

# 佳保台地區地景變遷之探討

## Studies on the Landscape Change in Jiabaotai Area

李宗宜<sup>1</sup>，蔡正一<sup>2</sup>，林雨璇<sup>1</sup>，馮豐隆<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> 國立中興大學森林系碩士班研究生。

Graduate Student, Department of Forestry, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan.

<sup>2</sup> 國立中興大學森林系博士班研究生。

Ph.D. Student, Department of Forestry, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan.

<sup>3</sup> 國立中興大學森林學系教授（通訊作者）。

Professor (Corresponding author), Department of Forestry, National Chung Hsing University.

# 佳保台地區地景變遷之探討

李宗宜<sup>1</sup>, 蔡正一<sup>2</sup>, 林雨璇<sup>1</sup>, 馮豐隆<sup>3</sup>

**【摘要】**本研究針對 2000 年、2005 年以及 2009 年八仙山國家森林遊樂區中之佳保台地區土地利用型圖，利用 FRAGSTATS 程式分別計算一般性面積指標、形狀性指標及地景多樣性指標之地景結構指數，比較佳保台地區地景在 2000、2005、2009 年的土地利用變遷情形。研究結果顯示，佳保台地區在 2000 年時受到九二一地震的影響，造成大量的裸露地，面積約 12.47 ha，而十文溪河道被土石所掩埋，面積只剩 1.14 ha。2005 年受到海棠及瑪莎颱風的影響，森林面積一度減少，從原本的 75.22 ha 減少為 67.31 ha，不過草生地的面積卻從地震後 0.86 ha 增加為 4.95 ha，表示已有植生入侵裸露地。到了 2009 年裸露地面積降至 2.22 ha，森林面積則恢復到 75.22 ha，顯示天然更新以及人為復育的結果，使得林相漸趨完整。除此之外本研究發現佳保台地區的裸露地集中於十文溪河道兩岸，顯示河道兩岸是容易崩塌的敏感地帶，應加強防治。

**【關鍵詞】**地景變遷、土地利用型、地景結構指數、佳保台地區

---

<sup>1</sup> 國立中興大學森林系碩士班研究生。  
Graduate Student, Department of Forestry, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan.

<sup>2</sup> 國立中興大學森林系博士班研究生。  
Ph.D. Student, Department of Forestry, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan.

<sup>3</sup> 國立中興大學森林學系教授（通訊作者）。  
Professor (Corresponding author), Department of Forestry, National Chung Hsing University.

# Studies on the Landscape Change in Jiabaotai Area

Zong-Yi Li, Jeng-I Tsai, Yu-Hsuan Lin Fong-long Feng

**【Abstract】** This study concerned about the landscape change of land-use in Jiabaotai area from 2000 to 2009. We used FRAGSTATS formula to analyze landscape structure index of land-use map in year 2000, year 2005 and year 2009. We selected landscape index such as the general area index, the shape index and the landscape diversity index and landscape changes were discussed. In this study, a lot of bared ground in Jiabaotai after the 921 earthquake, the bared ground area was about 12.47 ha. The Shyrwenshi river was covered by the soil, so that the river area was only about 1.14 ha. The forest area decreased from 75.22 ha to 67.31 ha by the typhoon Haitang and Martha in 2005. But the grass area increased from 0.86 ha to 4.95 ha. It showed that some of plants grew on the bared ground. The bared ground area decreased to 2.22 ha, and the forest area increased to 75.22 ha in 2009. It showed that the natural regeneration and artificial restoration caused the forest type recover. In addition to, we discover the bared ground often appeared beside the Shyrwenshi river in Jiabaotai, so the area beside the Shyrwenshi river is the sensitive areas. We should do more prevention.

**【Key words】** landscape change, land-use map, landscape index, Jiabaotai area

## I、前言

八仙山自 1915 年日本人開始進行開發，1916 年設立八仙山出張所，自此之後與太平山及阿里山並稱為台灣三大林場。早期的八仙山經營目標是以林木伐採為主，因此，也造就了許多伐木遺跡與集材運材之手法。直到 1978 年配合多目標經營，林務局著手規劃「八仙山國家森林遊樂區」，並在佳保台地區設立遊客中心，於 1986 年正式提供遊客們進行遊憩活動(林務局，1993)。2008 年為了發揮森林環境教育的功能，林務局更在佳保台地區成立了「八仙山自然教育中心」，讓遊客們來八仙山不但能夠進行遊憩活動，還能更進一步了解林業文化與森林的各項功能。

八仙山國家森林遊樂區在 1999 年受到九二一大地震的影響，造成邊坡土砂鬆動，使得區內邊坡多處大面積滑動與崩塌，其崩塌面積自 921 地震前 1.61 ha，遽增為 181.39 ha(林務局，2009)。2005 年受到天然災害的影響(5 月豪雨、7 月的海棠颱風、8 月的馬莎颱風)被迫休園，其中 5 月的豪雨使得八仙山林道 1K+350 十文溪橋被土砂淹埋；海棠颱風造成八仙山林道 0K+150 路基全部流失；瑪莎颱風不但造成台八線交通中斷，更造成遊樂區內多處坍塌，可見這一連串的天災對於八仙山國家森林遊樂區的地景變遷影響甚巨。八仙山國家森林遊樂區經歷了九二一大地震以及海棠與瑪莎颱風的侵襲，許多地形與地貌都已改變，尤其是遊樂區的發展中心佳保台地區，地景的變遷是影響遊客們是否能到此遊憩的重要因素，透過裸露地的消長，與森林的破碎化程度，可以間接了解到這些天然災害對於八仙山地區的影響狀況。因此，本文藉由比較八仙山國家森林遊樂區的發展中心—佳保台地區於 2000 年、2005 年與 2009 年(現況)土地利用型(land use)的改變，找出其地景的變遷，希望能夠了解天然災害對於佳保台地區造成的影響。

## II、前人研究

森林是一種覆蓋面積廣闊的自然資源，森林資源的分佈會受到地形、氣候、土壤的環境因子以及人類對森林資源經濟性開發的態度、技術與速度的人為因子的影響，而土地利用型則可以表現出環境與人為因子對森林影響程度。地景生態學(Landscape Ecology)主要是研究地景內部之空間結構、功能與變遷，地景組成要素間之相互關係，特別是人類與其所屬空間之相互作用及相互協調之過程(馮豐隆、黃志成，1997)。變遷則是指景觀在結構與功能方面隨著時間的變化，並藉由量化地景格局來描述土地利用型的變遷(鄔建國，2003)。

想要了解地景變遷的過程，往往需要依靠遙航測技術來獲得不同時期的影像、光譜等圖層資料，其中衛星遙測資料雖具有全面性、即時性、週期性等資料蒐集上的優點，但往往受限於衛星固定角度及拍攝時間的影響，林地中某些角度的資料常難以獲得，因此在土地利用型變遷分析上，我們通常利用航測技術獲取高精度之資料，配合地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)之疊合分析、展示等功能，必能對地景現況及變遷之過程進行更深入之探討(馮豐隆等，1993)。在進行量化地景格局的過程中，則以美國農部林務局所開發之 FRAGSTATS 軟體進行地景結構量化與變遷分析，因其參數能夠清楚描述地景的基本組成結構，並能有效描述真實的地景範圍(Ritters et al.,1995；張鈞媛、馮豐隆，2008)。

## III 材料與方法

### (I)研究地點介紹

本次研究地點以八仙山國家森林遊樂區的發展中心—佳保台地區為主。八仙山國家森林遊樂區位於東經 120°59'42"至 121°04'13"，北緯 24°08'51"至 24°12'23"，範圍介於八仙山事業區

99-102 以及 107-111 等國有林班地，共計 3129.22 ha，其中因 99、100 及 111 林班地未全部包含於八仙山國家森林遊樂區範圍內，因此實際屬於八仙山國家森林遊樂區的面積共計 2492.32 ha(如圖 1.所示)。而佳保台地區位於十文溪與佳保溪的交會口，由於其地勢較低，加上坡度較為平緩，為目前遊樂區的主要發展地區(如圖 2.所示)，圖 2.中佳保台地區範圍是依據八仙山國家森林遊樂區數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM) 資料中選取海拔高低於 1050 m 的部分視為佳保台地區之範圍，面積共計 92.29 ha。

## (II)研究材料

本研究係利用 2000 年、2005 年與 2009 年佳保台地區正攝影像圖檔，圖名、圖號分別為佳保台(四)、(9621-3-021)(如圖 3.所示)，進行土地利用型繪製，並進一步針對其土地利用型的改變探討其地景變遷。

## (III)研究方法

### 1.土地利用型判釋及繪製

八仙山國家森林遊樂區中森林資源豐富，較少出現單一林相，多以針闊混生林為主，在遊樂區發展中心佳保台地區因為受到人為開發的影響，地景呈現較破碎的現象，另外受到地震及颱風等天然災害的影響而崩塌的情況則常出現於十文溪沿岸，因此本研究即針對佳保台地區 2000 年、2005 年與 2009 年的正攝影像圖，利用 ArcGIS 進行土地利用型判釋與繪製，將其分為針闊混生林、草生地、裸露地、河道以及建築用地，分別探討其人為開發狀況與天然災害造成的影響。

### 2.FRAGSTATS 分析地景結構

在地景結構分析使用美國農部林務署所開發的 FRAGSTATS 程式集進行地景結構指標之運算。地景結構所選用

之地景參數如下(McGarigal and Marks, 1995；張鈞媛、馮豐隆，2008)：

#### (1) 一般性指標

##### a. 地景面積比(Percent of Landscape, %LAND)

當嵌塊體在地景中所佔的面積變得很小時，地景面積比就會接近於 0；當地景包含單一的嵌塊體時，地景面積比值為 100。所有嵌塊體面積和，除以總地景面積，再乘以 100，轉換為百分比等於地景面積比，範圍介於 0-100 之間。

$$\%LAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100) \quad \text{式(1)}$$

%LAND 是地景面積比， $a_{ij}$  是第*i*類第*j*塊嵌塊體面積，A 是總地景面積( $m^2$ )。

##### b.嵌塊體密度(Patch Density, PD)

PD 等於相應嵌塊體數目，除以總地景面積，再乘上10000及100(為了轉換成100公頃)， $PD > 0$ 。

$$PD = \frac{n_i}{A} (10000) (100) \quad \text{式(2)}$$

PD 是嵌塊體密度， $n_i$  是地景中嵌塊體數目，A 是總地景面積( $m^2$ )。

#### (2) 形狀性指標

##### a.平均形狀指數(Mean Shape Index, MSI)

當所有嵌塊體為圓形或方形時，則  $MSI=1$ ；當嵌塊體形狀變的較不規則時，則MSI沒有限制地增加。MSI 等於嵌塊體週長總和除以嵌塊體面積之平方根，再除上嵌塊數。可藉由常數來調整為圓形標準或方形標準。換言之，MSI 等於嵌塊體形狀指標之平均值。

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left( \frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi - a_{ij}}} \right)}{N} \quad \text{式(3)}$$

MSI 是平均形狀指數， $P_{ij}$  是第*i*類第*j*塊嵌塊體的周長， $a_{ij}$  是第*i*類第*j*塊嵌塊體面積， $\pi$  是常數。

#### b. 平均嵌塊碎形維度(Mean Patch Fractal Dimension, MPFD)

對於一個二維的地景而言，其碎形維度大於1，當周長為圓形或方形時，則MPFD 接近於1；當周長被填滿時，則MPFD 接近於2。MPFD 等於嵌塊體周長之自然對數乘上2 倍，除以嵌塊面積之自然對數，除以相同嵌塊數目。

$$MPFD = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left( \frac{2 \ln P_{ij}}{\ln a_{ij}} \right)}{N} \quad \text{式(4)}$$

MPFD 是平均嵌塊碎形維度， $P_{ij}$  是第*i*類第*j*塊嵌塊體的周長， $a_{ij}$  是第*i*類第*j*塊嵌塊體面積。

### (3) 多樣性指標

#### a. Shannon's 多樣性指數(Shannon's Diversity Index, SHDI)

當地景層僅含有一種嵌塊體時，則SHDI=0；當嵌塊類別隨面積比例增加時，則SHDI 亦會隨之增加，其範圍SHDI > 0。

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (p_i - \ln p_i) \quad \text{式(5)}$$

SHDI 是Shannon's多樣性指數， $m$  是地景中嵌塊體類型數， $P_i$  是嵌塊體在地

景中所佔之比例。

#### b. Simpson's 多樣性指數(Simpson's Diversity Index, SIDI)

當地景中僅有一個嵌塊體時，則SIDI 為0；若是各種嵌塊體數目隨面積分佈比例而增加而增加時，則SIDI 接近於1， $0 < SIDI < 1$ 。

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2 \quad \text{式(6)}$$

SIDI 是 Simpson's 多樣性指數， $m$  是地景中嵌塊體類型數， $P_i$  是嵌塊體在地景中所佔之比例。

#### c. 修正Simpson's 多樣性指數(Modified Simpson's Diversity Index, MSIDI)

當地景中只有一個嵌塊體時，則MSIDI 等於0。MSIDI 隨不同嵌塊體類別增加而增加， $MSIDI > 0$ 。

$$MSIDI = -\ln \sum_{i=1}^m p_i^2 \quad \text{式(7)}$$

MSIDI 是修正Simpson's 多樣性指數， $m$ 是地景中嵌塊體類型數， $P_i$  是嵌塊體在地景中所佔之比例。

#### d. Shannon's 均勻度指數(Shannon's Evenness Index, SHEI)

當地景中僅含有一種嵌塊體時，或當各種嵌塊體面積分佈逐漸增加成奇數時則SHDI=0；當嵌塊面積類別為偶數時，則SHDI=1，它的範圍介於 $0 < SHEI < 1$ 。

$$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i - \ln P_i)}{\ln m} \quad \text{式(8)}$$

SHEI 是Shannon's 均勻度指數，m 是地景中嵌塊體類型數，Pi 是嵌塊體在地景中所佔之比例。

#### IV 結果與討論

##### (I) 土地利用型判釋結果

佳保台地區在2000年受到九二一大地震的影響，導致十文溪沿岸土石流嚴重，不但造成許多的裸露地，連原本屬於十文溪河道的部分也因受到土石崩塌的影響導致河道被掩埋，其裸露地面積共計約12.47 ha，到了2005年裸露地面積減少至剩下約9.39 ha，2009年更降低到只剩下約2.22 ha。推測是因為許多植物會入侵裸露地，尤其是草本植物更是生長快速，草生地由2000年九二一大地震後約0.86 ha，2005年增加至約4.95 ha，可見其生長之快速。

就森林的總面積來看，2000年佳保台針闊混合林約佔75.22 ha，2005年針闊混合林面積減少至約67.31 ha，2009年面積又增加至約75.22 ha，推測原因是九二一大地震後造成土壤地基鬆動，林木根系抓地力降低，因此2005年受到海棠颱風及瑪莎颱風帶來強風豪雨的影響，林木無法抵抗其侵襲，因此森林面積才會減少；另一方面也可能是受到人為開發的影響，導致遊樂設施區附近的林地面積減少。在經歷地震與颱風的侵襲後，林管處特別針對十文溪沿岸進行整治工程，並且針對崩塌地附近進行植生復育的工作(林務局，2009)，因此2009年森林面積又恢復至約75.22 ha。

#### (II) 地景結構指標運算

##### 1. 一般性指標

一般性指標是指周長、面積、嵌塊體種類等資訊之概述，主要描述和面積有關之資訊(張鈞媛、馮豐隆，2008)。

由圖7. 之佳保台地區地景面積比指數中可以看出，裸露地所佔之面積逐年減少，從13.63降低之2.43%，河道的面積從0.94%上升至8.07%，草生地面積從1.25%上升至5.78%，代表佳保台地區在經過九二一大地震後所造成的裸露地，經由植物天然入侵以及人為復育的方式，漸漸的轉變為林地以及草生地。另一方面河道的面積增加，代表十文溪經由整治工程，已漸漸脫離九二一大地震所造成的掩埋狀況。

嵌塊體密度可反映地景的複雜程度，嵌塊體密度較高，表示基質中有許多散佈的小嵌塊體，其中森林地的嵌塊體密度由1降至0.57，裸露地嵌塊體密度由2.23降至0.71，代表佳保台地區受到九二一大地震後而形成地景破碎化的程度有漸漸的回覆趨勢，森林地嵌塊體密度降低可能是因為林相漸趨完整，導致其嵌塊體各數下降；而裸露地嵌塊體密度下降則是因為其面積減少所致。草生地及河道從2000年至2005年嵌塊體密度急遽增加，表現出2000年佳保台地區受到921地震的影響造成這兩種嵌塊體很少，到了2005年時由於天然更新再加上人為整治，河道與草生地的面積才大幅增長，因此嵌塊體密度也隨之增加。建築物嵌塊體密度先增後減，推測是因為在2005年之前遊樂區進行開發利用的情況較多，加上天然災害的影響導致其林相破碎化，因此可從正攝影像圖觀察到，2005年之後遊樂區開發利用



減少，再加上植生復育使得林相漸趨鬱閉，導致建築物嵌塊體密度下降（如圖8. 所示）。

## 2. 形狀性指標

形狀指標是指嵌塊體圖形的複雜程度，即地景受到干擾的程度，一般以人為活動對地景干擾影響較大。從圖9. 中可看出受到九二一地震及颱風的干擾，森林(從2.21上升至2.72)及河道(從1.09上升至1.56)有較明顯的變化外，其它地景變化皆不大。如果綜合來看各地景的形狀指數皆在1.09-2.72之間，顯示在這段時間中，佳保台地區受到人為干擾不大。

碎形維度值介於1-2間，若值越接近2，表示嵌塊體形狀越複雜，相反的其值越接近1，代表其嵌塊體形狀越完整。由圖10. 可得知，森林地(1.11增加至1.13)、草生地(1.03增加至1.07)與河道(1.02增加至1.07)碎形維度值增加，但增加幅度並不大，而裸露地與建築物的碎形維度值則呈現下降，表示佳保台地區從2000年至2009年間，地景並沒有明顯的破碎化現象發生。

## 3. 地景多樣性指數

如圖11. 所示佳保台地區2005年的地景多樣性指數皆比2000年以及2009年來的高，代表地景由2000年主要由森林地及裸露地所組成轉變為2005年各種地景皆有的地景多樣性狀況，直到2009年又回到以森林地景為主體。

當地景是由單一區塊所構成時，地景是均質，其不具地景的多樣性，SHDI、SIDI 及MSIDI 均為0。隨著區塊類型數目的增加，SIDI 最大值為1，

SHDI 及MSIDI 則沒有限制；當SHEI 趨近於0時，表示整個地景的組成不均勻，有某些類別分佈佔優勢，若是趨近於1 時，則表示整個地景組成均勻，各類地景要素所佔有之面積比例相當。而當地景中的土地利用型種類增多時，由一種土地利用型佔優勢的可能性降低，因此地景均勻度亦有增加的趨勢（陳正華，2001；張鈞媛、馮豐隆，2008）。

## V 結論

本次針對八仙山國家森林遊樂區中的佳保台地區2000年、2005年以及2009年的土地利用型進行地景變遷的探討，發現佳保台地區受到九二一地震影響，區內許多地區崩塌，裸露地面積高達約12.47 ha，且多集中於十文溪沿岸，連原本應屬於十文溪河道的範圍都因為被土砂掩埋而形成裸露地(河道面積只剩約1.14 ha)。另外由2000年的土地利用型發現大多是裸露地與林地，草生地面積甚少出現(僅佔約0.86 ha)，可見在九二一大地震前，佳保台地區地理環境適合林木生長，森林資源豐富。2005年受到海棠與瑪莎颱風的影響，森林面積大量減少(剩67.31 ha)，在此期間遊樂區也有進行一些整治工程，原本因地震而減少的河道面積也增加至約7.28 ha。到了2009年，經由天然回復與人為復育的影響，森林地面積又回復到75.22 ha，而裸露地面積則降低剩下2.22 ha。

另外透過地景結構指標的分析，從一般性指標中我們可以觀察到裸露地的地景面積指數從2000年20.59降至2009年2.79，嵌塊體密度由2.23降至0.71，顯示裸露地面積在佳保台地區逐漸減少，且其分佈範圍也降低；由形狀



指標可發現，佳保台地區從2000年之後受到人為干擾的影響不大，地景的變遷多半是受到天然災害的干擾，其中又以森林地及河道受到干擾較為嚴重；從地景多樣性指標的變化可說明，佳保台地區在921地震後地景多半是由森林地與裸露地所組成，到了2005年由於植生的演替，再加上天然災害及人為干擾的影響，地景呈現多樣性，到了2009年，由於植生恢復得差不多，使得地景多樣性降低，恢復為較均值的針闊混合林。

佳保台地區受到九二一大地震的影響，可能造成地質結構改變，也導致之後受到颱風及豪雨的影響，使得森林地面積減少，因此針對十文溪河道兩旁易形成崩塌地的部分應進行整治，如此才能夠避免災害再度發生。

## VI 參考文獻

- 林務局 (1993) 八仙山森林遊樂區計畫。57頁。
- 林務局 (2009) 大甲溪上游野溪國有林地治山防災治理成效檢討評估及治理與復育計畫研擬成果報告書。
- 張鈞媛、馮豐隆 (2008) 新化林場地景變遷之探討。林學研究季刊，30(2):69-81。
- 陳正華(2001) 南仁山生態保護區地景變遷之研究。國立屏東科技大學森林學研究所碩士論文，105 頁。
- 馮豐隆、黃志成、陳英彥 (1993) 地理資訊系統應用於惠蓀實驗林場土地利用變遷之研究。遙感探測，19:71-95。
- 馮豐隆、黃志成、陳英彥 (1993) 地理資訊系統應用於惠蓀實驗林場土地利用變遷之研究。遙感探測，19:71-95。
- 鄔建國(2003) 景觀生態學-格局、過程、尺度與等級。五南圖書出版公司，364頁。
- McGarigal, K., B.J. Marks (1995) FRAGSTATS: Quantifying Landscape Structure, General
- Ritters, K. H., O'Neill, R. V., Hunsaker, C. T., Wickham, J. D., Yankee, D. H., Timmins, S. P., Jones, K. B., & Jackson, B. L. (1995). A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*, 10(1): 23–39. Spatial Pattern Analysis Program for Technical Report PNW-GTR-351, 122p.

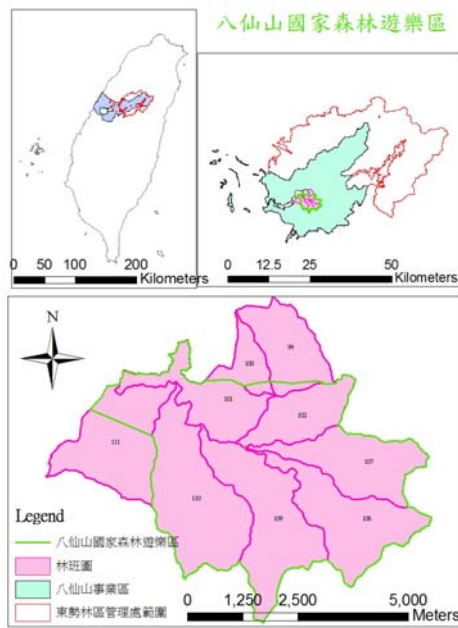


圖1. 八仙山國家森林遊樂區位置圖

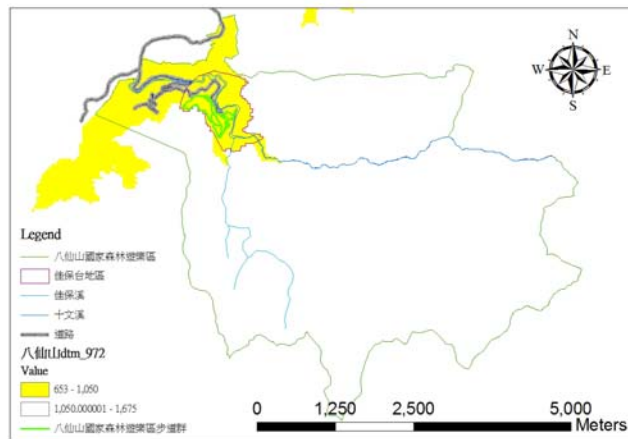


圖2. 佳保台地區範圍圖

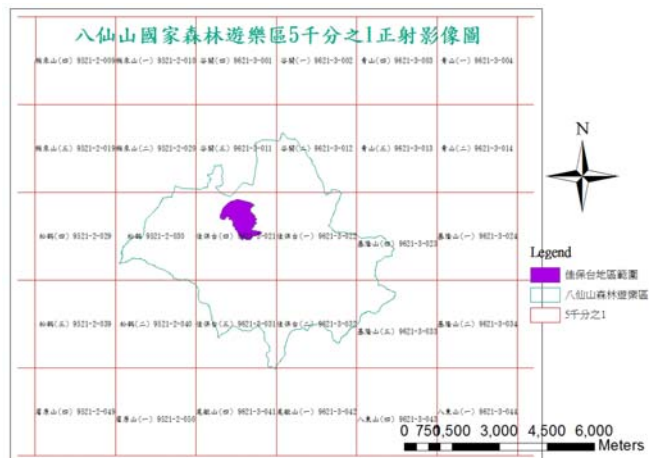


圖3. 八仙山及佳保台五千分之一正攝影像圖(包括圖名與圖號)

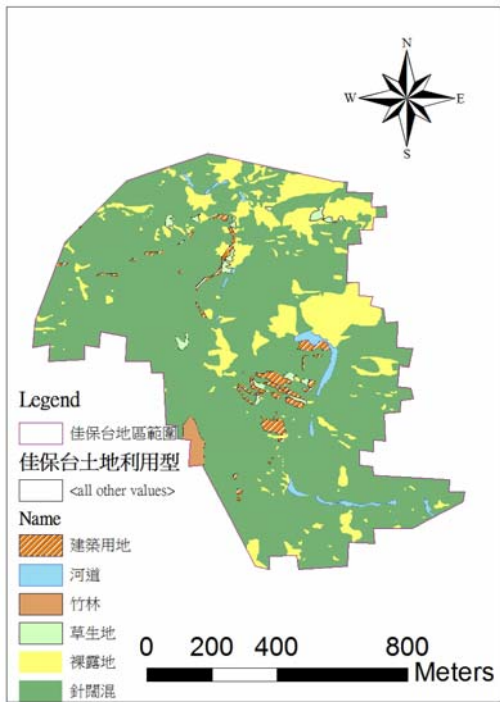


圖4. 2000年地震後佳保台土地利用型

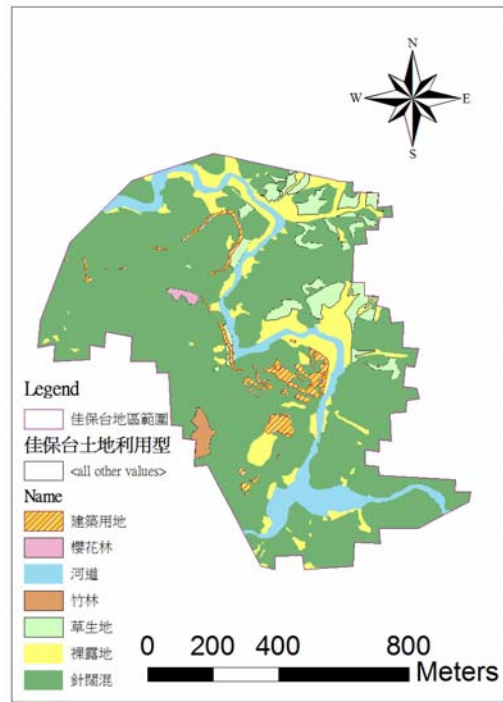


圖5. 2005年海棠與瑪莎颱風後佳保台土地利用型圖

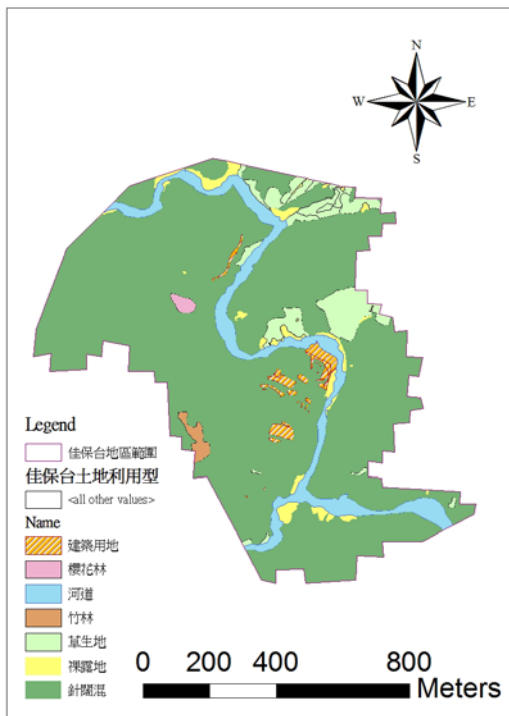


圖6. 2009年以來佳保台現況之土地利用型圖

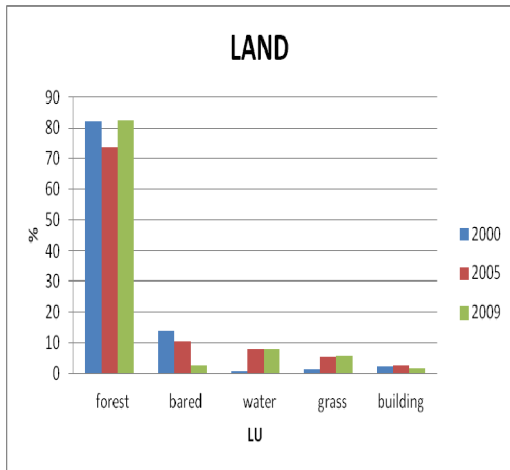


圖7. 佳保台地區2000、2005及2009年地景面積比變化

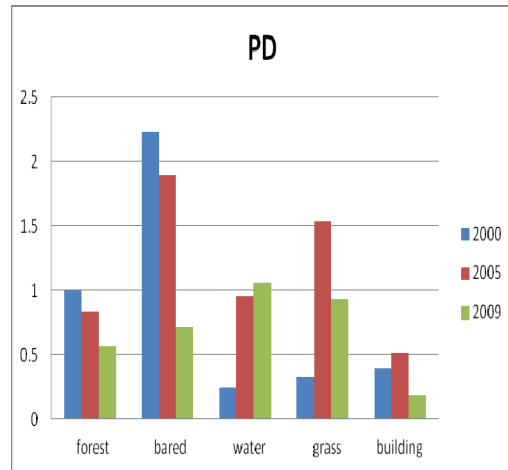


圖8. 佳保台地區2000、2005及2009年嵌塊體密度變化

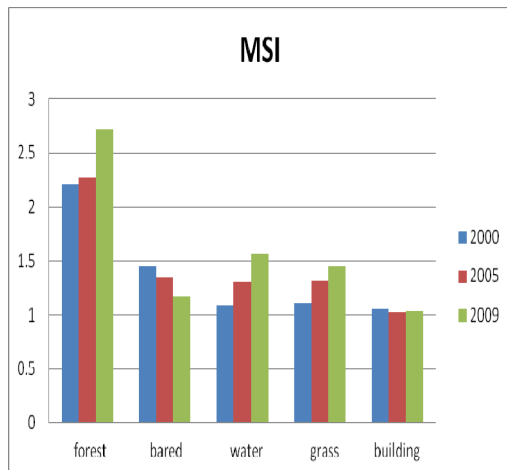


圖9. 佳保台地區2000、2005及2009年形狀指數變化

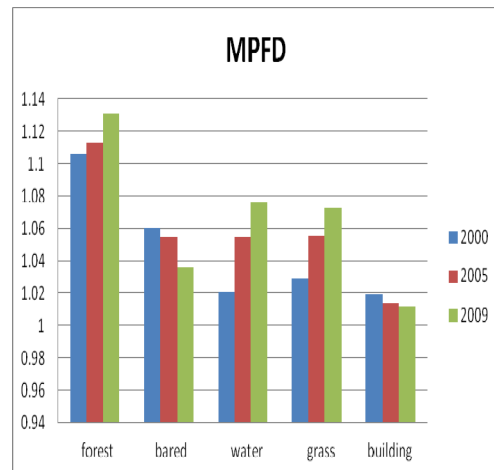


圖10. 佳保台地區2000、2005及2009年碎形維度變化

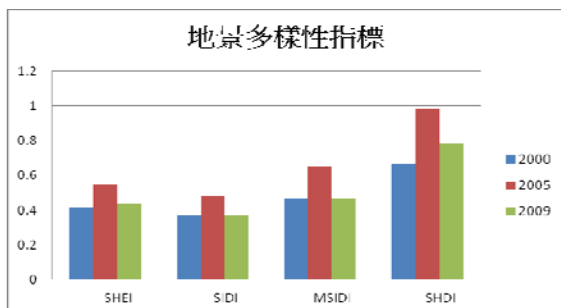


圖11. 佳保台地區2000、2005及2009年Shannon's均勻度指數、Shannon's多樣性指數、Simpson's多樣性指數