

地理統計方法應用於山坡地土地可利用限度分類

精確化查定土壤因子之研究

陳文福⁽¹⁾林憶志⁽²⁾陳明賢⁽³⁾

摘要

台灣之山坡地土地可利用限度分類標準自 1999 年修正後，隨著科技之大幅進步，在實際查定時雖已漸利用數值高程模型圖層進行研判以查定其坡度因子，並輔以現場調查及確認，雖已具可用性，惟各項基準因子之推求隨著科技不斷進步仍有精進、推廣之改善空間。

本研究以石門水庫集水區內蘇樂地段之完整地籍單元為範圍，利用地理統計方法將土壤採樣結果，結合地理資訊系統、遙感探測技術、衛星定位與現地調查，應用於山坡地土地可利用限度分類之管理。期使查定方法更加精確化與快速，將來或可全面應用於全國山坡地上。

所得結論有三：(一)可簡化查定手續：利用 1m 之 DEM，可據以得知坡度分佈情形，並配合 PDA 或將結果輸出紙上以作為現地輔助使用，除可節省時間外，並可增客觀性以減少因主觀所造成之爭議。(二)可精確化查定結果：土壤有效深度調查配合地理統計分析，可快速了解本區土壤有效深度之分佈，成果顯示本區土壤屬於甚淺層及淺層。由分析發現以 1m 之 DEM 分析各地籍坵塊坡度之結果比 20m 之 DEM 者精確。對於各地籍坵塊坡度查定，因具客觀性而可減少因主觀所造成之誤判。(三)可多元應用：本研究以 GIS 製作資料庫，除可製成土地可利用限度分類之四項因子圖層外，並可提供試區或整個石門水庫集水區將來規劃之參考。

(**關鍵詞**：地理統計、山坡地土地可利用限度、數值高程模型、地籍單元、地籍坵塊)

Study of Geographic Statistic Approach on precisely investigating for Slope-land Utilization Limitation

Wen-Fu Chen⁽¹⁾, Yi-Chih Lin⁽²⁾, Ming-Hsien Chen⁽³⁾

Professor, Graduate student, Ph.D. student, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, R.O.C.

ABSTRACT

(1) 國立中興大學水土保持學系教授

(2) 國立中興大學水土保持學系碩士生

(3) 國立中興大學水土保持學系博士生

The classification standard of limitation on slope-land utilization in Taiwan was set in 1999. Practically the DEM coverage with field survey has been developed for assisting classification decision with the progress of technology. However, the accuracy could be further improved with innovative technologies.

The specific site was at Soo-Lur in the She-Men Watershed. The soil samples were collected and analyzed in the lab. Other geographic data were provided from Geographic Information System, Remote Sensing and Global Positioning System. This research was to evaluate the distribution of soil depth with the geostatistical method to improve the conventional method in classifying the slope-land utilization on site.

There were three important conclusions : (1) The processes can be simplified: The distribution of slope from 1m×1m DEM could be stored in a PDA and easy to print out to help field survey. This method can save a lot of time. (2) The accuracy can be improved: Combining field survey and geostatistics could rapidly get the distribution data of soil depth. The result showed that most common classifications are “very shallow” and “shallow” soil layer in this site and proved the accuracy from 1m×1m DEM is better than 20m×20m. (3) The results can be multiapplied: Besides producing the geographic coverages of 4 factors for classification, the result could be applied to watershed management and drawing up.

(key word: Land use Capability Classification for Slopelands; DEM(Digital Elevation Model))

前言

台灣地區山坡地土地可利用限度分類標準(slope land utilization capability classification standard)自 1999 年 5 月 31 日行政院農業委員會(農林字第 88118880 號令修正)所採用分類分級查定之基準有坡度、土壤有效深度、母岩性質以及土壤沖蝕程度四項，各項因子之推估，隨著科技進步與學理之發展，如何快速、有效及精確查定，是可利用限度查定必須發展之方向。現階段可利用限度之查定實際運用上，多利用數值高程模型 (Digital Elevation Models, DEM)、土壤圖、環境地質圖以及地質災害圖等圖資，據以研判分類分級查定基準規定之四項因子，再以現場調查確認，各項圖資建立在可

利用限度查定已有一定之可用性，但各項分類分級查定基準之因子之推求仍有精進、展示及推廣之改善空間。

研究方法與區域概況

一、研究方法

目前山坡地土地可利用限度之分類分級查定基準規定如下：

1. 坡度：

指一坵塊土地之平均傾斜比，以百分比表示之，其分級如表 1 所示：

根據宋文彬(2006)，利用 DEM 配合地理資訊系統(GIS)計算坡度與實際坡度符合程度極高。因此，本研究利用 GIS 軟體 Spatial

Analyst 模組進行 DEM(1m×1m)之坡度分析。

表 1. 坡度分級表

Table 1. Classification of Slope form

坡度級別	分級範圍
一級坡	坡度 5%以下。
二級坡	坡度介於 5%與 15%之間。
三級坡	坡度介於 15%與 30%之間。
四級坡	坡度介於 30%與 40%之間。
五級坡	坡度介於 40%與 55%之間。
六級坡	坡度超過 55%以上。

(資料來源：行政院農委會水土保持局)

2.土壤有效深度：

指從土地表面至有礙植物根系伸展之土層深度，以公分表示之，其分級如表 2 所示。

表 2. 土壤有效深度分級表

Table 2. classification of Soil Depth form.

有效深度	分級範圍
甚深層	超過 90 公分以上。
深層	介於 50 與 90 公分之間。
淺層	介於 20 與 50 公分之間。
甚淺層	20 公分以下。

(資料來源：行政院農委會水土保持局)

本因子甚具關鍵性，本研究於現場挑出足以代表之適當地點，並至現場利用土鑽進行土壤有效深度之採樣與調查，記錄該點之坐標，後續採用地理資訊系統軟體 ArcGIS 內建地理統計(Geostatistics)模組下之 indicator Kriging 方法探討本區之土壤深度分佈情形。

地理統計為分析空間隨機變數 (Spatial Random Variable) 方法之一，其以區域化變數理論為基礎，利用變異圖進行資料結構分析而得到區域化變數之空間自相關 (Spatial Autocorrelation)。地理統

計並以變異圖或半變異圖 (Variogram or Semivariogram) 表現資料之空間變異程度，而變異圖之決定並為地理統計的首要，並根據辦變異圖所表現的空間資料相關程度進行最佳線性無偏估計 (Best Linear Unbiased Estimate)，並且符合下列之假設 (林裕彬，2001)：

① 二階定常性 (Second-order Stationary)：

若一隨機變量域之平均值、變異數及共變異數滿足下列條件，稱為二階定常性。

$$\text{平均值：} E[Z(x)] = m \quad m \text{ 為常數}$$

$$\text{變異數：} \text{Var}[Z(x)] = \sigma^2 \quad \sigma^2 \text{ 為常數}$$

$$\text{共變異數：} C(x+h,x) = C(x-h,x) = C(h)$$

式中：h 為點 x+h 及 x 之距離表示空間中任意兩點之共變異數與絕對位置無關，只與相對距離有關。

②內在假設 (Intrinsic Hypothesis)：若 $Z(x+h)-Z(x)$ 為一階差值之一隨機變量域，且其平均值及變異數為定常性，稱為內在假設，及滿足下列 2 式。

$$E[Z(x+h) - Z(x)] = m(h)$$

$$\text{Var}[Z(x+h) - Z(x)] = E[Z(x+h) - Z(x)]^2 = 2\gamma(h)$$

式中：Z(x)為 X 位置之觀測值； $\gamma(h)$ 為變異圖或半變異圖，變異圖之決定為地理統計分析之第一個重要步驟，其算式如下：

$$r(h) = 0.5E[(Z(x+h) - Z(x))^2]$$

式中：Z(x) = x 在點之觀測值，Z(x+h) = 在點 x+h 之觀測值，h = 點 x 與點 x+h 之距離。

而一般典型變異圖具有 3 個重要之參數：①閾值 (Sill)；②影響範圍 (Range)；③碎塊效應 (Nugget Effect)。γ(h)最後會逼近一定值，此值稱為閾值，此時距離稱為影響範圍，表示在此範圍外資料之間無相關性。另一特徵是圖形在半變異數軸的截距，稱為碎塊效應，產生的原因可能是小距離發生在小採樣間格內的變異或是觀測值之實驗誤差。以半變異數與距離為座標軸所繪之散佈圖，稱為實驗變異圖 (Experimental Vario gram)，其算式如下：

$$\gamma(h) = (1/2N(h)) \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i+h)]^2$$

其中：γ(h)：距離 h 時之半變異數

N(h)：配對數 h=平均距離。

一般克利金的推估特性：
 $Z^*(x_0) = \sum_i \lambda_{i0} z(x_i)$ ，式中： $Z^*(x_0)$ = 在點 x_0 之觀測值； λ_{i0} = 推估 $Z(x_0)$ 之 $Z(x_i)$ 克利金權重，且需符合下列 2 條件：

$$\sum_i \lambda_{i0} = 1$$

$$\text{Min } \text{Var} [z^*(x_0) - z(x_0)]$$

其中：

$\gamma_{ij} = \gamma(|x_i - x_j|)$ ，經由拉格蘭吉方法 (Lagrange Method)，克利金變異數 (Ordinary Kriging Variance) 如下：

$$\sigma_{ok}^2 = \sum_i \lambda_{i0} \gamma_{i0} + \mu - \gamma_{100}$$

為拉格蘭吉數 (Lagrange Multiplier)

常用之典型變異圖模式有三：

① 球形模式 (spherical model)

$$\gamma(h) = \begin{cases} \sigma^2 [(3/2)(h/l) - (1/2)(h/l)^3], & h \leq l \\ \sigma^2 & h > l \end{cases}$$

② 指數模式 (exponential model)

$$\gamma(h) = \sigma^2 [1 - \exp(-h/l)]$$

③ 高斯模式 (Gaussian model)

$$\gamma(h) = \sigma^2 [1 - \exp(-h^2/l^2)]$$

所以，克利金法最主要是利用已知點去瞭解一些各未知點之值，在此之前必須先給每一個點一個權重：

$$Z_0 = \lambda_1 \cdot Z_1 + \lambda_2 \cdot Z_2 + \dots + \lambda_8 \cdot Z_8$$

上式中： λ_i 為已知點的權重、 Z_i 為已知點的實測值，而 Z_0 為在 0 點的估計值。至於權重如何得知，就由變異圖的求得而知了，如此即可推估出 Z_0 的估計值。

3. 土壤沖蝕程度：

對於土地利用及土壤沖蝕計算的判釋，本研究採用監督式分類法對本區航空影像進行土地利用之判斷。監督式分類法之過程包含兩個階段：

① 訓練階段：由操作者於影像中選取或依據參考資料劃定訓練區，來作為整張影像分類之依據。

② 分類階段：則為判別整張影像中各像元亮度值與訓練樣區亮度值在光譜空間

上之關係，而決定該像元所歸屬之類別。

由監督式分類法判別所得之土地利用，可得到本區地表覆蓋的相關資訊（如崩塌地、蝕溝、建築區及闊葉林等），藉以判斷各種土地利用的沖蝕情形，即可精確地得到土壤沖蝕之因子。依土地表面所呈現之沖蝕徵狀與土壤流失量決定之，其分級如表 3 所示。

表 3. 土壤沖蝕程度分級表

Table 3. Classification of Soil Erosion form

沖蝕程度級別	土地沖蝕徵狀及土壤沖蝕量
輕微	地面無小沖蝕溝跡象，表土流失量在 25%以下。
中等	地面有蝕溝系統之跡象，礫石、碎石含量在 20%以下，表土流失量超過 25 至 75 %。
嚴重	地面沖蝕溝甚多，片狀沖蝕活躍，土石顏色鮮明，礫石、碎石含量超過 20 至 40%，底土流失量在 50%以下。
極嚴重	掌狀蝕溝分歧交錯，含石量超過 40%，底土流失量超過 50%，甚至母岩裸露，局部有崩塌現象。

(資料來源：行政院農委會水土保持局)

4.母岩性質：

依土壤下接母岩之性質對植物根系伸展及農機具施工難易決定之，其分類如表 4 所示。

表 4. 母岩性質分級表

Table 4. Classification of Parent Rock form

母岩性質類別	母岩特性
軟質母岩	母岩鬆軟或呈碎礫狀，部分植物根系可伸入其間，農機具施工無大礙者。
硬質母岩	母岩堅固連接，植物根系無法伸入其間，農機具施工有礙者。

(資料來源：行政院農委會水土保持局)

二、研究區域概述

本區位於桃園縣復興鄉高義村境內，如圖1所示，研究區域面積約274公頃，高義村位於本鄉的中部，北起洞口，南迄蘇樂，有大漢溪縱貫境內，東會布喬溪出境，其北側與羅浮相鄰。

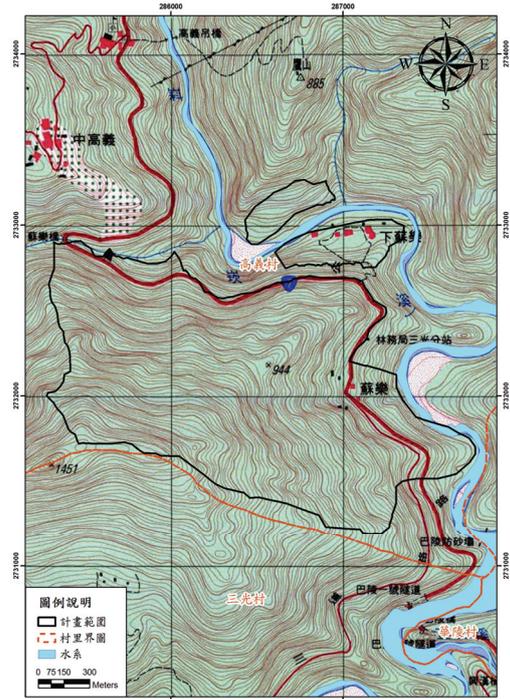


圖1. 研究區域位置與範圍

Figure 1. Location and range of study area

交通方面，由國道三號大溪交流道下，經台 3 線接台 7 線後，即可到達本區。台 7 線又稱北部橫貫公路，西起桃園縣大溪，東至宜蘭縣壯圍公館，全長 129.7 公里，本研究區域位於台 7 線 42.5 到 46km 之間。北部橫貫公路除了主線之外，還有甲、乙、丙三條支線，分別連接棲蘭到梨山、三民到大埔、牛鬥到利澤簡三條支線，涵蓋了桃園及宜蘭二縣山區重要的鄉鎮。

地形方面，本區標高 452.87~1,384.28 公尺，由東北向西南漸增，平均標高為 819.57 公尺以 600~800 公尺最多(佔 31.95%)。地勢

部分，平均坡度為 70.48%，以六級坡為分佈最多(佔 75.84%)，坡向主要為北向及南向坡。本區標高及坡度分佈情形如圖 2~圖 3 所示。

造。厚砂岩以上為厚約100公尺左右的砂岩和頁岩互層，每層厚度在5至30公分之間，其上部發現零星煤跡。砂岩為細粒，灰色，相當純淨。

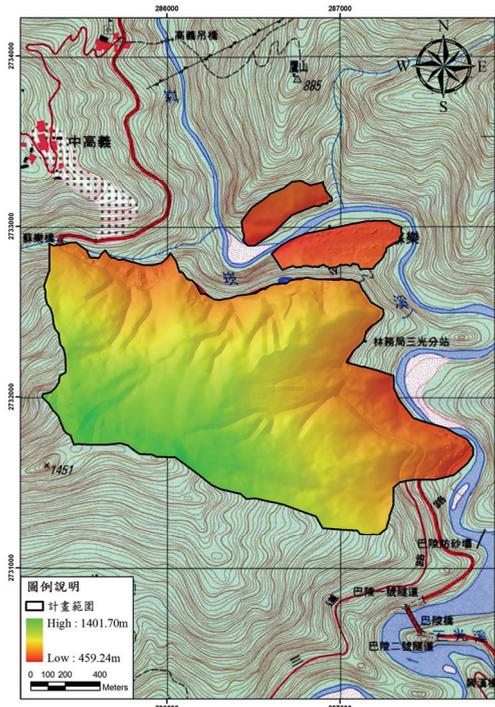


圖2. 研究區高程分佈圖

Figure 2. Elevation distribution of study area

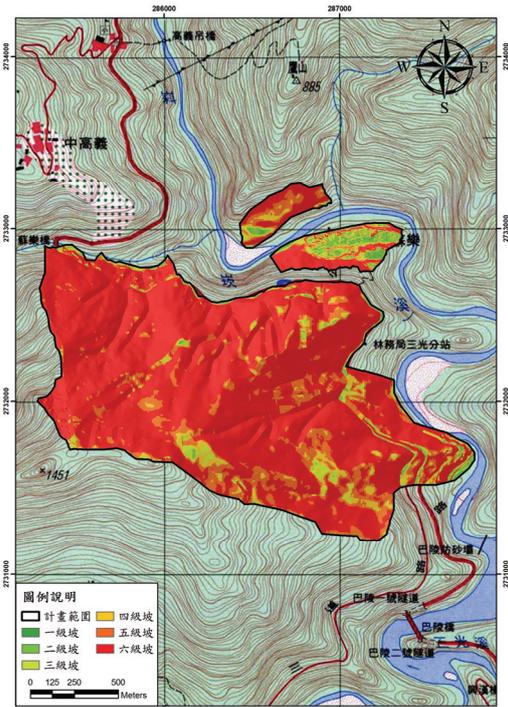


圖3. 研究區坡度分佈圖

Figure 3. Slope distribution of study area

參考中央地質調查所資料顯示，本研究區域地層分佈大多為蘇樂層，蘇樂層之底部由厚約250公尺的硬頁岩或板岩組成，呈灰色至深灰色，局部含棕色不規則的褐鐵礦結核。硬頁岩中偶夾砂岩薄層，層厚在3至7公分之間。在本底部岩段的中間有一厚約50公尺的砂岩，每層砂岩厚約1公尺左右，偶夾少數薄層頁岩，砂岩中有交錯層及紋理等沉積構造。底部厚層硬頁岩之上為砂岩厚層，全厚約120公尺，局部夾有頁岩互層。砂岩呈灰色至淺灰色，細粒至中粒，頗純淨，具有波痕、交錯層、以及生痕化石等沉積構

在本段岩層內可發現波狀層理、平行紋理及生痕化石等構造。在砂頁岩互層以上為厚約200公尺的厚層砂岩，呈灰色至青灰色，細粒至中粒，局部為泥質，層理不明顯。厚層砂岩以上為厚約120公尺的頁岩層，層理不明顯，富含生物碎片。頁岩完整，幾乎不見曾受變質的現象。在這個頁岩層以上為厚約200公尺的厚層砂岩，偶夾薄層砂岩和頁岩的互層。砂岩呈青灰色，略具鈣質，層理明顯，其中出現波痕、交錯層以及生痕化石等沉積構造。

土壤分佈目前由行政院農委會出版之

『台灣地區土壤分佈圖』萃取而得，本區之土壤分佈有崩積土、石質土等。以石質土分佈最廣，佔全區面積79.75%。

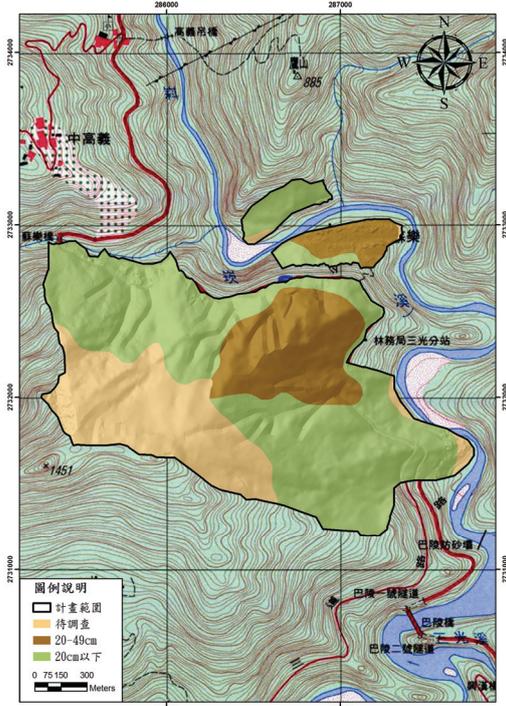


圖4. 研究區土壤深度分佈資訊

Figure 4. Soil depth distribution of study area

表 5. 研究區土壤深度資訊

Table 5. Information about soil depth of study area

項目	土壤深(公分)	面積(公頃)	百分比(%)
1	超過 50 公分	65.90	24.06
2	超過 20 公分至 50 公分	55.50	20.25
3	20 公分以下	152.60	55.69
合計		274.00	100.00

土壤深度部分，根據『台灣地區土壤分佈圖』中資訊，崩積土的土壤深度為20~49公分，屬於淺層土壤；石質土的土壤深度在20公分以下，屬於甚淺層土壤。目前收集之土壤深度資訊及分佈狀況整理如表5及圖4

所示。

結果與討論

一、坡度因子分析探討

本研究採用地理資訊系統(GIS)進行1m×1m數值高程模型(DEM)坡度分析，如圖3，依照水土保持局山坡地可利用限度分類標準(2003)中之坡度分級，所得到本研究區域之坡度分級如下表6，其中以六級坡207.81公頃佔本區面積75.84%為最多，其次是五級坡35.52公頃佔本區面積12.96%。

表6. 研究區1m×1m坡度等級分級表

Table 6. Results of Slope classification in the study area

坡度	面積(ha)	百分比(%)
一級坡($S \leq 5\%$)	1.32	0.48
二級坡($5\% < S \leq 15\%$)	5.32	1.94
三級坡($15\% < S \leq 30\%$)	11.24	4.10
四級坡($30\% < S \leq 40\%$)	12.79	4.67
五級坡($40\% < S \leq 55\%$)	35.52	12.96
六級坡($55\% < S$)	207.81	75.84
總計	274.00	100.00

對照20m×20m數值高程模型(DEM)所計算出坡度分級結果(表7)，可以明顯發現六級坡差距達7%，即DEM網格越大，其計算出坡度會趨緩，並有可能影響查定的結果。

二、土壤深度因子分析探討

本研究採隨機取樣進行土壤深度調查，全區共計調查100點，點位分佈詳請圖5，調查結果發現本區土壤深度介於0~90公分之間，依照山坡地土地可利用限度分類標準，本區之土壤深度為淺層及深層詳圖6及

表8。

表7. 試區20m×20m坡度等級分級表

Table 7. Results of Slope classification in the study area

坡度	面積 (ha)	百分比 (%)
一級坡($S \leq 5\%$)	4.71	1.72
二級坡($5\% < S \leq 15\%$)	7.55	2.75
三級坡($15\% < S \leq 30\%$)	16.27	5.94
四級坡($30\% < S \leq 40\%$)	17.35	6.33
五級坡($40\% < S \leq 55\%$)	40.07	14.62
六級坡($55\% < S$)	188.05	68.64
總計	274.00	100.00

表8. 研究區土壤深度之調查結果

Table 8. Investigation of soil Depth of study area

深度	面積(ha)	百分比(%)
淺層	191.33	69.83
深層	82.67	30.17
總計	274.00	100.00

與行政院農委會水土保持局之土壤有效深度資料(表 9)相比之下,可以發現利用地理統計算出之淺層土壤深度與查定相差約 4%,與深層相差約 10%,其深層差距比較大,可能是未調查區域影響的結果。

表 9. 研究區土壤深度

Table 9. Soil Depth in the study area

深度	面積(ha)	百分比(%)
淺層	201.59	73.57
深層	52.74	19.24
未調查	19.67	7.19
總計	274.00	100.00

(資料來源：行政院農委會水土保持局)

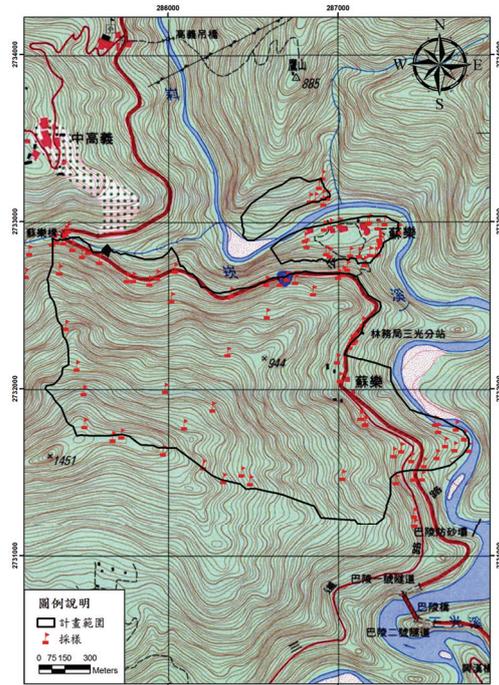


圖 5. 土壤深度調查點位

Figure 5. Sampling sites of soil depth in the study area

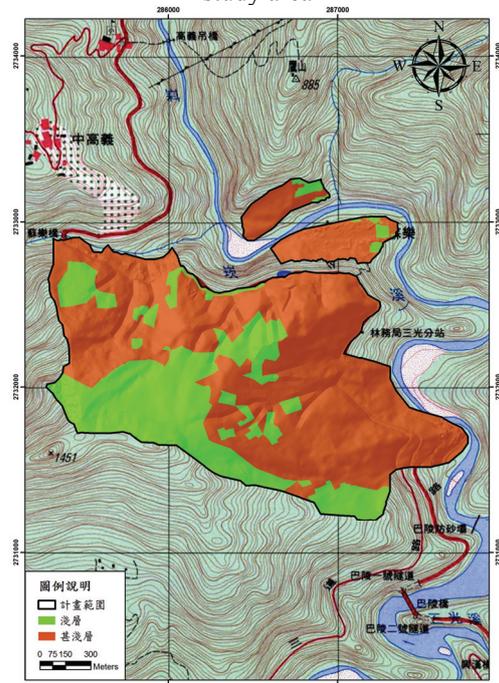


圖 6. 土壤深度分佈圖

Figure 6. Distribution of soil depth of study area

三、母岩性質分析探討

農業觀點上的母岩性質是依土壤下接母岩之性質對於植物根系伸展以及農機具施工的難易度決定之，故農業上的母岩性質仍需考量土壤因子。根據林俐玲（2003）於臺灣可容許土壤流失量之訂定一節中，提出母岩性質（PM）等級分成鬆散與堅固兩類，其中鬆散的類型包含「砂頁岩、洪積層、沖積土、礫石岩」等四類；堅固則包含「黏板岩、板岩、花崗岩、石灰岩」等四類，大致將沉積岩視為鬆散，火成岩以及變質岩視為堅固此兩種分野，考量母岩性質之軟硬分級尚需考量其岩石的風化程度，故將土壤有效深度因子納入。

當土壤有效深度為甚淺層者，視其風化程度不佳，故其母岩性質應為硬質母岩。亦即本研究之母岩性質的軟硬岩之作法為「當地質岩性為火成岩或是變質岩時，其土壤有效深度又小於20公分者，即應視為硬質母岩，其餘皆為軟質母岩」。

本研究參考上述之原則，依據土壤深度推估母岩性質分佈之情形如示表10及圖7。

表 10. 研究區母岩分佈情形

Table 9. Parent Rock Distribution of Study Area

母岩性質	面積(ha)	百分比(%)
硬質母岩	191.33	69.83
軟質母岩	82.67	30.17
總計	274.00	100.00

四、沖蝕程度分析探討

本區利用航空正射影像以監督式分類法把沖蝕情形，共分成輕微、中等及嚴重三級，其詳細資料整理如表11，本區內沖蝕程度大致為輕微等級，沖蝕情形如圖8。

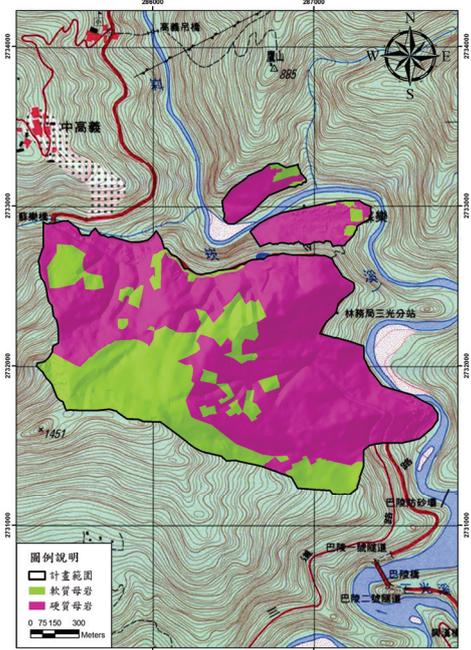


圖 7. 試區母岩性質分佈圖

Figure 7. Parent Rock Distribution of Study Area

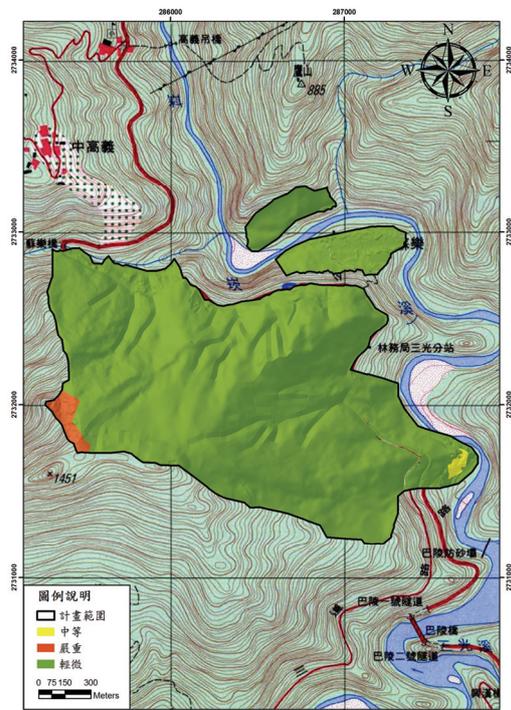


圖 8. 土壤沖蝕分佈圖

Figure 8. Distribution of Soil Erosion

表 11. 沖蝕程度情形

Table 10. Soil Erosion Situation

沖蝕等級	面積(ha)	百分比(%)
輕微	263.76	96.26
中等	6.97	2.55
嚴重	3.27	1.19
總計	274.00	100.00

五、土地可利用限度分析

依據山坡地土地可利用限度分類標準詳如圖11，並配合本研究依照坡度因子、土壤深度因子、母岩性質分佈情形及沖蝕程度綜合分析之成果，得知本區主要土地等級為五級地，約244公頃佔全區面積之89.32%，詳圖9及表12。土地可利用限度則分為宜林地和宜農牧地，其中本區以宜林地為主(89.69%)如圖10及表13所示。

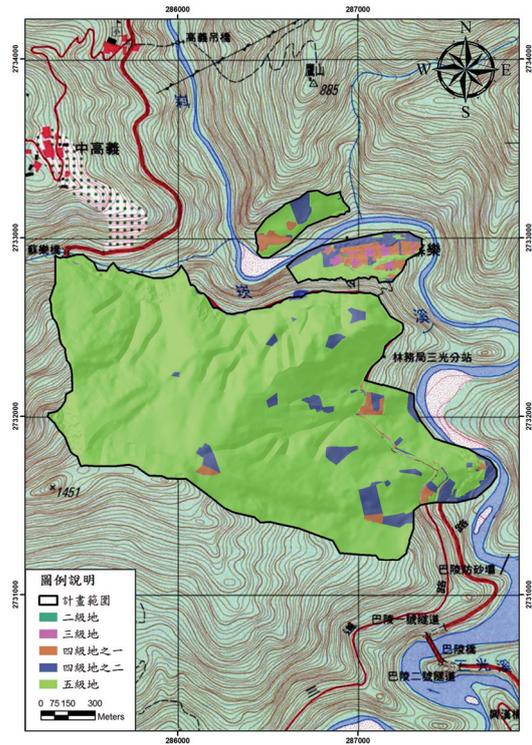


圖 9. 土地等級

Figure 9. classification of landuse of study area

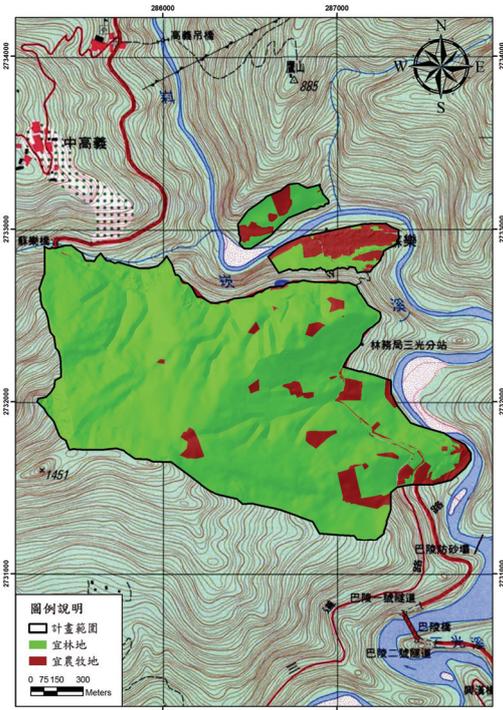


圖 10. 土地可利用限度

Figure 10. Limitation of land use of study area

表 12. 土地等級

Table 11. land use classification of study area

土地等級	面積(ha)	百分比(%)
二級地	0.65	0.24
三級地	1.82	0.66
四級地之一	8.22	3.00
四級地之二	18.56	6.77
五級地	244.75	89.32
總計	274.00	100.00

表 13. 土地可利用限度

Table 11. land use Limitation of study area

分類	面積(ha)	百分比(%)
宜農牧地	28.25	10.31
宜林地	245.75	89.69
總計	274.00	100.00

圖 11. 山坡地土地可利用限度分類標準圖

Figure 11. Grand Standard for Land use Capability Classification for slope lands

平均 坡度		(2°51.7') (8°31.8') (16°42') (21°48.2') (28°48.6')					
		5% 15% 30% 40% 55%					
土壤 有效深度		一級	二級	三級	四級	五級	六級
90 公分	甚深層	宜農牧地(一級)	宜農牧地(二級)		宜農牧地(三級)	宜農牧地(四級)	宜林地(五級)
	深層		宜農牧地(二級)		宜農牧地(三級)		
	50 公分	淺層	宜農牧地(二級)	宜農牧地(三級)	宜農牧地(四級)	宜農牧地(四之2級) 沖蝕嚴重者為宜林地(五級)	
		甚淺層	宜農牧地(二級)	宜農牧地(三級)	宜農牧地(四之2級)	宜農牧地(四之2級) 沖蝕嚴重或下接硬質母岩者為宜林地(五級)	
在沖蝕極嚴重、崩塌、地滑、脆弱母岩裸露等，應加強保育處理，以減免災害發生之土地為加強保育地(六級地)。							

(資料來源：行政院農委會水土保持局)

結論與建議

建議一些方法，頗能精確有效地查定山坡地土地可利用限度之查定，本研究獲得結論與建議如下：

一、結論

1. 可簡化查定手續

利用遙測技術與航空像片，製作正射影

像及高精度之1m數位高程模型(DEM)，經由分析得到本區地形分佈、土地利用及沖蝕程度分佈情形，對於大面積之查定範圍或人員不易到達之處，可快速得到該區之資訊，以利後續查定作業之用。

使用1m網格之高精度DEM作坡度分析，可先將每一地號之平均坡度算出，使查定工作人員預先了解現地坡度變化情況並將結果輸出於紙上或PDA之圖檔上以作為現地查定輔助使用，除可減少踏勘時間，並可增

加客觀條件，減少因主觀因素所造成之紛爭。

2. 可精確化查定結果

土壤有效深度調查配合地理統計分析，可快速了解本區土壤有效深度分佈，經調查及分析成果顯示，本區土壤深度介於0~50公分之間，依照山坡地土地可利用限度分類標準，本區之土壤深度為甚淺層及淺層。

依照坡度分析發現以較大網格(20m)DEM(表6)，所分析出的坡度分佈與使用小網格(1m)DEM(表5)分析結果差異甚大。因各地籍坵塊之面積大小不一，若能使用高精度1m大小之DEM，對於各地籍坵塊之坡度查定，能輔以更客觀之幫助，以減少因主觀所造成之誤判及紛爭，增加查定之精確性。

3. 可多元應用

本研究採用地理資訊系統作為資料庫之建立與應用，其中包括目前蒐集本區相關圖層外，亦包括本研究製作之坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度及母岩性質等四項因子之圖層，以及土地可利用限度圖層之資料庫。

探討本研究所分析之相關成果，應用在其他治山防災業務等後續治理，本研究之成果能提供試區或整個石門水庫集水區將來規劃之參考。

二、建議

1. 由本研究分析結果發現，利用高精度1m DEM坡度分析結果，於五級坡以上之分佈面積為243.32公頃，而土地利用查定成果宜林地面積為244.13公頃，由此可知未來可以坡度分佈初步判斷該地籍之土地可利用限度，或參

照國外經驗，直接以坡度分佈判釋即可，省去其他因子查定之手續，加速查定之時間。

2. 於本研究現場勘查發現，許多產業道路位於宜林地之土地利用限度內，其對坡地影響甚鉅，未來道路之開闢之屬性是位於哪一種土地可利用限度內，抑或新增加一土地利用限度分佈，是未來討論之方向。

3. 本研究建議運用遙感探測影像之特點，利用SPOT衛星影像配合常態化差異植生指標(NDVI)，探討本區地表覆率之現況。

參考文獻

1. 宋文彬(2006)，「利用DEM計算山坡地地籍坵塊平均坡度之研究」，國立中興大學水土保持學系碩士論文。
2. 林俐玲、張光宗(2006)，「山坡地可利用限度分類標準檢討」，行政院農業委員會水土保持局委託。
3. 林俐玲、林文弘(1998)，「紅壤可蝕性因子之量測」，水土保持學報30(1)41-58。
4. 林俐玲(2003)，「土壤沖蝕程度判定」，「九十二年度山坡地土地可利用限度查定教育訓練教材」，行政院水土保持局編印，第70頁。
5. 林淑玲(2002)，「宜蘭地區颱風降雨與地形、空間分佈關係之探討」，國立中興大學水土保持學系碩士論文。
6. 林裕彬(2001)，「地理統計結合地理資訊系統應用於土壤污染防治」，農業工程學報，47(4)：20-28。

陳文福、林憶志、陳明賢：地理統計方法應用於山坡地土地可利用限度分類精確化查定土壤因子之研究

- 7.洪崇仁（2007），「台灣山坡地可利用限度分類標準實務性檢討之研究」，國立中興大學水土保持學系碩士論文。
- 8.徐森彥（2003），「山坡地分類查定邁向新紀元之理念與行動」，「九十二年度山坡地土地可利用限度查定教育訓練教材」，行政院水土保持局編印，第38-41頁。
- 9.陳志彰（2005），「山坡地可利用限度之查定及土地利用合理性之研究」，國立成功大學地球科學研究所碩士論文。
- 10.游繁結（2002），「土壤有效深度及母岩性質判定」，山坡地土地可利用限度查定作業數位化暨管理作業系統之傳統查定講習手冊，財團法人臺灣營建研究院。
- 11.財團法人臺灣營建研究院（2004），「臺北市山坡地土地可利用限度查定作業」成果報告書，臺北市政府建設局委託。
- 12.行政院農業委員會水土保持局（2003），「水土保持技術規範」。
- 13.行政院農業委員會水土保持局（2003），「山坡地土地可利用限度分類標準」。
- 14.行政院農業委員會水土保持局（1994），台灣省山坡地土地可利用限度查定工作手冊。

98年05月12日 收稿

98年05月18日 修改

98年06月01日 接受

水土保持學報 41(3) : 297-310 (2009)
Journal of Soil and Water Conservation, 41(3) : 297-310 (2009)