78	SL	4.1	3.8	8.7	1	2.1
E2	13-26	613	255	132	SL	4.1	3.8	7.5	4	1.0
2E	26-38	417	423	160	L	4.3	3.5	8.1	2	1.4
2BE	38-48	430	389	181	L	4.6	3.5	14.4	2	0.8
2Bt1	48-71	418	308	274	CL	4.7	3.3	21.7	1	0.4
2Bt2	71-110	339	382	279	CL	5.0	3.6	17.3	1	0.5
2BC	110-130	613	215	172	SL	5.1	3.5	6.5	4	0.5
P-11 (Typic Haplorthod)										
Oi	0-5	-	-	-	-	3.5	2.9	28.9	13	15.8
Oe	5-10	-	-	-	-	3.1	2.9	31.2	8	21.2
Oa	10-20	-	-	-	-	3.2	2.8	29.6	4	20.3
A	20-35	587	282	131	S	3.7	3.1	20.5	1	11.3
E	35-55	769	188	42	LS	3.7	3.6	3.3	2	0.5
Bs	55-70	702	183	115	LS	4.1	4.0	15.0	1	2.0
BC	70-100	707	164	130	LS	4.3	4.1	14.1	1	1.9
C	>100	-	-	-	-	4.7	4.3	7.7	1	0.9

*: CEC, cation exchange capacity.

#: BSP, base saturation percentage.

&: no data

五、土壤分類之結果

依照美國土壤分類系統(Soil Survey Staff, 2003)，阿里山鐵路沿線之平地沖積新成土，由於不具土壤構造之化育層，但具有明顯的河流沖積作用，因此可以歸類為典型濕潤沖積新成土(Typic Udifluvents)，其包含了北門車站附近之溪底寮(P-1)、竹崎車站附近(P-2)。

山坡地弱育土由於土層化育程度較弱，鹽基飽和度較低，但是土層厚度大於 50 公分，因此可以歸類為典型低鹽基濕潤弱育土(Typic Dystrudepts)，其包含了木屐寮車站(P-3)及二萬坪車站附近(P-5)之土壤樣體，而弱育土中較為特別的為奮起湖車站(P-4)附近之土壤，其具有較厚(>18 cm)之礦物質層(A)，因此具有黑瘠表育層(Umbric epipedon)，歸類為腐質低鹽基濕潤弱育土(Humic Dystrudepts)。

在高山地極育土方面由於土層厚度皆不足 150 公分，因此歸類為典型簡育濕潤極育土(Typic Hapludults)，其包含阿里山青年活動中心附近(P-6)、沼平車站附近(P-8)以及阿里山氣象站旁(P-10) 之土壤樣體。

在高山地淋澱土部分同樣土層厚度不足 150 公分且無冰凍、浸水以及高含量腐植質特性，因此歸類為典型簡育正常淋澱土(Typic Haplorthods)，其包含第二管制哨內(P-9)以及祝山站鐵道旁(P-11) 之土壤樣體。

第五章、結論

由於 93 年 6 月至 10 月期間受到颱風、氣候條件不佳及阿里山公路中斷的影響，造成土壤剖面標本之品質不佳及採樣之工作進度落後，因此部分化學分析結果(選擇性化學性質)，以及部分剖面標本製作無法如期完成，但土壤之基本資訊已經大致建立完成。

阿里山森林鐵路沿線之土壤剖面形態特徵大致可分為 4 類，分別為平地沖積新成土、山坡地弱育土、高山極育土以及高山淋澱土，依照美國土壤分類系統(Soil Survey Staff, 2003)，可將平地沖積新成土分類為典型濕潤沖積新成土(Typic Udifluent)，山坡地弱育土分類為典型低鹽基濕潤弱育土(Typic Dystrudepts)及腐質低鹽基濕潤弱育土(Humic Dystrudepts)，高山極育土分類為典型簡育濕潤極育土(Typic Hapludults)，而高山淋澱土則屬於典型簡育正常淋澱土(Typic Haplorthods)。

第六章、參考文獻

- 王一雄、陳尊賢、李達源 (編)。2001。土壤資源利用與保育。國立空中大學印行。335頁。臺北縣。
- 陳尊賢。2000。台灣的土壤。鄉土文化專輯:地理篇之一: <揭開福爾摩沙的面紗: 台灣的自然地理>-第五章。台灣省政府教育廳。pp. 85-106.
- 陳尊賢。1997。人不親土親--土壤的故事。 <自然地理: 地景篇>。大自然季刊 57 期: 70-77.
- 陳尊賢、許正一。2002。台灣的土壤。遠足文化出版社。175 頁。ISBN 986-80154-4-8.
- 陳尊賢、蔡呈奇。2000。臺灣地區淋澱化土的形態特徵與分類。土壤與環境 3:49-62.
- 許正一、陳尊賢、蔡呈奇、崔君至。 2001。以微形態學探討南仁山區熱帶森林土壤之化育作用。台灣林業科學 16(1):25-38。
- 林經維。2000。祝山與萬歲山區土壤特性、化育與分類。國立臺灣大學農業化學研究所碩士論文。
- 邱春媚。2004。嘉義祝山地區砂質與壤質淋澱土土壤之特性與化育作用。國立臺灣大學農業化學研究所碩士論文。
- 茹皆耀、孟華。1947。臺中縣之土壤。臺灣省農業試驗所報告第六號。
- 蔣先覺。1990。臺灣灰土之特性、化育與分類。國立臺灣大學森林研究所碩士論文。
- Blake, G.R., and K.H. Hartage 1986. Bulk density. pp.363-375. In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis, part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Agronomy monograph. Madison, WI.
- Bockheim, J.G. 2003. Genesis of Bisequal soils on acidic drift in the upper Great Lakes Region, U.S.A. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:612-619.
- Bullock, P.N., and B. Clayden. 1980. The morphological properties of Spodosols. pp. 45-65. In B.K.G. Theng (ed.) Soils with variable charge. New Zealand Society of Soil Science, Soils Bureau, Department of Science and Industrial Research, Lower Hutt, New Zealand.
- Chen, Z.S., and H.C. Chiang. 1995. Soil characteristics, genesis, and classification of some forest soils in Taiwan. Vol. 1: 63-78. In: A. Schulte and D. Ruhayat (eds.). Proceedings of Soils of Tropical Forest Ecosystems (Third International Conference on Forest Soils). Oct. 29 - Nov. 3, 1995. Balikpapan, Indonesia.
- Chen, Z.S., J.C. Liu, and H.C. Chiang. 1995. Soil properties, clay mineralogy, and genesis of some alpine forest soils in Ho-Huan Mountain area of Taiwan. J. Chinese Agric. Chem. Soc. 33: 1-17.
- Gee, G.W, and J.W. Bauder. 1986. Partical-size analysis. pp.383-411. In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis, part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd ed.

- Agronomy monograph. Madsion, WI.
- Hseu, Z. Y., Z. S. Chen, and Z. D. Wu. 1999. Characterization of placic horizons in two subalpine Inceptisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:941-947
- Hseu, Z.Y., C. C. Tsai, C.W. Lin, and Z.S. Chen. 2004. Transitional soil characteristics between Ultisols and Spodosols in the subalpine forest of Taiwan. *Soil Sci.* 169: 457-467
- Li, S. Y., Z. S. Chen, and J.C. Liu. 1998. Subalpine loamy Spodosols in central Taiwan: Characteristics, micromorphology, and genesis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 710-716.
- Lin, C.W., Z. Y. Hseu, and Z. S. Chen. 2002. Clay Mineralogy of Spodosols with high clay contents in the Subalpine Forests of Taiwan. *Clays Clay Miner.* 50: 726-735
- Liu, J. C., and Z. S. Chen. 2004. Soil characteristics and clay mineralogy of two Spodosols in central Taiwan. *Soil Sci.* 169: 66-80.
- Loveland, P.J, and P. Digby. 1984. The extraction of Fe and Al by 0.1 M pyrophosphate solutions: a comparison of some techniques. *J. Soil. Sci.* 35:243-250.
- Mckeague, J. A., F. DeConnick, and D.P. Franzmeier. 1983. Spodosols. pp.217-252. *In* L.P. Wilding, N.E. Smeck, and G.F. Hall (eds.) *Pedogenesis and Soil Taxonomy, II. The soil orders.* Elsevier Sci. Publ. Comp., New York, U.S.A and Amsterdam, The Netherlands.
- Mclean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. pp.199-244. *In* A.L. Page et al. (eds.) *Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties.* 2nd ed. Agronomy monograph. Madsion, WI.
- Mehra, O.P, and M.L. Jackson. 1960. Iron oxides removed from soils and clays by s dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.* 7:317-327.
- Mokma, D.L., and P. Buurman. 1982. Podzols and podzolization in temperate regions, ISM Monograh 1. International Soil Museum, Wageningen, The Netherlands.
- Nelson, D.W., and L.E. Sommer. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. pp.539-577. *In* A.L. Page et al. (eds.) *Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties.* 2nd ed. Agronomy monograph. Madsion, WI.
- SchEtzl, R.J., and S.A. Isard. 1996. Regional-scale relationship between climate and strength of podzolization in the Great Lakes Region, North America. *Catena* 28:47-69.
- Soil Survey Division Staff. 1993. *Soil Survey Manual.* USDA. Handb. No. 18. U. S. Govent. Print. Office, Washington, D. C.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.* 2nd ed. USDA-NRCS Agric. Hankb. 436. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Soil Survey Staff. 2003. *Keys to Soil Taxonomy.* 9th Edition. NRCS-USDA, Washington, D. C.

- Stanley, S.R., and E.J. Ciolkosz. 1981. Classification and genesis of Spodosols in the central Appalachians. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:912-917.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cation. pp.149-157. *In* A.L. Page et al. (eds.) *Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties.* 2nd ed. Agronomy monograph. Madsion, WI.
- Tsai, C. C., and Z. S. Chen. 2000. Lithologic discontinuity of Ultisols along a toposequence in Taiwan. *Soil Sci.* 165: 587-596.
- Tsui, C. C., C. F. Hseih, and Z. S. Chen. 2004. Relationship between soil properties and landscape in a lowland rain forest of southern Taiwan. *Geoderma* 123: 131-142.
- Ugolini, F.C., R. Dahlgren., S. Shoji., and T. Ito. 1988. An example of andoslization and podzolization as revealed by soil solution studies, south Hakkoda, northeastern Japan. *Soil Sci.* 145:111-125.
- Wu, S. P., and Z. S. Chen. 2005. Soil characteristics and genesis of Inceptisols with placic horizon in subalpine forest soils of Taiwan. *Geoderma* 125 (In press).

附錄_B pp 57-66 剖面形態描述 2004 1224

Pedon No : P-1

Classification : Typic Udifluent

Location : 溪底寮

Parent material : 砂頁岩

Vegetation : 香蕉、木瓜

Elevation : 50 m

Physiographic position : 沖積平原(floodplain)

Drainage : well

Soil moisture regime : udic

Soil temperature regime : hyperthermic

Diagnostic epipedon : ochric epipedon

Diagnostic horizon : cambic horizon

Described by : 簡士濠

Sampling by : 簡水潭、張銘澤、江志峰、葉明智、簡士濠、賴允傑、陳詩文

- | | | |
|----|----------|--|
| Ap | 0-14cm | 2.5Y 4/3 (olive brown); loamy sand; weak very fine & fine granular structure; loose; few very fine & fine roots; diffuse boundary. |
| C1 | 14-42cm | 2.5Y 4/4 (olive brown); loamy sand; weak very fine & fine granular structure; loose; diffuse boundary. |
| C2 | 42-80cm | 2.5Y 5/6 (light olive brown); sand; structureless; loose; diffuse boundary. |
| C3 | 80-110cm | 2.5Y 4/4 (olive brown); sand; structureless; loose; diffuse boundary. |
| C4 | >110cm | 2.5Y 5/6(light olive brown); sand; structureless; loose. |

Pedon No : P-2

Classification : Typic Udifluent

Location : 竹崎車站

Parent material : 砂頁岩

Vegetation : 檳榔

Elevation : 50 m

Physiographic position : 沖積平原(floodplain)

Drainage : good (well)

Soil moisture regime : udic

Soil temperature regime : hyperthermic

Diagnostic epipedon : ochric epipedon

Diagnostic horizon : cambic horizon

Described by : 簡士濠

Sampling by : 簡水潭、張銘澤、江志峰、葉明智、簡士濠、賴允傑、陳詩文

Ap	0-12cm	2.5Y 4/4 (olive brown); sand; structureless; loose; many very fine & fine roots; clear smooth boundary.
C1	12-40cm	2.5Y 4/3 (olive brown); sand; structureless; loose; few very fine & fine roots; clear smooth boundary.
C2	40-50cm	2.5Y 5/2 (grayish brown); sand; structureless; loose; clear smooth boundary.
2C1	50-70cm	2.5Y 4/3 (olive brown); sand; structureless; loose; clear smooth boundary.
2C2	>70cm	

Pedon No : P-3

Classification : Typic Dystrudept

Location : 木屐寮車站

Parent material : 砂岩

Vegetation : 檳榔

Elevation : 550 m

Physiographic position : 背坡(backslope)

Drainage : good (well)

Soil moisture regime : udic

Soil temperature regime : hyperthermic

Diagnostic epipedon : ochric epipedon

Diagnostic horizon : cambic horizon

Described by : 簡士濠

Sampling by : 簡水潭、張銘澤、江志峰、葉明智、簡士濠、賴允傑、陳詩文

- A 0-18cm 10YR 3/3 (dark brown); sandy loam; weak very fine & fine granular structure parting to weak very fine & fine angular blocky structure; friable; common very fine & fine roots; gradual wave boundary.
- Bw1 18-57cm 10YR 6/6(brownish yellow); sandy loam; weak very fine & fine angular blocky structure; friable; few medium roots; gradual wave boundary.
- Bw2 57-100cm 10YR 6/6 (brownish yellow); sandy loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; common very fine & fine roots; diffuse boundary.
- C >100cm

Pedon No : P-4

Classification : Humic Dystrudept

Location : 奮起湖車站

Parent material : 砂頁岩

Vegetation : 松樹

Elevation : 1500 m

Physiographic position : 背坡(backslope)

Drainage : good (well)

Soil moisture regime : udic

Soil temperature regime : mesic

Diagnostic epipedon : umbric epipedon

Diagnostic horizon : cambic horizon

Described by : 吳森博

Sampling by : 簡水潭、張銘澤、江志峰、葉明智、簡士濠、賴允傑、陳詩文

Oe	0-5cm	10YR 2/1(black); mucky; many very fine & fine and few medium & coarse roots; gradual smooth boundary.
A	5-20cm	10YR 3/1(very dark gray); sandy loam; strong very fine & fine granular structure; friable; many very fine & fine and common medium roots; clear smooth boundary.
Bw1	20-40cm	10YR 4/3(brown); loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; slightly sticky & slightly plastic; many very fine & fine and few medium roots; diffuse boundary.
Bw2	40-80cm	10YR 4/4(dark yellowish brown); loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; slightly sticky & slightly plastic; gradual wave boundary.
BC	>80cm	

Pedon No : P-5

Classification : Typic Dystrudept

Location : 二萬坪車站附近崩積地

Parent material : 砂頁岩

Vegetation : 台灣杉

Elevation : 2000 m

Physiographic position : 山肩(shoulder)

Drainage : well

Soil moisture regime : udic

Soil temperature regime : mesic

Diagnostic epipedon : ochric epipedon

Diagnostic horizon : cambic horizon

Described by : 吳森博

Sampling by : 簡水潭、張銘澤、江志峰、葉明智、簡士濠、賴允傑、陳詩文

O/A 0-5cm	7.5YR 2.5/2(black); mucky; many very fine & fine and common medium roots; clear smooth boundary.
AB 5-25cm	10YR 4/4(dark yellowish brown); loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; common very fine & fine and few medium roots; gradual smooth boundary.
Bw1 25-55cm	10YR 5/8(yellowish brown); loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; few very fine & fine roots; diffuse boundary.
Bw2 55-80cm	7.5YR 6/8(reddish yellow); loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; diffuse boundary.
C >80cm	

Pedon No : P-6

Classification : Typic Hapludult

Location : 阿里山青年活動中心

Parent material : 砂頁岩

Vegetation : 台灣杉

Elevation : 2000 m

Physiographic position : 山肩 (shoulder)

Drainage : well

Soil moisture regime : udic

Soil temperature regime : mesic

Diagnostic epipedon : ochric epipedon

Diagnostic horizon : argillic horizon

Described by : 吳森博

Sampling by : 簡水潭、張銘澤、江志峰、葉明智、簡士濠、賴允傑、陳詩文

O/A 0-5cm 7.5YR 2.5/2(very dark brown); mucky; many very fine & fine and common medium roots; clear smooth boundary.

E 5-20cm 7.5YR 4/2(brown); sandy loam; weak very fine & fine angular blocky structure; loose; many very fine & fine roots; clear irregular boundary.

Bt1 20-50cm 7.5YR 6/8(reddish yellow); clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; sticky & plastic; few very fine & fine roots; diffuse boundary.

Bt2 50-90cm 7.5YR 5/8(strong brown); clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; sticky & plastic; few very fine & fine roots; diffuse boundary.

Bt3 90-130cm 7.5YR 5/8(strong brown); clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; sticky & plastic.

Pedon No : P-8

Classification : Typic Hapludult

Location : 沼平車站

Parent material : 砂頁岩

Vegetation : 台灣杉

Elevation : 2300 m

Physiographic position : 山肩(shoulder)

Drainage : good

Soil moisture regime : udic

Soil temperature regime : mesic

Diagnostic epipedon : ochric epipedon

Diagnostic horizon : argillic horizon

Described by : 吳森博

Sampling by : 簡水潭、張銘澤、江志峰、葉明智、吳森博、黃正介、廖偉志

O/A	0-5cm	7.5YR 2.5/1(black); mucky; many very fine & fine and few medium roots; clear smooth boundary.
E	5-10cm	10YR 5/3(brown); loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; slightly sticky & slightly plastic; many very fine & fine roots; gradual irregular boundary.
Bt1	10-55cm	10YR 5/8(yellowish brown); clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; sticky & slightly plastic; few very fine & fine & coarse roots; diffuse boundary.
Bt2	55-90cm	7.5YR 5/8(strong brown); clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; sticky & slightly plastic; few very fine & fine roots; diffuse boundary.
Bt3	90-120cm	7.5YR 5/8(strong brown); clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; sticky & slightly plastic.

Pedon No : P-9

Classification : Typic Haplorthod

Location : 第二管制哨

Parent material : 砂頁岩

Vegetation : 紅檜、柳杉與苔蘚

Elevation : 2300 m

Physiographic position : 山肩 (shoulder)

Drainage : good

Soil moisture regime : udic

Soil temperature regime : mesic

Diagnostic epipedon : ochric epipedon

Diagnostic horizon : spodic horizon, argillic horizon

Described by : 蔡呈奇

Sampling by : 簡水潭、張銘澤、江志峰、葉明智、蔡呈奇、吳森博、簡士濠

Oa	0-15cm	7.5YR 3/2(very dark grayish brown); mucky; many very fine & fine & medium roots; clear wave boundary.
Oe	15-20cm	7.5YR 2.5/1(black); mucky; many very fine & fine & medium roots; abrupt smooth boundary.
E	20-29cm	7.5YR 5/1(brown); sandy loam; structureless; loose; many very fine & fine roots; clear wave boundary.
Bs1	29-35cm	7.5YR 3/4(dark brown); silty clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; slightly sticky & slightly plastic; many very fine & fine roots; gradual wave boundary.
Bs2	35-50cm	7.5YR 4/6(strong brown); silty clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; slightly sticky & slightly plastic; many very fine & fine roots; gradual wave boundary.
2E	50-85cm	7.5YR 7/1(light gray); sandy loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; slightly sticky & slightly plastic; many very fine & fine roots; gradual wave boundary.
2Bt	85-100cm	7.5YR 5/6(strong brown); silty clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; sticky & plastic; common very fine & fine roots; gradual wave boundary.
2BC	100-110cm	7.5YR 5/8(strong brown); silty clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; sticky & plastic; common very fine & fine roots; gradual wave boundary.
2C	>110cm	7.5YR 6/6(reddish yellow); sand; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; few very fine & fine roots.

Pedon No : P-10

Classification : Typic Hapludult

Location : 阿里山氣象站

Parent material : 砂頁岩

Vegetation : 台灣杉

Elevation : 2300 m

Physiographic position : 山頂(summit)

Drainage : good

Soil moisture regime : udic

Soil temperature regime : mesic

Diagnostic epipedon : ochric epipedon

Diagnostic horizon : argillic horizon

Described by : 吳森博、簡士濠

Sampling by : 簡水潭、張銘澤、江志峰、葉明智、吳森博、簡士濠、李家興

O/A	0-5cm	10YR 3/1(very dark gray); mucky; many very fine & fine and few medium roots; clear wave boundary.
E1	5-13cm	10YR 6/1(gray); sandy loam; moderate very fine & fine granular structure parting to moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; many very fine & fine and few medium roots ; clear wave boundary.
E2	13-26cm	10YR 7/1(light gray), 7.5YR 6/6(brownish yellow)(30-40%); sandy loam; massive structure; friable; many very fine & fine and few medium roots ; clear wave boundary.
2E	26-38cm	5YR 7/1(light gray); sandy loam; massive structure; friable; many fine and few medium roots; abrupt wave boundary.
2BE	38-48cm	7.5YR 6/8(reddish yellow), 5YR 7/1(light gray)(10%); silty clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; few very fine and fine roots; gradual wave boundary.
2Bt1	48-71cm	7.5YR 6/8(reddish yellow); silty clay loam; moderate very fine & fine & medium angular blocky structure; friable; slightly sticky & slightly plastic; few fine roots; diffuse boundary.
2Bt2	71-110cm	7.5YR 6/8(reddish yellow); silty clay loam; moderate fine & medium angular blocky structure; friable; slightly sticky & slightly plastic; few fine roots; diffuse boundary.
2BC	110-130cm	10YR 5/8(yellowish brown); loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; few very fine roots.

Pedon No : P-11

Classification : Typic Haplorthod

Location : 祝山站

Parent material : 砂頁岩

Vegetation : 紅檜、柳杉、玉山矢竹與苔蘚

Elevation : 2300 m

Physiographic position : 山頂(summit)

Drainage : good

Soil moisture regime : udic

Soil temperature regime : mesic

Diagnostic epipedon : ochric epipedon

Diagnostic horizon : spodic horizon

Described by : 吳森博、簡士濠

Sampling by : 簡水潭、張銘澤、江志峰、葉明智、吳森博、簡士濠、李家興

Oi	0-5cm	7.5YR 2.5/1(black); mucky; many very fine & fine and common coarse roots; diffuse boundary.
Oe	5-10cm	10YR 2/2(very dark brown); mucky; many very fine & fine and common coarse roots; diffuse boundary.
Oa	10-20cm	10YR 2/2(very dark brown); mucky; many very fine & fine and common coarse roots; gradual smooth boundary.
A	20-35cm	10YR 2/1(black); loam; moderate very fine & fine granular structure; friable; many very fine & fine roots; clear smooth boundary.
E	35-55cm	7.5YR 8/1(white); sandy loam; structureless; friable; many very fine & fine and common coarse roots; clear wave boundary.
Bs	55-70cm	7.5YR 4/6(strong brown); sandy clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; slightly sticky & slightly plastic; few very fine roots; diffuse boundary.
BC	70-100cm	7.5YR 5/6(strong brown); sandy clay loam; moderate very fine & fine angular blocky structure; friable; slightly sticky & slightly plastic; few very fine roots; diffuse boundary.
C	>100cm	