

## 以生物多樣性指標評估集水區崩場地治理優選順序

陳添水<sup>[1]</sup> 林政侑<sup>[2]</sup> 何世華<sup>[2]</sup> 林昭遠<sup>[2]\*</sup> 楊耀隆<sup>[1]</sup>

**摘要** 台灣雖位處北回歸線，但因造山運動拱起 4,000 公尺海拔落差，使台灣物種跨越熱帶、溫帶及寒帶，且四面環海及高溫多雨之島嶼氣候，孕育出許多台灣特有種生物，然台灣因高山多、平地少，在高人口密度下，居民為了生活不得不開發山坡地之原始森林，此舉壓縮了動、植物之生存空間，此外，台灣山高且地質破碎，夏季之暴雨或颱風易造成大規模之崩塌，除對當地居民造成威脅外，亦影響其他物種之生存環境，為此，如何加速崩場地之植生復育，將有助於恢復各物種之棲地。本研究以莫拉克風災為事件，利用該事件前後期之衛星影像萃取集水區崩場區位，另計算災後集水區植生復育良窳之熱點區位，最後以生物多樣性指數配合崩場率及植生復育率評估集水區崩場地治理之優選順序。研究結果顯示，旗山溪及荖濃溪集水區中崩場率最高之子集水區分別為小林及清水溪；植生復育率則為下游高於上游區位；整體崩場地治理優先順序中，得分最高之前 10 處主要分布於荖濃溪集水區。期本研究之結果可作為相關生態保育單位於環境復育之參考。

**關鍵詞：**崩場地治理、植生復育率、生物多樣性指數。

## Evaluation of Priority Order for The Landslide Treatment Using Biodiversity Index in A Watershed

Tien-Shui Chen<sup>[1]</sup> Cheng-Yu Lin<sup>[2]</sup> Shih-Hua Ho<sup>[2]</sup> Chao-Yuan Lin<sup>[2]\*</sup> Yaw-Long Yang<sup>[1]</sup>

**ABSTRACT** The abundance of endemic species in Taiwan is a great natural treasure accomplished by a diverse altitude ranges due to violent tectonic activities and humid tropical weather conditions with ocean surrounded. With the characteristics of few flatlands, the slope lands are inevitable and have been developed for economic and social requirement gradually, which has caused habitation shrinking of animal and plant. Furthermore, Taiwan also suffers disasters such as striking of torrential rains and typhoons during summer season annually, and is vulnerable to landslide because of fragile geology which threatens to the living things. Thus, to enhance the efficiency of vegetation recovery in landslide area can benefit the habitats of species. Typhoon Morakot induced landslides and vegetation recovery rate in Kao-Ping watershed can be quickly extracted and/or derived from the satellite images in this study. The biodiversity index established in the database of the watershed can then be applied to assess the treatment priority of landslides. The result shows that the highest landslide rate in Chi-Shan and Lao-Nong watersheds are Xiao-Lin and Ching-Shui Xi sub-watersheds respectively. For vegetation recovery rate, the downstream area is higher than upstream area. For treatment priority, the top 10 of sub-watersheds almost distribute in Lao-Nong watershed. It hopes that the result could provide the related authorities as the references of environmental restoration.

**Key Words :** Landslide mitigation, Vegetation recovery rate, Biodiversity index.

### 一、前言

台灣地區位處熱帶及亞熱帶間，氣候溫暖而多雨，且高山林立，海拔落差大，因此蘊育出豐富之物種，根據農委會特生中心之統計結果，維管束植物約有 4,200 種、真菌 5,740 種、野生動物 19,000 種，另因台灣四面環海之長期地理區隔，特有種所占比例極高。然近年來，氣候變遷使全球溫度上升，部分高山物種開始向上移動，若照此趨勢持續發展，致終會造成

部分物種消失；另極端氣候亦使地質破碎之台灣地區造成多處崩塌，破壞原始森林區位，民國 98 年之八八風災即造成台灣中南部國有林班地約三萬公頃崩塌，嚴重壓縮及影響多數生物之生存環境及空間，崩場地治理優選以往皆以「人」為保全對象，但自然資源亦須作為保全對象納入考量，為此，如何快速復育，恢復其生存環境，以避免物種消失極為重要。本研究選擇八八風災受創嚴重之高屏溪集水區的荖濃溪與旗山溪等兩集水區為樣區，先以風災前、後兩期衛星影像萃取其崩場區

[1] 行政院農業委員會特有生物研究保育中心  
Endemic Species Research Institute, Nantou, Taiwan.

[2] 國立中興大學水土保持學系  
Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.

\* Corresponding Author. E-mail : cylin@water.nchu.edu.tw

位，再以 2010 至 2012 年等三期衛星影像作為植生復育之評估期，經計算荖濃溪及旗山溪集水區各子集水區之崩塌率、植生復育率、調查樣區數、生物種類、保育種類與七種物種之 Simpson 生物多樣性指數，作為崩塌地植生復育優先處理順序之標準，期藉此結果快速進行各物種之棲地恢復，以確保台灣之遺傳、物種及生態多樣性，作為後代子孫可永續利用之寶貴資源。

## 二、材料與方法

### 1. 樣區介紹

旗山溪集水區為高屏流域之次集水區之一，位於高雄縣東北側，以旗山溪為主流，集水區面積約為 750 平方公里，北鄰南投縣，西接嘉義縣阿里山鄉及台南市南化區，東鄰高雄市桃源區及六龜區，南接高雄市田寮區及屏東縣高樹鄉、里港鄉，行政區域涵蓋嘉義縣阿里山鄉中山村、達邦村、里佳村、新美村茶山村及高雄市桃源區、三民區、甲仙區、杉林區、內門區、旗山區、美濃區等，主要聯外道路為台 21 線。

荖濃溪集水區亦為高屏河流域之次集水區之一，位於高雄市東北側，以荖濃溪為主流，集水區面積約為 1400 平方公里，北鄰南投縣，西接高雄市三民區、甲仙區、杉林區及美濃區，南鄰屏東縣，東接台東縣，行政區域涵蓋高雄市桃源區、六龜區、茂林區及一部份的屏東縣高樹鄉、里港鄉、南投縣信義鄉，集水區形狀呈狹長型，地勢走向呈東北向西南（圖 1）。

### 2. 研究材料

本研究利用太空遙測中心提供之 2008~2012 年五期之 SPOT 衛星影像萃取崩塌地，配合 DEM 萃取之坡度可得崩塌之量體，另亦利用衛星影像計算植生復育率，配合物種調查結果評估各子集水區之崩塌治理優選（表 1）。

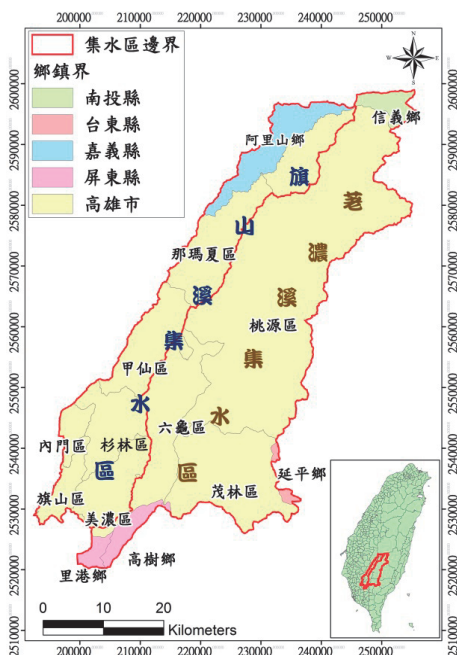


圖 1 旗山溪與荖濃溪集水區地理位置

Fig.1 Location of Chi-Shan and Lao-Nong watersheds

## 3. 研究方法

### (1) 崩塌地動態萃取

在萃取崩塌區位之前，先對崩塌地之光譜反射進行分析，以瞭解其光譜特性，做為崩塌區位萃取之依據。以多期 SPOT 衛星影像資料結合影像相減法計算崩塌前後之差異影像。

#### ① 影像相減法

影像相減法 (image subtraction) 是利用兩期影像像元灰度值相減，以瞭解其變遷情形，其原理簡單且由操作程序甚為簡便 (Lin et al., 2010)。在多期影像之土地利用變遷偵測，將兩個不同時期之影像相減後，未變遷之值將趨近於零，而變遷較大之地區，則顯示較大之正值或負值；相減後之值域分布為-255 到+255 之間，理論上未發生變遷之亮度差值會分布於 0 附近，通常可將其加上一常數轉換至正值 (Jensen, 1996; 林子筌等, 2012)，其計算式如下：

$$DIF = BV_1 - BV_2 \quad (1)$$

式中，DIF 為影像相減後之光譜值差值； $BV_1$  為前期影像像元灰度值； $BV_2$  為後期影像像元灰度值。

#### ② 變遷門檻值萃取崩塌地

利用崩塌地種子點取得崩塌地之初始門檻值，再由使用者以滑鼠或按鍵調整崩塌地變遷百分比，快速地萃取崩塌地之資訊，展示於顯示界面上，可與現地輔助資料如彩色航照圖、相片基本圖或現場 GPS 實測資料等進行視覺比對，計算變遷門檻值、崩塌區位及面積。以此法所萃取之崩塌區位雖較主觀及無精確度評估之資料，但其結果與現況相差不多，對於坡地災害緊急治理或評估時，可提供即時且有效之資訊。

#### ③ Kappa 準確度評估

Kappa 為影像分類後準確度評估之統計量，不同於其他之準確度評估方法如總體精確度、使用者精度及生產者精度，公式中納入漏授及誤授之計算，使得公式之計算結果較能反應實地狀況 (Congalton and Mead, 1983; Gupta, 2013)。其公式如下：

$$\text{kappa} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})} \quad (2)$$

式中  $r$  為分類矩陣之列數， $x_{ii}$  為分類矩陣中欄列對角之樣點數目， $x_{i+}$ 、 $x_{+i}$  為分類矩陣中各欄及各列之樣點數目， $N$  為全部樣點數目。

表 1 研究材料

Table 1 Study materials

圖資	來源	用途
衛星影像	中央大學太空及遙測中心	崩塌地萃取植生復育率評估
DEM	內政部地政司	地形分析
物種分布調查	特有生物研究保育中心	物種多樣性分析

④ 崩塌深度推估

Khazai and Sitar (2000) 針對集水區內崩塌地進行評估時, 依照不同的坡度範圍給定代表性的崩塌深度如表 2。林昭遠及莊智璋 (2009) 針對地震及暴雨所造成之崩塌地, 整合遙感探測、地理資訊系統、影像判釋等技術, 搭配災害前後期 DEM 推估崩塌土方量, 並與 Khazai and Sitar 方法所推估崩塌土方量進行探討, 發現 Khazai and Sitar 方法明顯低估, 且兩者呈現正相關, 故可利用此迴歸方程式加以修正, 以推估較實際之崩塌土方量 (圖 2)。

(2) 坡度分析

坡度為描述高度的變化速率。對 3x3 網格式資料而言, 中心點  $z_5$  坡度計算公式如下 (Wilson and Gallant, 2000) :

$$\begin{cases} z_{x1} = \frac{\partial z}{\partial x} \approx \frac{Z_3 - Z_1}{2h_1} & z_{y1} = \frac{\partial z}{\partial x} \approx \frac{Z_3 - Z_1}{2h_1} \\ z_{x2} = \frac{\partial z}{\partial x} \approx \frac{Z_6 - Z_4}{2h_1} & z_{y2} = \frac{\partial z}{\partial x} \approx \frac{Z_6 - Z_4}{2h_1} \\ z_{x3} = \frac{\partial z}{\partial x} \approx \frac{Z_9 - Z_7}{2h_1} & z_{y3} = \frac{\partial z}{\partial x} \approx \frac{Z_9 - Z_7}{2h_1} \end{cases} \quad (3)$$

$$\bar{x} = \frac{(z_{x1} + z_{x2} + z_{x3})}{3} \quad \bar{y} = \frac{(z_{y1} + z_{y2} + z_{y3})}{3}$$

其中,  $h_1$  和  $h_2$  分別為  $x$  軸與  $y$  軸間距, 因此可以得到中心點  $Z_5$  之坡度  $\theta$  為 :

$$\theta = \tan^{-1} \sqrt{\left(\frac{\bar{x}}{x}\right)^2 + \left(\frac{\bar{y}}{y}\right)^2} \quad (4)$$

(3) 植生復育率

為探討八八風災後續植生復育情形, 選用災後各期之 SPOT 衛星影像為評估期影像。植生復育率 (vegetation recovery rate, VRR) 係以崩塌區位風災前之植生覆蓋因子 ( $C_1$ ) 為參考值, 計算任一評估期之植生覆蓋因子 ( $C_3$ ) 恢復至災前之百分比, 其計算式如下 (Lin et al., 2006) :

$$C = \frac{1 - NDVI}{2} \quad (5)$$

式中  $C$  為植生覆蓋因子,  $NDVI$  為常態化差異植生指標。

$$VRR(\%) = \frac{C_2 - C_3}{C_2 - C_1} \times 100\% \quad (6)$$

式中之  $C_1$  為風災崩塌前之植生覆蓋因子,  $C_2$  為崩塌初期之植生覆蓋因子,  $C_3$  為評估期之植生覆蓋因子。其地景變遷如圖 3 所示, 並將崩塌區位植生復育率分為六個等級, 其中小於 0% 表示崩塌地惡化, 仍無植生入侵; 大於 70% 則表示已復育良好。

(4) Simpson 多樣性指數

多樣性指數用以代表一地區生物物種之歧異度。當多樣性指數越高表示該地區生物種類越多, 即使受外來干擾影響, 使某一物種數量減少仍有其他物種替補此物種原本之生態地位, 其對生態系影響較小。本研究採 Simpson 多樣性指數 (Simpson's index of diversity;  $D$ ) 計算各子集水區之兩棲類、昆蟲類、哺乳類、魚類、鳥類、植物類及蝦蟹類等七類物種之生態多樣性, 及計算方式如下 (Simpson, 1949; Aguilera et al., 2014) :

$$D = 1 - \sum (n_i/N)^2 \quad (7)$$

式中,  $n_i$  為第  $i$  種植物個體數;  $N$  為整個植物社會所有植物種類個體數之和。

(5) 集水區崩塌地治理優選

本研究除考慮崩塌率及植生復育率外, 尚有生態調查之樣區數、生物種類、保育種類及七類物種之生態多樣性, 作為集水區崩塌地治理優選之指標, 而各指標於相加時須先進行正規化, 以去除指標間值域之差異及顯示分析後各指標間之相對權重。其正規化之公式如下 :

$$mI_{xy} = \frac{I_{xy} - I_{y\min}}{I_{y\max} - I_{y\min}} \quad (8)$$

式中,  $mI_{xy}$  為第  $x$  子集水區之第  $y$  類指標正規化後之值;  $I_{xy}$  為第  $x$  子集水區之第  $y$  類指標正規化前之值;  $I_{y\max}$  為第  $y$  類指標之最大值;  $I_{y\min}$  為第  $y$  類指標之最小值。

表 2 Khazai and Sitar 法之坡度與崩塌平均代表深度對照表  
Table 2 Relationship between slope and mean depth of landslide

坡面坡度 (度)	崩塌平均代表深度 (m)
0-30	2.0
30-40	1.5
40-60	1.0
>60	0.5

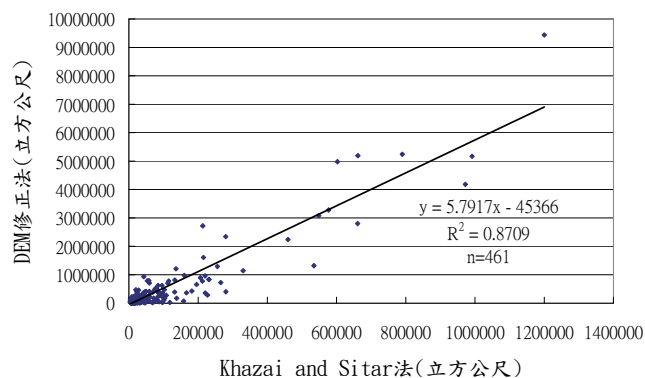


圖 2 K&S 法之 DEM 修正法之迴歸分析結果  
Fig.2 Correlation analysis of landslide volume derived from DEM modified and K&S method



### 三、結果與討論

#### 1. 量體演算

蒐集莫拉克風災前後期之 SPOT 衛星影像 (圖 4 及圖 5)，利用影像處理技術進行崩塌地萃取，可得莫拉克新增崩塌區位如圖 6 所示，kappa 係數之精確度評估結果大於 0.7(表 3)，顯示為分類良好等級 (Congalton and Mead, 1983; Gupta, 2013)。另配合坡度分析配合表 2 之 Khazai and Sitar 法求得崩塌深度，即可進行崩塌土方量估算，經圖 2 修正其崩塌土方量後，可知莫拉克颱風於旗山溪與荖濃溪集水區造成約 5.4 億立方公尺土砂量 (表 4)。

#### 2. 崩塌率

分析各子集水區崩塌率狀況，崩塌率分布如圖 7 所示，其中旗山溪集水區以小林子集水區崩塌率 28.10%為最高，新望嶺子集水區 19.85%次之；荖濃溪集水區則以清水溪子集水區 9.38%為最高，新集山子集水區 9.19%次之。

#### 3. 植生復育率

將前述分析之崩塌區位，利用 2010、2011 及 2012 年等 3 期衛星影像作為評估期，探討植生復育率之變遷情形，據此瞭解莫拉克風災三年間之植生復育情形，研究樣區之集水區崩塌地復育情形如表 5~表 7 所示，整體而言，植生復育率未達 10%者有下降之趨勢，植生復育率達 10%以上之區位則明顯上

升，顯示集水區內植生復育良好，然 2012 年部分區位有惡化之趨勢，表示期間可能受蘇拉 (2012/07/30~08/03) 或天秤 (2012/08/21~28) 颱風事件影響所造成之崩塌，圖 8 為研究樣區植生復育率之變遷情形，而植生復育良好之區位多集中於下游地區，上游地區之自然入侵效果有限，值得注意的是，惡化區多位於上游地區，表示源頭崩塌地可能尚未穩定而有持續擴大之情形。

表 3 崩塌地萃取之誤差矩陣

Table 3 Error matrix of extracted landslides

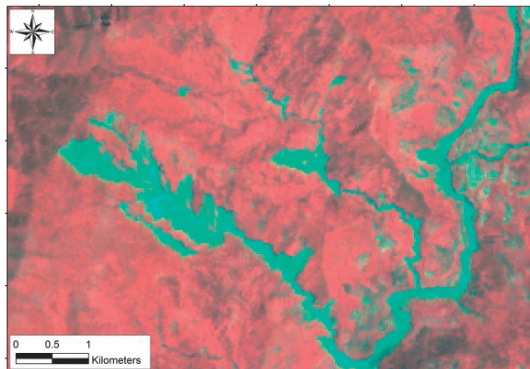
Classification class	Reference data		使用者精度
	崩塌地	非崩塌地	
崩塌地	120	5	96%
非崩塌地	13	112	90%
生產者精度	90%	96%	

kappa 係數=0.86

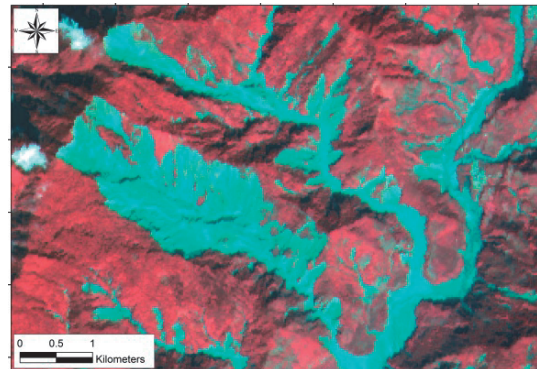
表 4 旗山溪及荖濃溪集水區崩塌量

Table 4 Landslide volume in Chi-Shan and Lao-Nong watersheds

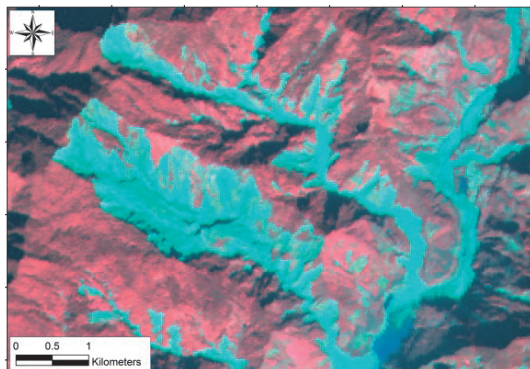
範圍	崩塌面積 (ha)	崩塌量 (m <sup>3</sup> )	平均崩塌深度 (m)
旗山溪	2,163	166,361,821	7.69
荖濃溪	5,661	375,937,160	6.64
合計	7,823	542,298,981	6.93



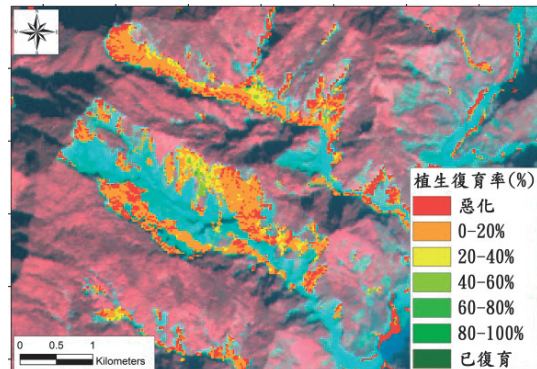
崩塌前衛星影像



崩塌後衛星影像



評估期衛星影像



崩塌地植生復育率評估

圖 3 植生復育率評估示意圖

Fig.3 Illustration of vegetation recovery rate of landslide



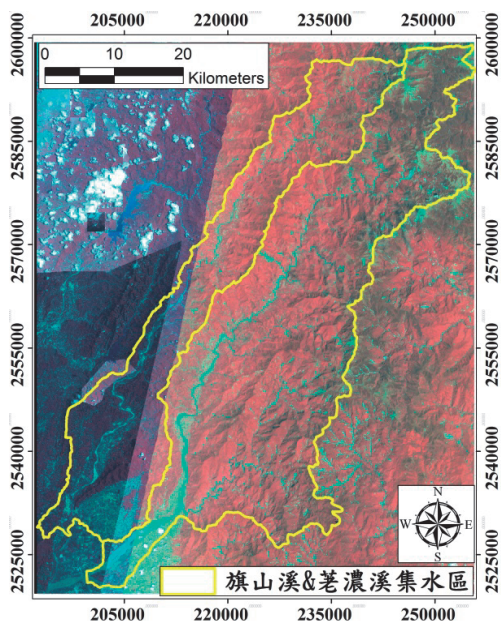


圖 4 莫拉克颱風前期衛星影像

Fig.4 Satellite image before typhoon Morakot

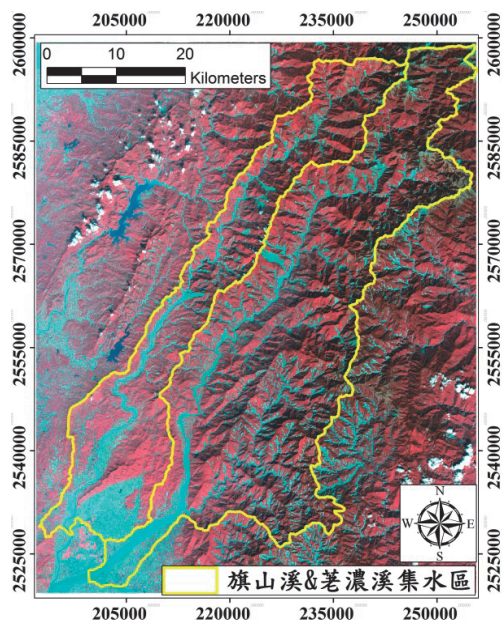


圖 5 莫拉克颱風後期衛星影像

Fig.5 Satellite image after typhoon Morakot

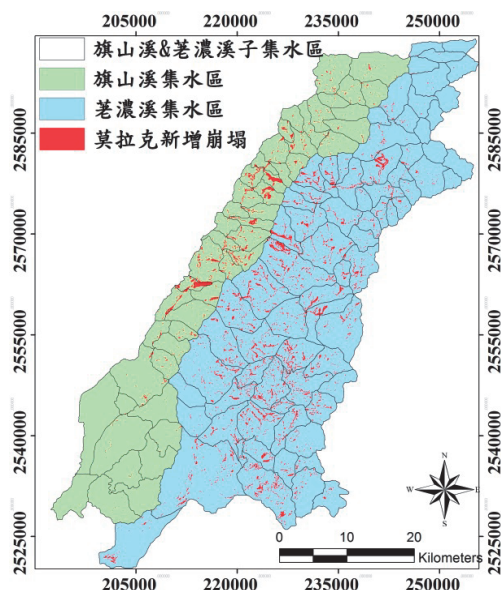


圖 6 崩塌地分布

Fig.6 Distribution of landslide area

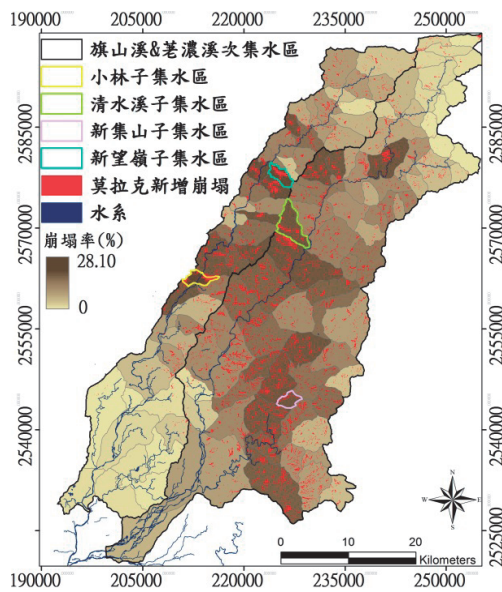


圖 7 崩塌地及崩塌率分布

Fig.7 Distribution of landslide area and ratio

表 5 莫拉克新增崩塌地旗山溪集水區植被復育率評估

Table 5 Vegetation recovery rate of landslide induced by typhoon Morakot in Chi-Shan watershed

植生復育率 (%)	2010年		2011年		2012年	
	面積 (ha)	百分比 (%)	面積 (ha)	百分比 (%)	面積 (ha)	百分比 (%)
<0	690.20	32.45	275.86	12.97	325.91	15.32
0-10	515.50	24.24	286.47	13.47	426.34	20.05
10-30	505.81	23.78	396.49	18.64	627.82	29.52
30-50	266.86	12.55	404.50	19.02	295.76	13.91
50-70	121.76	5.72	354.34	16.66	218.16	10.26
>70	26.71	1.26	409.18	19.24	232.84	10.95
合計	2126.84	100.00	2126.84	100.00	2126.84	100.00

表 6 莫拉克新增崩塌地老濃溪集水區植被復育率評估

Table 6 Vegetation recovery rate of landslide induced by typhoon Morakot in Lao-Nong watershed

植生復育率 (%)	2010年		2011年		2012年	
	面積 (ha)	百分比 (%)	面積 (ha)	百分比 (%)	面積 (ha)	百分比 (%)
<0	2379.85	42.04	1366.47	24.14	1407.80	24.87
0-10	1506.16	26.60	1225.96	21.65	1123.60	19.85
10-30	1014.94	17.93	1248.44	22.05	1655.14	29.24
30-50	444.55	7.85	741.97	13.11	653.16	11.54
50-70	133.88	2.36	481.96	8.51	381.22	6.73
>70	182.06	3.22	596.65	10.54	440.51	7.78
合計	5661.44	100.00	5661.44	100.00	5661.44	100.00

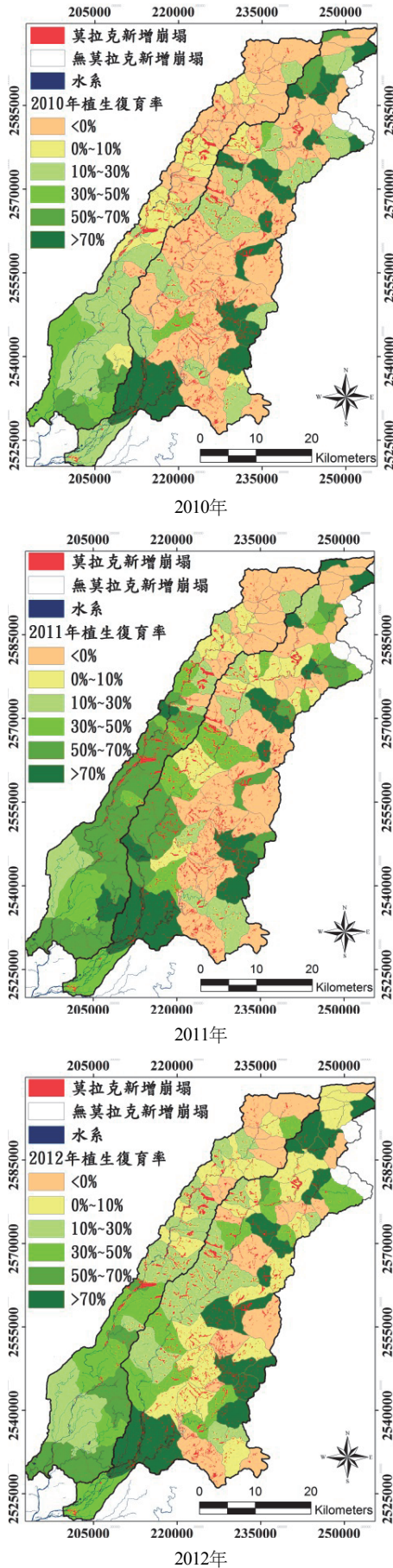


圖 8 研究樣區植被復育之空間分佈  
**Fig.8 Distribution of vegetation recovery in study area**

(1) 旗山溪植生復育情形

為瞭解集水區植生復育良窳之區位，本研究沿主河道之源頭至集水區出口，計算河道上每一網格之集水區內各級植生復育率與集水區面積之比 (圖 9)，藉由比較不同時期之植生復育率可知集水區各處之植生復育之變化。

將各級植生復育率之植生復育沿旗山溪主河道掃描發現 (圖 10~圖 12)，莫拉克後第一年即 2010 年，植生復育較差，大部分區位之植生復育率多為 10% 以下；至 2011 年植生漸漸恢復，其下游區位復育良好，為上游之源頭區位尚未穩定，持續有崩塌出現，因此復育情形較差，其值多為 0% 以下；而 2012 年可明顯發現，10% 以下之區位降低，植生復育率 10%~30% 之區位漸增，顯示整體集水區土砂逐漸穩定，且植生入侵良好。

(2) 荖濃溪植生復育情形

將各級植生復育率之植生復育沿荖濃溪主河道掃描發現 (圖 13~圖 15)，2010 年之結果與旗山溪集水區類似，10% 以下植生復育不佳之區位占大部分；2011 年植生復育率在 0%~10% 之區位最多，尤以下游區位變化最大，復育最佳；直至 2012 年，植生復育率 10%~30% 之面積以超過 10% 以下之區位，可見集水區內植生復育良好。

表 7 莫拉克新增崩塌區集水區植生復育率評估  
**Table 7 Vegetation recovery rate of landslide induced by typhoon Morakot in Kao-Ping watershed**

植生復育率 (%)	2010年		2011年		2012年	
	面積 (ha)	百分比 (%)	面積 (ha)	百分比 (%)	面積 (ha)	百分比 (%)
<0	3070.06	36.37	1642.33	19.46	1733.71	20.54
0-10	2021.66	23.95	1512.43	17.92	1549.94	18.36
10-30	1520.75	18.02	1644.93	19.49	2282.97	27.05
30-50	711.41	8.43	1146.47	13.58	948.93	11.24
50-70	255.64	3.03	836.29	9.91	599.39	7.10
>70	208.77	2.47	1005.83	11.92	673.35	7.98
合計	7,823.28	100.00	7,823.28	100.00	7,823.28	100.00

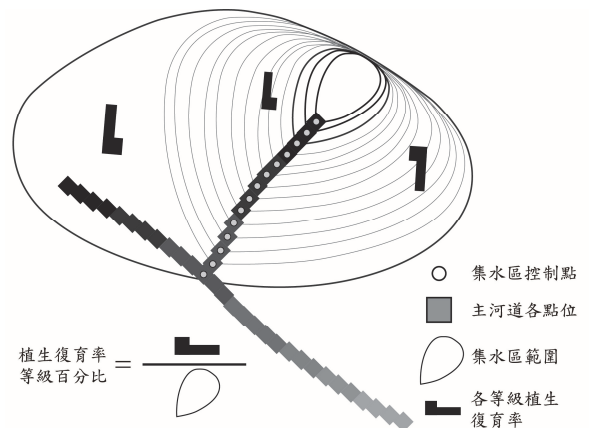


圖 9 集水區植生復育率掃描示意圖  
**Fig.9 Illustration of watershed vegetation recovery rate derived from the outlet scanned along the river**



### 4. 集水區治理優先順序評估

利用特生中心所提供之生物資源調查資料, 分析子集水區調查區位、物種數量、保育類數量及物種多樣性等生物性指標, 作為集水區崩場地復育治理優先順序之參考依據。各評估指標加總前需先進行正規化使其值介於 0~1 之間, 分數值愈大表示集水區生物多樣性高, 崩塌對生物造成之影響及干擾愈大; 另考量集水區崩塌率及植生復育率狀況, 崩塌率愈高則需優先治理, 以免釀成二次土砂災害; 植生復育率狀況可表示自然復育能力之良窳, 植生復育率不佳區位則需透過人為處理方式較能快速恢復地表覆蓋情形, 透過上述指標加總分析可得集

水區治理優先順序如圖 16 及表 8 所示。研究結果顯示, 治理優先順序前 10 處中, 僅甲仙子集水區位於旗山溪集水區內, 其餘 9 處皆位於荖濃溪, 主要原因在於荖濃溪植生復育程度較旗山溪差, 由表 5 及表 6 即可知, 荖濃溪植生復育率小於 10% 知面積大於旗山溪; 植生復育率大於 30% 之面積則小於旗山溪。另以生物多樣性而言, 除爬蟲類外, 物種調查主要分布於荖濃溪集水區 (圖 17), 因此治理優先順序前 10 處多位於荖濃溪集水區, 故建議相關管理單位可將人工復育之重點放在荖濃溪集水區。

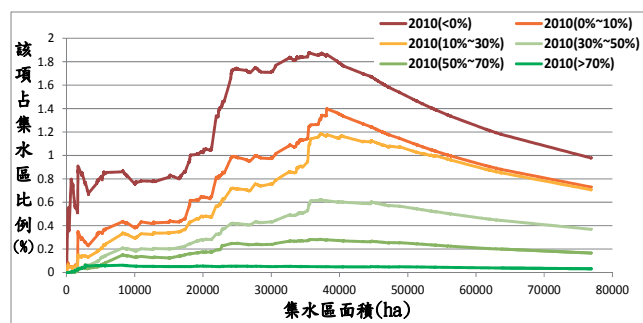


圖 10 2010 年植生復育率旗山溪集水區掃描結果

Fig.10 Vegetation recovery rate in Chi-Shan watershed in 2010

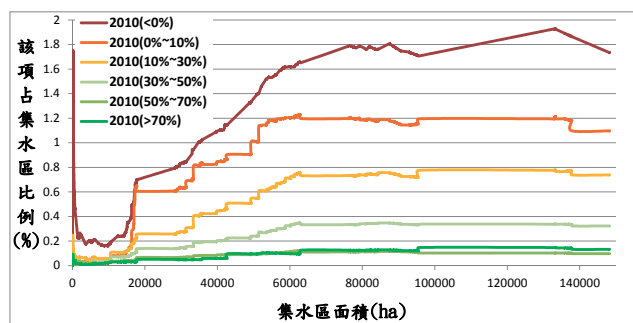


圖 13 2010 年植生復育率荖濃溪集水區掃描結果

Fig.13 Vegetation recovery rate in Lao-Nong watershed in 2010

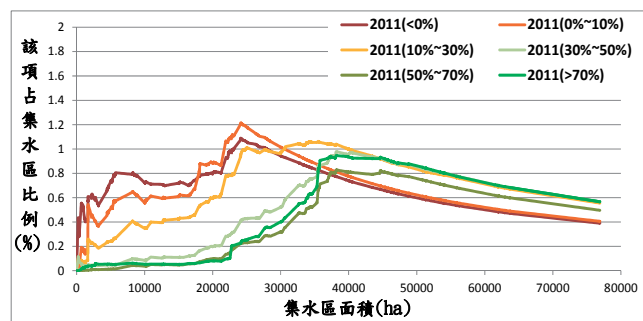


圖 11 2011 年植生復育率旗山溪集水區掃描結果

Fig.11 Vegetation recovery rate in Chi-Shan watershed in 2011

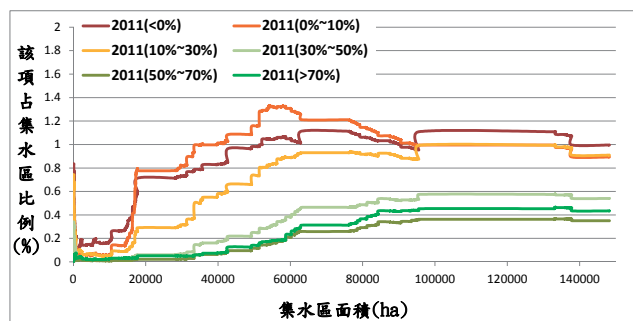


圖 14 2011 年植生復育率荖濃溪集水區掃描結果

Fig.14 Vegetation recovery rate in Lao-Nong watershed in 2011

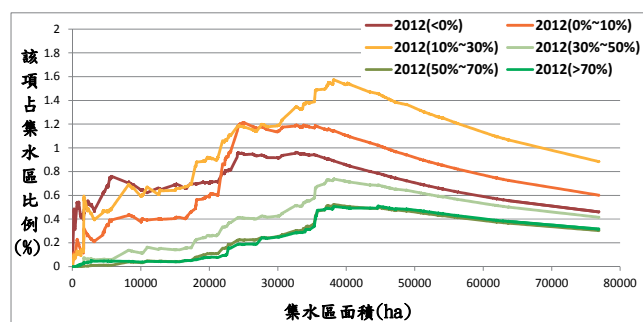


圖 12 2012 年植生復育率旗山溪集水區掃描結果

Fig.12 Vegetation recovery rate in Chi-Shan watershed in 2012

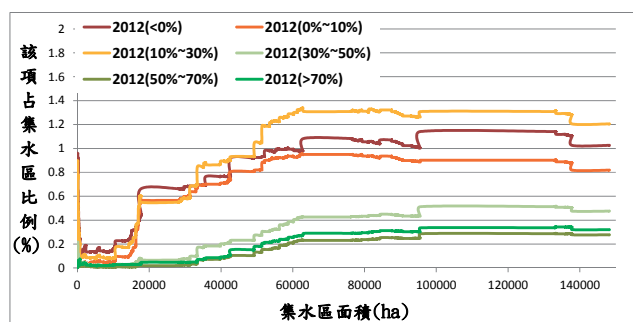


圖 15 2012 年植生復育率荖濃溪集水區掃描結果

Fig.15 Vegetation recovery rate in Lao-Nong watershed in 2012





## 參考文獻

- [1] 林子筌、江孟玲、林昭遠 (2012), 「地文因子對旗山溪集水區莫拉克風災崩塌地植生復育影響之研究」, 水土保持學報, 44(3), 295-312。 (Lin, Y.C., Chiang, M.L., and Lin, C.Y. (2012). "Effects of topographic factors on the vegetation recovery for the landslides caused by Typhoon Morakot in the Chishan streams watershed." *Journal of Soil and Water Conservation*, 44(3), 295-312. (in Chinese))
- [2] 林昭遠、吳瑞鵬、林文賜 (2001), 「921 震災崩塌地植生復育監測與評估」, 中華水土保持學報, 32(1), 59-66。 (Lin, C.Y., Wu J.P., and Lin, W.T., (2001). "Monitoring and Assessment of Vegetation Recovery for the Landslide Caused by the 921 Earthquake." *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*, 32(1), 59-66. (in Chinese))
- [3] 林昭遠、莊智瑋 (2009), 「921 地震崩塌地特性及變遷監測分析」, 921 地震對生態影響與回復研討會論文集, 南投, 台灣, 11-32。 (Lin, C.Y., and Chuang, C.W. (2009). "Extracting Topographic Information and Monitoring Landscape Change for the Landslide Caused by the 921 Earthquake." *Proceedings of 921 earthquake and restore the ecological conference*, Nantou, Taiwan, 11-32. (in Chinese))
- [4] 國家災害防救科技中心 (2004), 「石門水庫淤積及上游集水區崩塌分析評估報告」。(National Science and Technology Center for Disaster Reduction (2004). "Evaluation Report of Shi-Men Reservoir Deposit and Landslide in the Upstream Watershed." (in Chinese))
- [5] Aguilera, P., Cornejo, P., Borie, F., Barea, J.M., Baer, E.V., and Oehl, F. (2014). "Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Triticum aestivum* L. plants growing in an Andosol with high aluminum level." *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 186, 178-184.
- [6] Congalton, R.G. (1991). "A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data." *Remote Sensing of Environment*, 37, 35-46.
- [7] Congalton, R.G., and Mead, R.A. (1983). "A quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation." *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 49(1), 69-74.
- [8] Gupta R., Garg, N., and Singh, S. (2013). "Stock Market Prediction Accuracy Analysis Using Kappa Measure." *International Conference on Communication Systems and Network Technologies*, Gwalior.
- [9] Jensen, J. R. (1996). "Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective." Second Edition, Prentice Hall.
- [10] Khazai, B., and Sitar, N. (2000). "Landsliding in Native Ground: A GIS-Based Approach to Regional Seismic Slope Stability Assessment." Internet Report.
- [11] Lin C.Y., Chuang, C.W., Lin, W.T., and Chou, W.C. (2010). "Vegetation recovery and landscape change assessment at Chiufenershan landslide area caused by Chichi earthquake in central Taiwan." *Nat Hazards*, 210, 55-66.
- [12] Lin W.T., Chou, W.C., and Lin, C.Y. (2006). "Assessment of vegetation recovery and soil erosion at landslides caused by a catastrophic earthquake: A case study in Central Taiwan." *Ecological Engineering*, 28(1), 79-89.
- [13] Simpson, E.M. (1949). "Measurement of diversity." *Nature* 163: 688.
- [14] Wilson, J.L. and Gallant, J.C. (2000). "Terrain analysis." John Wiley & Son, Inc., 51-58.

---

2013 年 12 月 26 日 收稿

2014 年 03 月 18 日 修正

2014 年 04 月 02 日 接受

(本文開放討論至 2014 年 12 月 31 日)