

關刀溪長期生態試驗地之地景格局代表性分析

簡炯欣¹ 馮豐隆²

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

²國立中興大學森林學系 臺中市國光路250號

摘要

本文以地景生態學的理論、原理和方法，應用於關刀溪長期生態試驗地與惠蓀林場之地景格局及變化研究，將該二地區之 1964、1977、1987、1996 及 1998 五個年代之坡度、坡向、海拔高、年平均溫度、年降雨量、全天光空域、合成水分指數及溫度指數等 8 項之 40m x 40m 網格分布資料，以 F-test 比較生育地因子及 K-S test 檢定結果，與二地區之植生調查結果相符，得知關刀溪長期生態試驗地之土地利用型之自然生態分布狀況在惠蓀林場中具有取樣代表性。惟考慮交通較容易到達問題，建議在惠蓀林場第 4、5 林班之濱臨關刀溪河岸地區再設置研究區域。

關鍵詞：地景生態學、地理資訊系統、地景格局

收件日期：2000 年 7 月 31 日

接受日期：2001 年 6 月 26 日

緒言

自從 1968 年德國召開第一次地景生態學 (landscape ecology) 國際學術研討會(傅伯杰 1993)後，運用地景生態學觀念之研究已逐漸受到學者重視，例如美國在 1970 年代末亦迅速發展地景生態學，強調地景生態學研究的生物基礎，1986 年 Forman and Godron 並提出地景生態學的基礎理論；而 1993 年美國為保護美國太平洋西北區隨著花旗松(Douglas-fir)老林分的砍伐而瀕臨絕種的斑點貓頭鷹(spotted owl)，以森林生態系經營之保育措施及地景生態學的概念為架構，劃設保留區、廊道及一般森林區，以維護其在生育地中移動、繁殖族群的環境。

應用地景生態學觀念分析野生動物有利的棲息環境之研究，為自然生態研究之發展

趨勢。在林業上，Franklin 與 Forman(1987)以地景結構參數來偵測森林砍伐後地景單元的格局變化情形；肖篤寧等人(1991)在瀋陽西郊景觀格局變化之研究中，以航空照片進行景觀格局劃分，分析三十年間地景生態指標及景觀格局變化狀況，進而瞭解該區城市化趨勢；邱祈榮(1998)的林地資源調查與分類中以地景單元作族群、林分、動態、方位、地形尺度層級之定位；而黃志成(1997)的森林地景監測之研究（以惠蓀林場為例），藉由地景優勢度、多樣性等生態指標分析，可協助瞭解地景單元的變化情形，探討土地利用及地景空間排列變化之監測方法。

本研究以地景生態學之相關原理，將關刀溪長期生態研究試驗地(Gandaushi Long - Term Ecological Research, GLTER)與惠蓀林場(Hui-Sun Forest Experimental Station, HSFES)

之地景空間格局有關生育地因子：坡度、坡向、海拔高、年平均溫度、年降雨量、全天光空域、合成水分指數及溫度指數等生育地因子資料，及不同時期土地利用型圖檔，製作成 40m x 40m 網格式，以作為整合資料與套疊分析使用。經分析比較該試驗地之生育地因子在惠蓀林場中是否具有取樣之代表性，有無增加試驗地範圍之必要，將其結果提供森林資源調查與監測之參考。

材料與方法

一、研究地區概況

惠蓀林場位於臺灣中部，北緯 24°00'至 24°09'，東經 120°57'至 121°09'之間，行政區劃屬於南投縣仁愛鄉，面積 7,423 ha，共有 19 個林班，最高海拔為位於林場南方的守城大山之 2,418m，屬烏溪水系之北港溪流域。地質為第三紀砂岩與頁岩交互而成，多為粘板岩所構成之岩盤，而壤土之面積最廣。年平均溫度 16.2°C，平均年降雨量為 3,876 mm，平均相對濕度為 92.6 %。降雨集中在春夏季 4-8月，枯水期約在冬季 10-12 月；氣溫以 11 月至翌年 2 月較低，5-10 月較高。境內地形複雜、變化多端，森林之垂直分布有亞熱、暖、溫帶森林，蘊育了高多樣性的生物資

源，為臺灣中部地區極具代表性之森林。因此，1994 年將惠蓀林場內的關刀溪集水區劃設為長期生態研究試驗地，其面積共計 210 ha(圖1)。

二、研究材料

(一)惠蓀林場一萬分之一像片基本圖。

(二)惠蓀林場1964、1977、1987年航空照片。

(三)關刀溪長期生態試驗地之1964、1977、1987、1996及1998年航空照片。

(四)現有圖籍與屬性表-即40m x 40m數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)、等高線地形圖、步道、林班等地理資料圖，溫度、合成水分指數、全天光空域等資料，其中全天光空域、合成水分指數及溫度指數等三個生育地因子資料為謝漢欽於1997年應用數值地形模型資料推導所得(謝1997)。

三、研究方法

(一)建立生態系整合資料庫

以航空照片、像片基本圖分別將1964年、1977年、1987年、1996年及 1998 年等五個年代的關刀溪長期生態研究區之土地利用型圖檔，建立於地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)中。另將坡度、坡

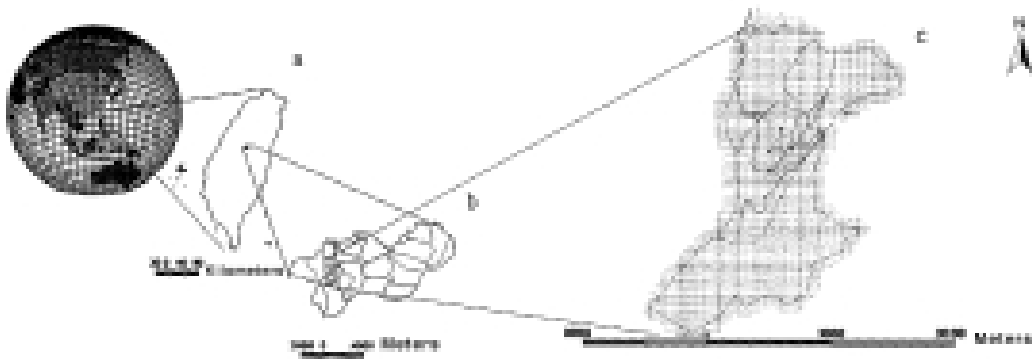


圖1. 關刀溪長期生態試驗地多尺度位置圖，a.臺灣，b.惠蓀林場，c.關刀溪試驗地。

Fig. 1. The location of the GLTER site (a. Taiwan; b. HSFES; c. GLTER).

向、海拔高、年平均溫度、年降雨量、全天光空域、合成水分指數及溫度指數等生育地因子資料，製作成 40m x 40m 網格式，以配合臺灣生育地群集資料庫作資料整合分析。

(二) 地景格局之變化分析

1. 求算地景結構參數(landscape structure parameter)

地景在結構上有嵌塊體(patch)、廊道(corridor)及基質(matrix)等三種基本要素，單一年代中以闊葉樹占有面積最多定義為基質，道路、河流為廊道，其他則為嵌塊體。研究中將已建立位相(topology)關係之五個不同時期之土地利用型圖檔，分別以地理資訊系統之查詢功能，求算其地景結構參數，包括：嵌塊體面積(patch area, A)、嵌塊體周長(border, P)、嵌塊體頻度(frequency, f)、嵌塊體內緣比(edge-to-area ratio, S)、形狀指數(shape index, Si)、嵌塊體種類數量(number of patch types)，由嵌塊體面積和周長的變化情形，可反應出變化趨勢，其形狀指數越高者為該嵌塊體之邊緣效應增加。

2. 計算地景多樣性指標(landscape diversity index)

(1) 多樣性指數(diversity index, H)：以 Shannon-Weaver 多樣性指數描述關刀溪試驗地之地景(嵌塊體)多樣性指數。

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \times \log_2 P_i \dots\dots\dots(1)$$

式中的 H 為 Shannon-Weaver 多樣性指數，Pi：第 i 類地景單元之面積比，n：地景單元之數目。

(2) 最大多樣性指數(maximum diversity index, Dmax)：求算並分析不同時期之變化情形。

$$D_{max} = \log_2 M, M: \text{嵌塊體之種類個數} \dots\dots\dots(2)$$

(3) 嵌塊體優勢度(patch dominance, Do)：以地景單元之相對頻度及相對密度之算數平均數表示，並分析不同時期之變化情形。

$$D_o = (\sum f_i + \lambda_i) / n \dots\dots\dots(3)$$

式中 Do：嵌塊體優勢度，fi：相對頻度，λi：相對密度。

(4) 均勻性指數(evenness index, E)：求解並分析不同時期之變化情形。

$$E = H / D_{max} \dots\dots\dots(4)$$

式中 Dmax 為最大多樣性指數。

3. 生育地因子比較

為求解代表惠蓀林場生育地之可供試驗研究地區之樣區，以地理資訊系統之土地利用型圖檔，將惠蓀林場與關刀溪試驗地之坡度、坡向、海拔高、年均溫、年雨量、全天光空域、合成水分指數及溫度指數等 8 項生育地因子之 40m x 40m 網格分布資料，以 F-test 計算後進行分析比較。另蒐集該二地區之植生分類調查結果，計算並比較其 Shannon-Weaver 多樣性指數，以植生情形來驗證是否具有代表性。

(三) 地景格局變化分析之檢定

藉由檢驗其自由度、變方分配或標準差等進行適合度測驗，來檢驗是否能由關刀溪試驗地來代表整個惠蓀林場。常用之統計檢定有 χ² test、Kolmogorov-Smirnov (K-S) test (Sokal and Rohlf 1981)、F-test 和 t-test 等檢定。因 χ² test 需有常態分布作為前提，而 K-S test 則不需要考慮分布的型態，但限於連續變數資料和有限樣本裡使用，而 K-S test 所獲得之結果較好(Bailey and Dell 1973, 引自馮豐隆 1985)，本研究在土地利用型方面則先以 K-S test 作檢定；另在作有關兩樣本的平均數是否來自相同的全體之檢定前，其二地區之標準差相同之虛無假設必須先成立(Sokal and Rohlf 1981)。本研究為方便進行二個地區、不同時期之空間尺度與時間尺度比較，分別就地景格局之坡度、坡向...等8項因子，以 F-test 求算其標準差，使其有相同之級距，以利後續之比較分析。

結果與討論

一、建立整合分析用之生態資料庫

在空間尺度上以 40m x 40m 為網格單元當作整合用之基本圖，分別將惠蓀林場與關刀溪試驗地之坡度、坡向、海拔、年均溫、年雨量、全天光空域、合成水分指數及溫度指數等生育地因子資料及不同時期土地利用型圖檔，製作成惠蓀林場 46,639 個網格單元，與關刀溪試驗地 1,674 個網格單元之地景格局。在時間尺度上，則以 1964 年、1977 年、1987 年、1996 年及 1998 年關刀溪試驗地之土地利用型，以 40m x 40m 為網格單元進行地景變遷分析及檢定(圖2)。由於環境影響因素包括氣候、土壤、位置與生物因子，研究中因地質屬於高層次之環境影響因素，以本研究之範圍，其影響較小；至於土壤因子，包括土壤溫度、養分、含水量、有機物、化學反應、深度...等等因素，該地區尚無完整調查資料，故未納入本研究中。有鑑於土壤因子之影響會反應於地面植生狀況(蘇 1989)，故本研究於地景格局變化分析上輔以該地區之植生分類調查結果，比較二個地區之植生 Shannon-Weaver 多樣性指數，以驗證植生是否具有代表性。

二、地景格局之變化分析

以前述公式計算其土地利用型之地景生態指標，包括各種地景單元之優勢度、頻度及密度，並求算五個年度之地景多樣性指數、最大多樣性指數及均勻性指數，以了解在物質循環與能量流動中何種地景扮演優勢的角色及本研究區之地景單元分布均勻狀況，供後續之地景格局比較分析使用(表1-2)。

因關刀溪試驗地各年度之地景多樣性指數(H)相近，分別為 1.96、1.91、2.13、1.99

與 1.97，其中第二階段(1977-1987年)之地景多樣性最高，但下降幅度未達 t 分布統計檢定之差異性，而惠蓀林場在 1964 年、1977 年與 1987 年之地景多樣性指數則為 1.77、2.12與 1.99，其 t 分布統計檢定結果亦為無顯著差異(黃 1997)，顯示二個地區同質性甚高。

另由 1977 年、1987 年、1996 年與 1998 年之總嵌塊體頻度及總周長之增加現象，顯示地景邊緣效應增加，經比對造林台帳，可發現係因早期研究區中之天然林於砍伐後再造林所致。而由內緣比及形狀指數，以說明各土地利用型(嵌塊體)之變化情形及產生的邊緣效應，本區在前三個年度有逐漸增加，後二個年度則趨於穩定。單一類之嵌塊體中以不可植裸地的形狀指數最高，顯示本地區崩塌的情形較多，宜加強造林；其次為針闊混生林及後期竹類之形狀指數有逐漸增加趨勢，可預知該等為本地區將來之演替方向。

另在植生分類調查上，將惠蓀林場地區範圍內所調查之樣區(李 1993；羅 1992)合併後，重新之 Shannon-Weaver 多樣性指數為 1.229。而關刀溪試驗地則為 1.201(呂及歐 1996)，且以 F-test 檢定所得之 F 值為 1.8442，未達顯著差異水準，可知二個地區之植生多樣性指數亦大致相同。

至於不同年間有關地景格局改變情形、各土地利用型之比較及運用 Markov 機率模式之森林演變預測等問題，為另一個有關地景變遷課題，值得蒐集更多資料詳加分析探討。

三、地景格局變化分析之檢訂

為求解代表惠蓀林場生育地之可供試驗研究地區之樣區，以地理資訊系統之土地利用型圖檔，將惠蓀林場與關刀溪試驗地之坡度、坡向、海拔高、年均溫、年雨量、全天光空域、合成水分指數及溫度指數等 8 項主

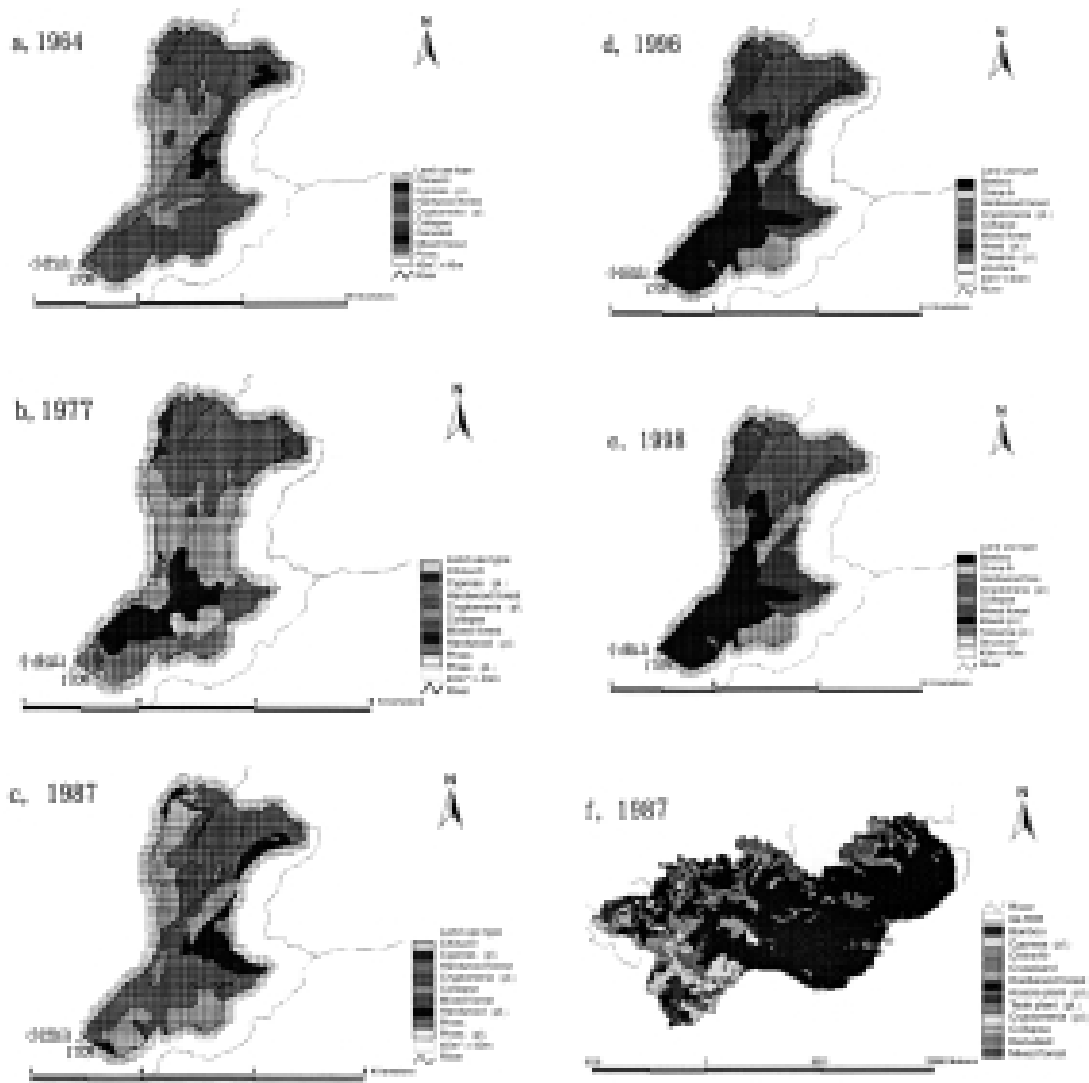


圖2. 關刀溪長期生態試驗地a.1964年、b.1977年、c.1987年、d.1996年、e.1998年及f.惠蓀林場(1987年)之土地利用型圖檔。

Fig. 2. Changes in land uses at the GLTER site (a to e) and HSFES (f).

題之 40m x 40m 網格分布資料，以 F-test 檢定並比較生育地因子後，除坡度和全天光空域二個因子在二個地區間有顯著性差異 ($F_{Slope} = 1.2791 > F_{.05[\infty, \infty]} = 1$, $F_{Mean\ annual\ temperature} = 1.3540 > F_{.05[\infty, \infty]} = 1$)外，其他生育

地因子則無差異性(表3)。

至於關刀溪試驗地與惠蓀林場之土地利用型之自然生態分布狀況，經 K-S test 檢定結果，得1964年之最大值(D_{max})： $|D_{\alpha}| = 0.1610 < D_{.05} = 0.3506$ 、1977年為 0.1871 與

表1. 關刀溪試驗地五個年度土地利用型之地景結構參數 (pl. : 人工林)

Table 1. Landscape structure parameters of the GLTER site in 1964, 1977, 1987, 1996 and 1998 (pl., Plantation)

1964	Patch area (ha)	Border (km)	Shape index	Edge-to-area ratio	Frequency	Percent	Area ratio
Bamboo	0	0	0	0		0	0
China-fir	48.696	6.502	2.63	0.0134	2	23.10	3.70
Cypress (pl.)	0.001	0.045	3.81	0.4038	1	0	0
Hardwood forest	117.646	10.564	2.75	0.0090	3	55.82	8.93
Cryptomeria (pl.)	1.477	0.473	1.10	0.320	1	0.70	0.11
Collapse	20.409	4.857	3.03	0.238	2	9.68	1.55
Denuded	0.322	0.293	1.46	0.910	1	0.15	0.02
Mixed forest	9.338	2.430	2.24	0.260	2	4.43	0.71
Mixed pl.	0	0	0	0	0	0	0
Hardwood (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Pines	12.876	3.329	2.62	0.0259	4	6.11	0.98
Pines (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Taiwania (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Structure	0	0	0	0	0	0	0
Total	210.766	28.493	5.54	0.4259	16	100	
average	13.173	1.781	1.38	0.0135			

1977	Patch area (ha)	Border (km)	Shape index	Edge-to-area ratio	Frequency	Percent	Area ratio
Bamboo	0	0	0	0	0	0	0
China-fir	57.014	7.998	2.99	0.0140	8	27.07	6.23
Cypress (pl.)	3.224	1.232	1.94	0.0382	1	1.53	0.35
Hardwood forest	67.442	6.635	2.28	0.0098	3	32.03	7.37
Cryptomeria (pl.)	0.621	0.310	1.11	0.0499	1	0.29	0.07
Collapse	25.540	4.006	2.24	0.0157	1	12.13	2.79
Denuded	0	0	0	0	0	0	0
Mixed forest	0.18	0.614	4.12	0.3470	2	0.08	0.02
Mixed pl.	0	0	0	0	0	0	0
Hardwood (pl.)	33.420	4.140	2.02	0.0124	2	15.87	3.65
Pines	14.767	3.095	2.27	0.0210	4	7.01	1.61
Pines (pl.)	8.384	1.415	1.38	0.0169	1	3.98	0.92
Taiwania (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Structure	0	0	0	0	0	0	0
Total	210.592	29.446	5.72	0.5249	23	100	
average	9.156	1.280	1.19	0.0140			

1987	Patch area (ha)	Border (km)	Shape index	Edge-to-area ratio	Frequency	Percent	Area ratio
Bamboo	1.769	0.883	1.87	0.0499	1	0.84	0.25
China-fir	47.619	8.991	3.68	0.0189	8	22.64	6.79
Cypress (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Hardwood forest	100.471	13.182	3.71	0.0131	3	47.76	14.33
Cryptomeria (pl.)	1.015	1.450	1.26	0.0443	1	0.48	0.00
Collapse	0.289	0.503	2.64	0.1740	3	0.14	0.00
Denuded	3.522	2.810	4.22	0.0798	5	1.67	0.50
Mixed forest	23.038	5.109	3.00	0.0222	4	10.95	3.29
Mixed pl.	9.121	2.766	2.58	0.0303	2	4.34	1.30
Hardwood (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Pines	15.30	2.779	2.00	0.0182	1	7.27	2.18
Pines (pl.)	1.686	0.604	1.31	0.0358	1	0.80	0.24
Taiwania (pl.)	6.537	1.789	1.97	0.0274	1	3.11	0.93
Structure	0	0	0	0	0	0	0
Total	210.371	39.865	7.75	0.5139	30	100	
average	7.012	1.329	1.42	0.0189			

1996	Patch area (ha)	Border (km)	Shape index	Edge-to-area ratio	Frequency	Percent	Area ratio
Bamboo	0.980	0.963	2.74	0.0983	2	3.28	0.62
China-fir	32.386	5.738	2.85	0.0177	5	19.57	3.72
Cypress (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Hardwood forest	53.402	5.120	1.98	0.0096	1	17.46	3.32
Cryptomeria (pl.)	1.057	0.422	1.16	0.0399	1	1.44	0.27
Collapse	3.855	2.187	3.14	0.567	4	7.46	1.42
Denuded	0	0	0	0	0	0	0
Mixed forest	41.641	6.857	3.00	0.0165	3	23.38	4.44
Mixed pl.	72.126	6.556	2.18	0.0091	1	22.36	4.25
Hardwood (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Pines	0	0	0	0	0	0	0
Pines (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Taiwania (pl.)	5.274	1.367	0.0259	0.0259	1	4.66	0.89
Structure	0.063	0.112	0.1771	0.1771	1	0.38	0.07
Total	210.765	29.321	5.70	0.4507	19	100	
average	11.093	1.543	1.31	0.0139			

1998	Patch area (ha)	Border (km)	Shape index	Edge-to-area ratio	Frequency	Percent	Area ratio
Bamboo	1.458	1.274	2.95	0.0858	2	0.70	30.04
China-fir	31.491	5.630	2.83	0.0179	5	14.94	637.00
Cypress (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Hardwood forest	53.208	5.008	1.94	0.0094	1	25.24	1076.29
Cryptomeria (pl.)	0.731	0.342	1.13	0.0468	1	0.35	14.79
Collapse	3.742	2.259	3.29	0.0604	4	1.78	75.70
Denuded	0	0	0	0	0	0	0
Mixed forest	41.674	6.744	2.95	0.0162	4	19.77	842.98
Mixed pl.	72.654	6.459	2.14	0.0089	1	34.47	1468.65
Hardwood (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Pines	0	0	0	0	0	0	0
Pines (pl.)	0	0	0	0	0	0	0
Taiwania (pl.)	5.731	1.455	1.71	0.0254	1	2.72	115.94
Structure	0.049	0.097	1.23	0.1958	1	0.02	1.00
Total	210.765	29.267	5.69	0.4665	20	100	
average	10.538	1.463	1.27	0.0139			

表2. 關刀溪試驗地之地景多樣性指標

Table 2. The landscape diversity indices at the GLTER site in 1964, 1977, 1987, 1996 and 1998

Parameters	1964	1977	1987	1996	1998
Matrix frequency	3	3	3	1	1
Number of patch types	7	8	10	8	8
Shannon diversity	1.9601	1.9073	2.1277	1.9863	1.9695
Maximum diversity	2.81	3.00	3.17	3.00	3.00
Evenness index	0.6400	0.8033	0.7035	0.7433	0.7433

1987年之最大值 $|D_{\alpha}| = 0.1410$ ，均小於查表值 ($D_{0.05} = 0.3506$)，詳表4，即表示二者係來自相同的族群。因此，可證明關刀溪試驗地土地利用型之種類、個數的分布係來自母體--惠蓀林場，與該二地區之植生調查結果相符，即具有取樣之代表性。

四、建議

由於惠蓀林場之土地利用型中，有部分生育地因子為關刀溪試驗地所不同的，如坡度和全天光空域二個因子。因此為求得其不

同生育地因子之分布情形，再進一步將此一屬性因子圖層套疊惠蓀林場之林班圖後，可發現8項生育地因子中，有3個以上生育地因子不同者位於第1、2、3林班靠近北港溪地區，以及第4、5林班與第13、14、15、16、18、19林班較高海拔之地區，如圖3，如考慮交通較易到達性，建議於第4、5林班再劃設為長期生態研究區，以供生態研究者於調查樣區設置時參考。

結 論

表3. 以F-test檢定惠蓀林場與關刀溪試驗地之坡度、坡向、海拔、年均溫、年雨量、全天光空域、合成水分指數及溫度指數等8項屬性資料(G為關刀溪試驗地，H為惠蓀林場)

Table 3. The F-test statistics in comparison of the landscape structure parameters between the GLTER site and HSFSE (***, significant level at 1%, $p < 0.01$; n.s., not significant at 5% level, $p > 0.05$)

Parameters	F-values	Significant levels
Slope	1.2791	***
Aspect	0.7376	n.s.
Elevation	0.4747	n.s.
Mean annual temperature	0.4740	n.s.
Mean annual rainfall	0.0454	n.s.
Whole light sky space	1.3540	***
Synthetic moisture gradient	0.1434	n.s.
Temperature index	0.4747	n.s.

表4. 以K-S檢定1964、1977及1987年關刀溪試驗地於惠蓀林場之土地利用型代表性之結果

Table 4. The K-S test statistics of the land uses at the HSFSE site and GLTER in 1964, 1977, and 1987 (n.s., not significant at 5% level, $p > 0.05$)

	1964	1977	1987
HSFES	241	284	307
GLTER	16	23	30
D.05	0.3506	0.2944	0.2598
D_α	0.1610 n.s.	0.1871 n.s.	0.1410 n.s.

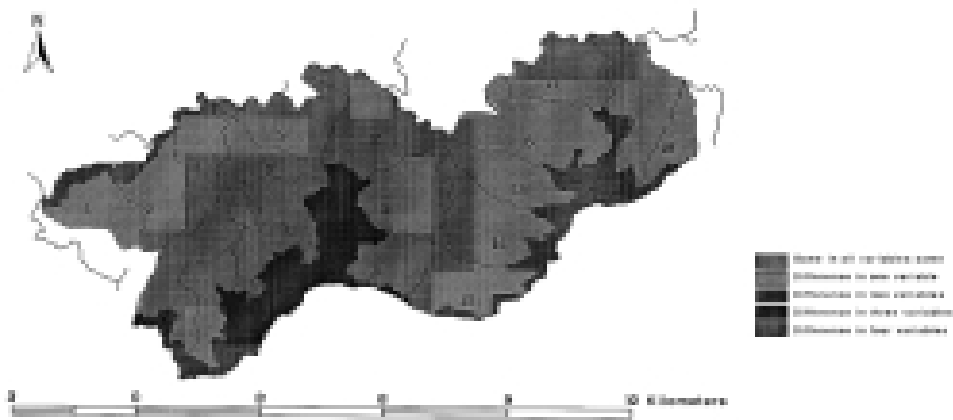


圖3. 8項生育地因子中，惠蓀林場與關刀溪試驗地之不同生育地因子個數之分布情形。

Fig. 3. Differences in distribution of the eight forest ecological variables between the HSFES site and GLTER.

本文引用地景生態學的觀念，探討關刀溪試驗地之地景格局變化，進而比較本研究區與惠蓀林場之坡度、坡向、海拔高、年平均溫度、年降雨量、全天空光域、合成水分指數及溫度指數等8項有關生育地因子，以分析本研究區之生育地狀況是否可代表惠蓀林場，同時尋求其他可設置調查樣區之區域，並作為森林資源調查與監測於資料處理上之參考。研究中以 40m x 40m 為網格單元的整合分析用基本圖，於關刀溪試驗地有 1,674 個網格，惠蓀林場則有 46,639 個網格。惟為方便研究人員對樣區之描述，應將有關調查紀錄表格之項目、使用名稱統一及訂定編碼原則，以方便資料輸入於 40m x 40m 網格中，俾進一步作資料整合分析，為長期生態研究需再探討的問題。至於其他環境因子如土壤、地質等，則於後續研究中整合分析之。由於關刀溪試驗地與惠蓀林場之地景多樣性指數相近，顯示二個地區同質性甚高，經分析檢定結果顯示關刀溪試驗地能代表整個惠蓀林場之土地利用型。

引用文獻

- 呂金誠、歐辰雄。1996。關刀溪長期生態研究區森林植群之初期研究。中興大學實驗林研究彙刊 18(1): 77-108。
- 李明益。1993。惠蓀實驗林場楠櫟櫟林帶次生林植群生態之研究。中興大學森林學研究所碩士論文。
- 肖篤寧、趙羿、孫中偉、張國樞。1991。瀋陽西郊景觀格局變化的研究。肖篤寧(編)景觀生態學：理論、方法及應用。267-278頁。
- 肖篤寧編。1991。景觀生態學：理論、方法及應用。地景企業股份有限公司。
- 邱祈榮。1998。林地資源調查與分類。林務局森林生態系經營中文文獻彙編。193-207頁。
- 傅伯杰。1993。景觀生態學的發展任務。肖篤寧(編)景觀生態學：理論、方法及應用。48-53頁。
- 馮豐隆。1985。台灣二葉松人工林生長與收穫之研究。中興大學森林學系碩士論文。
- 黃志成。1997。森林地景監測之研究-以惠蓀林場為例。中興大學森林學系博士論文。
- 羅南璋。1992。惠蓀實驗林場東峰溪集水區植群分析。中興大學森林學系碩士論文。
- 謝漢欽。1997。應用數值地形資料推導福山地區森林生育地因子。臺灣林業科學 12(1): 1-14。
- 蘇鴻傑。1989。森林植物生態學。臺灣商務印書館公司。462頁。
- Bailey, R. L., and T. R. Dell. 1973. Quantifying diameter distribution with the Weibull function. *Forest Science* 19: 97-104.
- Forman, R. T. T., and M. Godron. 1986. *Landscape ecology*. John Wiley and Sons. New York.
- Franklin, J. F., and R. T. T. Forman. 1987. Creating landscape patterns by forest cutting: Ecological consequences and principles. *Landscape Ecology* 1(1): 5-18.
- Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1981. *Biometry - The principles and practice of statistics in biological research*. W. H. Freeman, San Francisco.

The Landscape Pattern Representative Analysis of the Gandaushi Long-Term Ecological Research Site

John-Sin Cheng¹ and Fong-Long Feng²

¹Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

²Department of Forestry, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

Abstract

This study used the concepts, principles and methodology of landscape ecology to examine the landscape patterns and their changes at the Gandaushi Long-Term Ecological Research (GLTER) site, as compared to those at the Hui-Sun Forest Experimental Station (HSFES), for the years of 1964, 1977, 1987, 1996 and 1998. Eight forest ecological variables were studied: slope, aspect, elevation, mean annual temperature, mean annual rainfall, whole light sky space, temperature index and synthetic moisture gradient. Four landscape diversity indices were used to study the vegetation community structures: the Shannon-Weaver diversity index, maximum diversity index, patch dominance and evenness index. The results of the K-S test and F-test showed that there was no significant difference in the forest ecological variables and the vegetation community structures between the GLTER site and HSFES. They also suggested that the landscape patterns and their changes were similar between the two sites. Therefore, the GLTER site may be representative of HSFES in landscape utilization in the past 34 years. However, due to a few forest ecological variables that were not observed in the GLTER site but in HSFES, and considering the accessibility, it is recommended to establish a new long-term forest research site in the 4th and 5th compartments in the vicinity of Gandau Creek.

Key words: landscape ecology, geographic information system, landscape pattern

Received: July 31, 2000

Accepted: June 26, 2001