

# 臺灣森林土壤調查資料集

杜清澤<sup>1</sup>、黃菊美<sup>1</sup>

## 前言

土壤調查與分類係將土壤之環境條件、剖面形態特徵、理化性質等因素綜理之結果，由土壤分類單位或土系來表示(程煒兒，1995)，其所提供的資訊有助於土地利用的規劃、評估及預測這些土地利用方式對於環境的影響(郭鴻裕，1992；Soil Survey Staff 1993)。臺灣森林土壤調查始於1970年林務局在日本森林土壤專家橋本與良博士建議下，派遣林天良技正、沈昆禧技士赴日研習森林土壤調查，1980年完成日本森林土壤分類之1/400,000臺灣森林土壤圖。1985~1988年臺灣成功引進美國土壤分類系統，此一期間美國土壤管理技術援外處(Soil Management Support Services)世界土壤資源研究計畫負責人Hari Eswaran博士在數度訪臺後，認為前述臺灣森林土壤圖僅以外觀形態描述，並未有理化分析資料佐證，不敷目前林地經營之需，故於1990年建議臺灣地區實施森林土壤調查；此建議在當時農委會大力支持下，於1993~2003年由林業試驗所與林務局合作進行以美國土壤分類系統為分類依據之「臺灣高山林地土壤調查」計畫，期能經由此計畫提供臺灣林地土壤生成環境與基本理化性質之詳細資料，以作為高山林地土壤經營管理與保育利用之張本；計畫期間共調查全省1,496,600公頃國有林班地，完成以土系為繪圖單元之1/50,000林地土壤圖加盟TGOS圖資提供各界申請使用。

森林生態系統的研究需要對生態系各組成分子有長期性的調查工作，如能共享這些調查所蒐集的資料，則其豐富的內容將有多種研究可能性，本所自2018年起進行所內長期研究、調查、監測資料集之盤點，期能讓研究資料可集中共享，並藉由資料傳承，以利後續之研究。而土壤是氣候、生物、母質、地形和時間等幾種成土因子綜合作用的產物，它的現狀和某些特性又可為研究森林生態系統中其他生態因子提供參考，為讓消耗大量人力、物力蒐集到的「臺灣高山林地土壤調查」資料能被充分應用，集成該調查工作的土壤樣點各項資料及其代表性剖面樣點理化分析資料之原始資料(raw data)，以「臺灣森林土壤調查資料」集名稱置於本所研究資料目錄(<https://metacat.tfri.gov.tw/tfri/>)中，供研究人員參考利用發揮加值作用。

## 調查方法

本次土壤調查之方法為先將調查地區相關的地質、地形、林相等資料經過全面研判後，蒐集該區域可能發現的土壤剖面標本和資料，研究其生成與化育，完成土壤圖例。再依照地質、地形、地貌、坡度、坡相、植生、高程等，配合航空照片和地形圖，在一萬分之一的相片基本圖上繪製地形單元圖，野外調查是採取截線調查方式，在地形單元圖上選取多個截線起點，自此起點劃一通過最多之單元之截線，在通過截線上之土地單元佈

<sup>1</sup> 林業試驗所·育林組

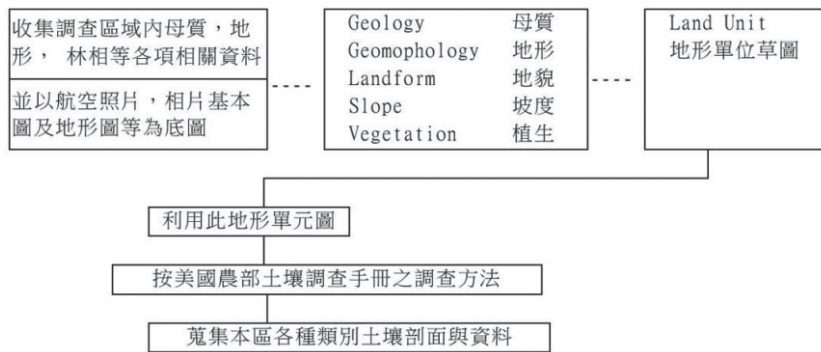


圖1 調查方法流程。(修改自林光清，1999)



圖2 土壤調查員挖掘土壤剖面。(杜清澤 攝)

點進行全面概調、資料研判與再補點等詳細調查工作(林光清，1999)，簡單示意如圖1。

調查人員抵達前述之樣點位置後即進行土壤剖面的挖掘(圖2)，記錄樣點的位置及地形要目等資料，並進行土壤剖面描述。每個土壤剖面皆依層次採取一些土壤置於小型剖面樣本盒，區域內的代表性剖面點則使用大型剖面樣本盒外，另外每層採取1,000公克之土壤回實驗室進行理化分析。各項土壤分析參考美國農部土壤調查手冊所列方法測定。

### 資料集內容

資料集包含2個資料表、39個PDF檔及1個jpeg檔。

一、「土壤調查資料點」資料表：登錄之內容為涵蓋1993~2003年間調查的7,794個土壤樣點剖面描述表(圖3)上半部之環境及地形要目資料，計有林管處、事業區、駐足點序號、TWD\_67\_X、TWD\_67\_Y、成土因子、地文位置、海拔高度、坡形、坡長、坡向、坡長、土地利用、上層植被密度、下層植被密度、漂石量、

沖蝕程度、土壤深度、濕潤程度、排水等級、土壤母質、O層深度、A層深度、層次名稱等24個欄位。

二、「代表性剖面點理化分析資料」資料表：紀錄了558筆代表性剖面各層次之理化分析資料，計有事業區、駐足點序號、TWD\_67\_X、TWD\_67\_Y、層次、深度、OC、TN、P、Ca、Mg、K、Na、CEC、BS、ExAl、ExH、pH<sub>w</sub>、pH<sub>s</sub>、Fe(o)、Al(o)、Mn(o)、Si(o)、Fe(d)、Al(d)、Mn(d)、Si(d)、Fe(p)、Al(p)、Mn(p)、Si(p)、質地、Clay、Silt、Sand、Sand%-VCS、Sand%-CS、Sand%-MS、Sand%-FS、Sand%-VFS等40個欄位。各項理化分析之方法，簡述如下：

◎ OC：有機碳(g kg<sup>-1</sup>)—Walkley-Black法(Organic carbon, Walkley-Black modified acid-dichromate organic carbon, FeSO<sub>4</sub> titration)。

◎ TN：全氮(g kg<sup>-1</sup>)—凱氏法(Total nitrogen, Kjeldahl digestion, ammonia steam distillation)。

- ⊙ P：土壤有效性磷(mg kg<sup>-1</sup>)—Mehlich No.3 萃取法-ICP測定(Available phosphorus, Mehlich No.3 extraction, ICP)。
- ⊙ Ca、Mg、K、Na：交換性鈣、鎂、鉀和鈉(cmol kg<sup>-1</sup>)—中性醋酸銨法-ICP測定(Extractable base, NH<sub>4</sub>OAc, pH7.0, automatic extractor, ICP)。
- ⊙ CEC：陽離子交換能量(cmol kg<sup>-1</sup>)—中性醋酸銨法-凱氏法測定(Cation exchange capacity, NH<sub>4</sub>OAc, pH7.0, automatic extractor, steam distillation)。
- ⊙ BS：鹽基飽和度(%)—中性醋酸銨法(Base saturation, NH<sub>4</sub>OAc, pH7.0)。
- ⊙ ExAl：土壤交換性鋁(cmol kg<sup>-1</sup>)—1N KCl抽出法(30分鐘)，氟滴定(KCl extraction, 30min, fluoride titration)。
- ⊙ ExH：土壤可抽出的酸(cmol kg<sup>-1</sup>)—BaCl<sub>2</sub>-TEA抽出法(Extractable acidity, BaCl<sub>2</sub>-triethanolamine IV, automatic extractor, back-titration with HCl)。
- ⊙ pH<sub>w</sub>、pH<sub>s</sub>：pH<sub>w</sub>—土壤在水中之pH；pH<sub>w</sub>—土壤在1 N KCl之pH，電極法(pH, soil suspensions, 1:1 water dilution and 1N KCl, pH Meter method)。
- ⊙ Fe(o)、Al(o)、Mn(o)、Si(o)：鐵、鋁、錳、矽之測定(%)—草酸銨抽出法-ICP測定(Ammonium oxalate extraction, ICP)。
- ⊙ Fe(d)、Al(d)、Mn(d)、Si(d)：鐵、鋁、錳、矽之測定(%)—低亞硫酸鹽-檸檬酸鹽抽出法(Dithionite-citrate-bicarbonate extraction, ICP)。

點 足 點 序 號	日期	年 月 日	時間	天氣					
位 置	圖 幅	座 標							
地 形	(1) 定積土 石質土	(4) 地文位置：	(7) 坡長：						
地 帶	(2) 診斷表層：	(5) 海拔高度：	(8) 坡向：						
目 的	(3) 診斷層：	(6) 坡 形：	(9) 坡度：						
土地利用：	剖面圖 (cm)	備 註							
主要植生：	10								
植被密度：(上層)%(下層)%	20								
岩 (薄) 石量：	30								
沖蝕情形：	40								
土壤厚度：	50								
乾燥程度：乾 潤 溼	60								
排水等級：									
成土母質：									
層 次	深 度	顏 色	磁 鐵	實 地	構 造	結 持 力	含 石 量	根 系	層 界
分 類									

圖3 土壤剖面描述調查表。

- ⊙ Fe(p)、Al(p)、Mn(p)、Si(p)：鐵、鋁、錳、矽之測定(%)—焦磷酸鈉抽出法-ICP測定(Sodium pyrophosphate extraction, ICP)。
- ⊙ Texture：質地—根據粒徑分析之黏粒、粉粒和砂粒含量百分率，查土壤質地三角圖判讀質地類別。
- ⊙ Clay、Silt、Sand：土壤粒徑分析(%)—吸管法(Particle-size analysis, pipet method)。
- ⊙ Sand%-VCS、Sand%-CS、Sand%-MS、Sand%-FS、Sand%-VFS：砂粒

§ 林地土壤調查外業記錄用詞或符號 §

<p>1.坡型</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 凹坡</li> <li>· 直坡</li> <li>· 凸坡</li> </ul>	<p>5.質地</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· S：砂土</li> <li>· LS：壤質砂土</li> <li>· SL：砂質壤土</li> <li>· L：壤土</li> <li>· SiL：坊質壤土</li> <li>· Si：坊土</li> <li>· SCL：砂質粘壤土</li> <li>· CL：粘質壤土</li> <li>· SiCL：坊質粘壤土</li> <li>· SC：砂質粘土</li> <li>· SiC：坊質粘土</li> <li>· C：粘土</li> </ul>	<p>7.結持力</p> <p>(1) 乾土(d)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· dl：鬆散</li> <li>· ds：鬆軟</li> <li>· dsh：略硬質</li> <li>· dh：硬質</li> <li>· dvh：極硬質</li> <li>· deh：超硬質</li> </ul> <p>(2) 潤土(m)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· ml：鬆弛</li> <li>· mvfr：極易碎</li> <li>· mfr：易碎</li> <li>· mfi：緊密</li> <li>· mvfi：極緊密</li> <li>· mefi：超緊密</li> </ul>	<p>8.根系</p> <p>(1) 木質</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· fi：鬚根</li> <li>· wo：木質的</li> <li>· fl：肉質的</li> </ul> <p>(2) 粗細</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· c：粗(5-10mm)</li> <li>· m：中(2-5mm)</li> <li>· f：細(1-2mm)</li> <li>· vf：極細(&lt;1mm)</li> </ul> <p>(3) 數量(根量/25 cm<sup>2</sup>)</p> <p>a：&gt;25      p：10-25 f：5-10      v：&lt;5</p> <p>粗根不記錄數量</p>	<p>10.土壤質地含量百分比</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>質地</th> <th>clay%</th> <th>silt%</th> <th>sand%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S</td> <td>&lt;10%</td> <td>&lt;15%</td> <td>≥85%</td> </tr> <tr> <td>LS</td> <td>&lt;15%</td> <td>&lt;30%</td> <td>70-90%</td> </tr> <tr> <td>SL</td> <td>(20%)</td> <td>(50%)</td> <td>43-85%</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>7-27%</td> <td>28-50%</td> <td>23-52%</td> </tr> <tr> <td>SiL</td> <td>&lt;27%</td> <td>50-88%</td> <td>&lt;50%</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>(12%)</td> <td>≥80%</td> <td>&lt;20%</td> </tr> <tr> <td>SCL</td> <td>20-35%</td> <td>0-28%</td> <td>45-80%</td> </tr> <tr> <td>CL</td> <td>27-40%</td> <td>15-53%</td> <td>20-45%</td> </tr> <tr> <td>SiCL</td> <td>27-40%</td> <td>40-73%</td> <td>(20%)</td> </tr> <tr> <td>SC</td> <td>35-55%</td> <td>&lt;20%</td> <td>45-65%</td> </tr> <tr> <td>SiC</td> <td>40-60%</td> <td>40-60%</td> <td>&lt;20%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>≥40%</td> <td>(40%)</td> <td>(45%)</td> </tr> </tbody> </table>	質地	clay%	silt%	sand%	S	<10%	<15%	≥85%	LS	<15%	<30%	70-90%	SL	(20%)	(50%)	43-85%	L	7-27%	28-50%	23-52%	SiL	<27%	50-88%	<50%	Si	(12%)	≥80%	<20%	SCL	20-35%	0-28%	45-80%	CL	27-40%	15-53%	20-45%	SiCL	27-40%	40-73%	(20%)	SC	35-55%	<20%	45-65%	SiC	40-60%	40-60%	<20%	C	≥40%	(40%)	(45%)
質地	clay%	silt%	sand%																																																					
S	<10%	<15%	≥85%																																																					
LS	<15%	<30%	70-90%																																																					
SL	(20%)	(50%)	43-85%																																																					
L	7-27%	28-50%	23-52%																																																					
SiL	<27%	50-88%	<50%																																																					
Si	(12%)	≥80%	<20%																																																					
SCL	20-35%	0-28%	45-80%																																																					
CL	27-40%	15-53%	20-45%																																																					
SiCL	27-40%	40-73%	(20%)																																																					
SC	35-55%	<20%	45-65%																																																					
SiC	40-60%	40-60%	<20%																																																					
C	≥40%	(40%)	(45%)																																																					
<p>2.沖蝕情形</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 無</li> <li>· 輕微</li> <li>· 中等</li> <li>· 嚴重</li> <li>· 極嚴重</li> </ul>	<p>6.構造</p> <p>(1) 發育程度</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· o：沒有發育</li> <li>· m：整塊狀</li> <li>· Sg：單粒狀</li> <li>· 1：弱度發育</li> <li>· 2：中度發育</li> <li>· 3：強度發育</li> </ul> <p>(2) 構造體大小</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· vf：極小型</li> <li>· f：小型</li> <li>· m：中型</li> <li>· c：大型</li> <li>· vc：極大型</li> </ul> <p>(3) 構造體形狀</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· gr：團粒狀</li> <li>· cr：屑粒狀</li> <li>· abk：稜狀塊狀</li> <li>· sbk：鈍狀塊狀</li> <li>· pr：稜柱狀</li> <li>· cpr：圓柱狀</li> <li>· pe：板狀</li> </ul>	<p>(3) 濕土(w)</p> <p>粘團性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· wso：無粘性</li> <li>· wss：輕粘性</li> <li>· ws：中粘性</li> <li>· wvs：強粘性</li> </ul> <p>可塑性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· wpo：無塑性</li> <li>· wsp：低塑性</li> <li>· wp：中塑性</li> <li>· wvp：高塑性</li> </ul>	<p>9.層界</p> <p>(1) 明晰度</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· a：醒目( &lt; 2.5cm )</li> <li>· c：明確( 2.5-6cm )</li> <li>· g：漸變( 6-13cm )</li> <li>· p：渙散( ) 13cm )</li> </ul> <p>(2) 起伏</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· s：平滑狀</li> <li>· w：波浪狀</li> <li>· i：不規則狀</li> <li>· b：中斷狀</li> </ul>	<p>11.附註</p>																																																				

圖4 林地土壤調查外業記錄用詞或符號。

分級(%)—極粗砂、粗砂、中砂、細砂、極細砂。

三、土壤剖面各層次之描述資料則是將各事業區如圖3之土壤剖面描述調查表以 Microsoft Office的Word登錄於同一檔案，再以事業區為檔名轉成PDF檔提供，並附林地土壤調查外業記錄用詞或符號.jpeg檔(圖4)作為剖面描述代碼定義檔；各資料表及PDF檔可以事業區及駐足點序號兩欄位資料為鍵值(key value)查詢對照。

資料的應用

目前「臺灣森林土壤調查資料集」最大的應用就是野外工作結束後，於室內彙集調查表及採樣土壤樣品盒，進行比對、各樣點

分類至土系，於原佈點圖上標示，再依據地質圖、地形圖、土地單元圖，定出土序圖，繪製了前述1/50,000林地土壤圖。2004年，我們也提供詳細的資料給行政院農業試驗所進行全臺土壤資料整合的工作，經由土壤圖之接併作業，研判重疊矛盾地域或未調查區之正確性質，進行修圖作業，期能得到全臺完整的土壤圖。另外我們也進行了林地土壤管理群組的研擬，選擇坡度、土體深度與A化育層深度做為分類標準；更應用地理統計上的克利金法(Kriging)進行土壤碳庫之推估、臺灣地區林地土壤深度、pH分布的研究，但其成果並不理想，其原因除了樣本數外，應該也和臺灣山區地形零碎陡峭，樣本分布在不同之平面高度有關。



土壤調查人員與其它學門的交流管道缺乏，所以土壤調查闡釋資料缺乏專業性；相對的，其它自然資源管理研究缺乏土壤調查資料之支援與應用，缺乏空間化之概念，研究成果實用行不高，均是常見的現象(郭鴻裕，2008)。本資料集的調查點均有定位之座標，且涵蓋了各項地形因子，對於植生覆蓋亦有粗略的估測，在提供推估土壤沖蝕性指數或是進行崩塌之預測應皆有參考價值，甚而各類自然資源管理研究亦應能提供相當之資訊。我們希望高山林地土壤調查點原始資料的釋出，能讓其他領域之研究人員發掘其潛在的研究主題，亦期待能藉此加強土壤調查學門與其它學門的溝通。

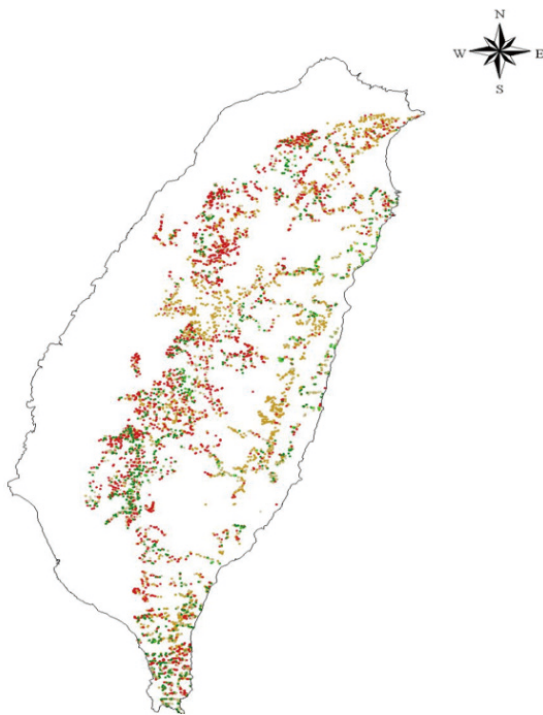


圖5 臺灣高山林地土壤調查7,794個樣點分布圖。

## 結語

長期性、大規模的調查計畫，所蒐集的調查資料內容豐富，蘊藏著多種可能的研究主題，如果這些資料只能被調查計畫團隊使用，會使得消耗大量人力、物力蒐集到的資料無法被充分應用；因此，將調查計畫所得到的資料，於合理的時間內開放學界共享，是許多先進國家的共識(中央研究院 學術調查研究資料庫)。「臺灣高山林地土壤調查」計畫所取得的7,794個調查點分布如圖5，此調查工作雖歷經10年的調查時間，但限於調查人力(常設調查人員12人)及臺灣山區的地形因素，在中央山脈深山地區仍有諸多缺乏。臺灣林地之管理與應用，急需健全的理論依據，而臺灣山陵配列繁複，林地之成土因素變化甚大，土型亦極繁雜，因此我們期望此一資料集能提供給生態領域之研究人員參考外，更期待土壤或相關領域之研究或調查人員能在未來提供此缺失區域之資料，以更完善臺灣高山林地土壤資料。⊗

(參考文獻請逕洽作者杜清澤，email: gisdu@tfri.gov.tw)