

台灣中部溪頭地區天然林與人工林內之陸域脊椎動物多樣性

謝欣怡^{1,2} 袁孝維³ 王力平³ 丁宗蘇^{3,4}

(收件日期：民國 95 年 6 月 6 日、接受日期：民國 95 年 9 月 25 日)

【摘要】 生物多樣性保育，已成為目前森林生態系經營之主要經營目標之一。林業經營不僅改變植物群聚，也會連帶影響野生動物群聚組成。本研究於台大實驗林之溪頭森林遊樂區內進行，探討原生闊葉林、紅檜林、柳杉林、及孟宗竹林等四種不同森林林相之陸域野生脊椎動物群聚組成，並評估野生脊椎動物對不同森林垂直結構層之微棲地選擇。研究共調查到 56 種野生脊椎動物，其中原生闊葉林之物種豐富度及個體數量(45 種、70.9 隻次/km)都高於其他人工單一林相(22-26 種、43.7-54.1 隻次/km)，且有 10 種生物僅於原生闊葉林內被記錄到。樹冠層之物種數(33 種)高於其他垂直結構層(20-22 種)，且樹冠層與中下層之群聚組成相似度相當高(Bray-Curtis 相似度指標，0.648)。就生物多樣性保育而言，保護適當比例之原生森林是必要且有效之措施；這不僅可以維護整個區域之生物多樣性，也可以保存當地稀有原生物種。

【關鍵詞】 生物歧異度、森林生態系經營、棲地選擇、野生動物

SPECIES DIVERSITY OF TERRESTRIAL VERTEBRATES IN PRIMARY FORESTS AND FOREST PLANTATIONS IN SITOU, CENTRAL TAIWAN

Hsin-I Hsieh^{1,2} Hsiao-Wei Yuan³ Lee-Ping Wang³ Tzung-Su Ding^{3,4}

(Received: June 6, 2006; Accepted: September 25, 2006)

【Abstract】 Biodiversity conservation has become one main objective of forest ecosystem management. Forestry practices not only alter plant community composition but also change wildlife community composition. We conducted a study in Sitou Forest Recreational Area to examine the terrestrial vertebrate community composition in primary broadleaf forests, *Cryp-*

¹ 國立台灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處，557南投縣竹山鎮前山路一段12號。

The Experimental Forest, National Taiwan University, 12 Chien-Shan Rd., Sec. 1, Chu-Shan, Nantou 557, Taiwan.

² 台北市立動物園，116台北市文山區新光路二段30號

Taipei Zoo, 30 Sec. 2, Xinguang Rd., Taipei 116, Taiwan.

³ 國立台灣大學森林環境暨資源學系，106台北市羅斯福路四段1號。

School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University, 1 Roosevelt Rd., Sec. 4, Taipei 106, Taiwan.

⁴ 通訊作者。

Corresponding Author.

tomeria japonica plantations, *Chamaecyparis formosensis* plantations, and bamboo plantations and evaluate microhabitat selection of vertebrate species in different forest vertical layers. A total of 56 species was recorded. Both species richness and total relative abundance of vertebrates in primary broadleaf forests (45 species, 70.9 No. km⁻¹) were higher than in the other three types of plantations (22-26 species, 43.7-54.1 No. km⁻¹) and many species (10 species) were only recorded in the primary broadleaf forests. The species richness of vertebrates in canopy layer (33 species) was higher than the other three vertical layers (20-22 species). The canopy layer and sub-canopy layer showed high similarity in community composition (Bray-Curtis similarity index, 0.648). Because biodiversity conservation is a major objective of forest ecosystem management, we contend that keeping large area of primary forests intact is a necessary and efficient measure because it can maintain regional species diversity and protect rare local species.

【Key words】 Biodiversity, Forest ecosystem management, Habitat selection, Wildlife

I、前言

棲地流失，被認為是全球生物多樣性流失的一個主要原因。而森林面積之減少，向來被認為是陸域生物多樣性降低的主要威脅 (Sodhi *et al.*, 2004)。根據聯合國農糧組織以遙測資料為基礎的全球森林覆蓋度調查 (FAO, 2001)，全球森林呈現三個趨勢：(1)熱帶天然林 (natural forest) 大量減少，(2)全球人工林大量增加，及(3)整體森林面積微幅下降。全球之天然林於 1990 年至 2000 年間減少 4.23%，其中有 94% 面積是在熱帶地區；而在此同時，全球人工林 (forest plantations) 面積卻增加 20.65% (FAO, 2001)。兩相抵銷後，全球森林覆蓋面積於 1990 年約佔全球陸地面積之 29.5%，微幅下降至 2000 年之 28.8%。

在評估森林棲地流失對生物多樣性的影響時，許多研究是計算留存的原生森林 (primary forest) 面積，然後運用物種-面積關係 (species-area relationship) 估計在該面積下所能包含之物種數，再據以估計面臨絕種的物種數量 (Brooks *et al.*, 1997; Brooks *et al.*, 2002; Grelle *et al.*, 2005;

Desmet and Cowling, 2005)。這樣的評估方法，是假設原生森林被破壞後，即使已被人工林或次生林所取代，仍是不適合生物棲息的棲地。原生森林對生物多樣性而言，是棲地島嶼 (habitat island)，而人工林或次生林對生物多樣性而言，是無法生存的沙漠或海洋。許多研究指出，人工林及次生林內的物種雖然少於原生森林，但是人工林或次生林內仍然擁有相當多的物種，許多棲息於原生森林內的生物能完全適應人工林或次生林的環境 (Mitra and Sheldon, 1993; Estrada *et al.*, 1994; Canaday, 1996; Ding *et al.*, 1997; Lawton *et al.*, 1998; Stork *et al.*, 2003)。在擁有較高的棲地異質性的情況下，人工林及次生林內的物種總數有時反而比原生森林更高 (Tejeda-Cruz and Sutherland, 2004; Peh *et al.*, 2005; Grelle *et al.*, 2005)。雖然人工林及次生林對生物多樣性保育也能提供一定程度的貢獻，但是出現於人工林及次生林內的獨特物種，大都是常見的普遍種，而原生森林內所擁有的獨特物種，常都是保育迫切性較高的稀有種 (Mitra and Sheldon, 1993; Tejeda-Cruz and Sutherland, 2004)。因此，

就對生物多樣性保育而言，原生森林仍被認為具有難以取代的功能 (Hartley, 2002)。

依據 1995 年第三次森林資源調查，台灣全島目前森林覆蓋率約為 58.5% (林務局, 1995)。1945 年台灣光復時，全島森林面積佔全島面積 49.7%，原野面積佔 13.6% (姚鶴年, 1997)。1954 年第一次台灣全島森林資源調查，台灣森林覆蓋率為 54.7%；1973 年第二次森林資源調查時為 50.6% (姚鶴年, 1997)。與六十年前相比，台灣森林覆蓋率雖然並未大幅縮減，然而林相組成卻有大幅改變，大面積的原生森林已被人工林或次生林所取代。全島近年森林面積為 210 萬公頃，其中人工林面積約 42 萬公頃，佔全島森林面積之 20%，竹林面積為 15 萬公頃，佔全島森林面積 7% (林務局, 1995)。次生林由於與原生森林難以區分，因此合併為天然林，沒有確切之面積資料。但自 1946 年至 1987 年間，林務局於台灣之森林伐採面積累計約為 37 萬公頃 (姚鶴年, 1997)，加上民眾自行砍伐及林火、颱風等天災所造成之次生林，台灣應有相當大面積比例之次生林。

林業經營對森林的主要直接影響是植物群聚組成之改變，然而植群之改變會進而影響到野生動物群聚之組成。而且野生動物通常具有棲地需求較嚴苛、保育迫切性較高、公眾關注程度較高等特性，因此在決定森林生態系的經營策略時，野生動物多樣性的改變，常是相當重要的參考指標，亦是社會大眾所關心的焦點之一。在全球及台灣皆是原生森林大量減少、人工

林大量增加的趨勢下，就森林生物多樣性保育而言，有必要釐清人工林內的生物多樣性是否較低，人工林內的生物相是否與原生森林有大幅差異，而且是否有許多物種僅能生存於原生森林。因此本研究針對溪頭森林遊樂區內之原生闊葉林、及紅檜林、柳杉林、孟宗竹林等三種不同人工林相，就林分之空間尺度，探討不同森林林相內之陸域野生動物相組成及其相對豐度，以了解原生森林的生物多樣性是否較人工林高？原生森林是否擁有許多獨特物種？此外，並更進一步探討在不同森林高度層內之野生動物相及其相對豐度，以做為未來森林營造與撫育作業之參考。

II、材料與方法

本研究於 2003 年四月至 2004 年四月在台大實驗林溪頭森林遊樂區進行野外調查，分別於春季（三月至五月）調查 3 次、夏季（六月至八月）及秋季（九月至十一月）各進行 4 次調查，共累計 11 次調查資料。溪頭森林遊樂區位於南投縣鹿谷鄉，為三面環山的凹谷地形，鳳凰山脈、內樹皮山脈及嶺頭山脈分別構成東、西、南側之山稜界線，海拔在 800-2,000 m 之間；年均溫約 16.6°C；年平均降雨量約 2,635 mm，屬溫暖重溼型氣候 (魏聰輝等, 1995)。為進行各項森林試驗研究，溪頭森林遊樂區內擁有各類不同之人工林，且栽植年代久遠，其內之野生動物與森林已有長期之互動關係。區內除鳳凰山脈為原生闊葉林外，其他大多由人工栽植之柳杉 (*Cryptomeria japonica*)、台灣杉 (*Taiwania cryptomerioides*)、紅檜 (*Chamaecyparis*

formosensis) 等針葉樹種及孟宗竹林 (*Phyllostachys pubescens*) 所組成。

鳳凰山脈的原生闊葉林面積約 620 ha, 植群大致可分為四型, 即(1)瓊楠-假長葉楠-大葉校栗-山香圓型、(2)長尾柯-錐果櫟-南投木薑子型、(3)長尾柯-昆欄樹-西施花-玉山箭竹型與(4)台灣杜鵑-玉山箭竹型 (劉儒淵等, 1994), 由於人為干擾較少, 林相的垂直結構完整且物種豐富。

溪頭柳杉林和紅檜林之林下植被層覆蓋度高且種類豐富, 主要以冷清草 (*Elatostema lineolatum* var. *major*)、觀音座蓮 (*Angiopteris lygodiifolia*)、姑婆芋 (*Alocasia macrorrhiza*)、巒大秋海棠 (*Begonia laciniata*) 等為主要優勢種; 而紅檜之樹形不似柳杉的緊密, 孔隙使透光度增加, 且由於早期撫育作業的實施, 使紅檜的枝下高較柳杉來得高, 提供其他植物較多的生長空間, 因此紅檜林內除了地被層外, 亦包括有江某 (*Schefflera octophylla*)、牛奶榕 (*Ficus erecta* var. *beecheana*)、野桐 (*Mallotus japonicus*)、大葉校栗 (*Pasania kawakamii*) 等灌木或小喬木散置其中。此外, 孟宗竹林則由於毒他作用 (allelopathy) 使得地被植物種類極少 (Chou and Yang, 1982), 林下覆蓋度亦偏低。

為比較不同林相內之野生動物相, 我們於原生闊葉林、人工撫育之柳杉林、紅檜林及孟宗竹林等四種研究區域內最主要林相, 各設立一條 500 m 之穿越線 (圖 1)。紅檜林及孟宗竹林樣區所在的森林區塊 (patch) 面積約為 25-45 ha。原生闊葉林與柳杉林則為研究區域內優勢之林相, 可

視為當地地景結構的基質 (matrix)。野生動物調查對象以脊椎動物為主, 只在非雨天進行, 以每小時 0.5 公里之速度, 沿穿越線計數所有看到或聽到的野生動物種類及數量, 並佐以足印、食痕、排遺、掘痕、窩穴、殘骸、皮毛等遺跡的判別, 調查範圍限於穿越線二旁 50 m 內之區域, 因此不同樣區內之調查面積大致相同; 於每次之野外調查中, 每條穿越線分別於上午及晚間進行一次資料收集, 時間分別為 0600-1000 及 2000-2400; 但絕大部分計數資料來自上午之調查, 晚間調查僅加入上午調查所遺漏之夜行性野生動物 (例如鼯鼠、鷓鴣科、及蛙類等), 其路線及方法均與上午調查一致。另外為調查野生動物在森林內的垂直出現位置, 將各樣區分為樹冠層 (canopy)、中下層 (secondary)、灌叢層 (shrub) 及地表層 (ground) 等四種垂直層次。在本研究中, 樹冠層為森林喬木上部 1/3 之枝葉部分, 中下層為喬木下方 2/3 之枝葉部分, 灌叢層為森林中灌木及小桿材的層次 (高度約 0.1-1.5 m)。於野外調查時, 所有看到或聽到的野生動物, 一併紀錄其在森林內出現的垂直層次。

分別利用物種豐富度 (species richness)、歧異度指標 (Shannon-Wiener diversity index)、均勻度指標 (Hurlbert evenness index)、及 Bray-Curtis 相似度指標 (similarity index) 分析脊椎動物之群聚組成 (Krebs, 1989)。物種豐富度為該群聚內之物種總數, 與各物種在該群聚內之族群豐度 (abundance) 無關。均勻度指標顯示群聚內各物種族群豐度之均勻度, 與物種總數無關。當群聚內各物種族群相對

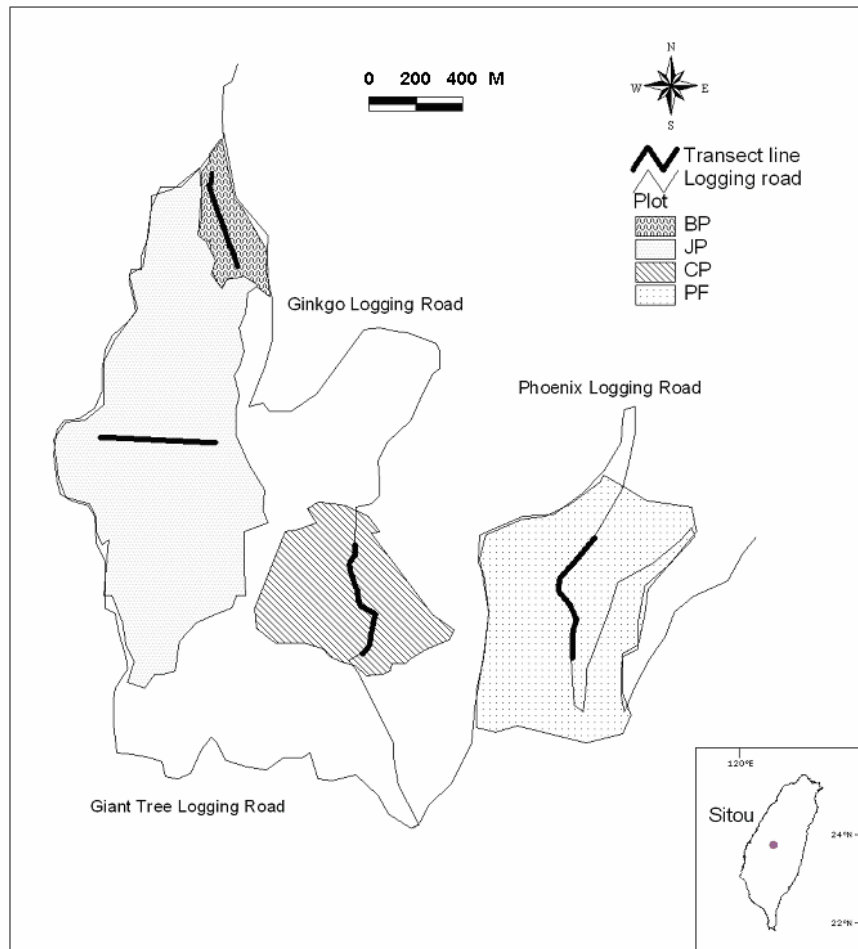


圖 1 研究樣區圖 (BP: 孟宗竹林; JP: 柳杉林; CP: 紅檜林; PF: 原生闊葉林)

Fig. 1 Map of transects in the study site (BP: bamboo plantation; JP: Japanese fir plantation; CP: cypress plantation; PF: primary broadleaf forest)

豐度彼此相差較大時，均勻度指標值會較大。歧異度指標之計算方式同時結合豐富度與均勻度二種概念，當一群聚中種數越多，各物種族群相對豐度越平均時，則均勻度指標值越高。Bray-Curtis 相似度指標則是用於兩群聚間的比較，指標值越高，代表其內生物相組成越相似。以變異數分析 (ANOVA) 及 Fisher's least significant difference test，檢測不同林相所調查到的脊

椎動物種數及相對數量是否相同。

Shannon-Wiener 歧異度指標 (D)

$$D = -\sum (P_i \cdot \ln(P_i))$$

P_i : 第 i 種生物數量佔全體數量之比例

Hurlbert 均勻度指標 (E)

$$E = D / D_{max}$$

D: Shannon-Wiener 歧異度指標, D_{max} : 所有物種數量均相等時的 Shannon-Wiener

歧異度指標最大值。

Bray-Curtis 相似度指標 (B)

$$B = 1 - \sum |X_{ij} - X_{ik}| / \sum (X_{ij} + X_{ik})$$

X_{ij} , X_{ik} : 第 i 種生物數量在第 j 個及第 k 個樣本內的數量

III、結果

於調查期間共紀錄到哺乳類 6 種 31 隻次 (表 1)、鳥類 41 種 1024 隻次 (表 2)、爬蟲類 2 種 2 隻次 (表 3)、兩棲類 7 種 140 隻次 (表 3)，其中依野生動物保育法所列之保育類野生動物名錄 (農委會 2002 年 4 月 24 日公告修正)，包括了珍貴稀有保育類的台灣獼猴、山羌、黃嘴角鴉、領角鴉、鸛鴿、黃山雀及莫氏樹蛙等 7 種；屬於其他應予保育類的深山竹雞、樞鳥、紅頭山雀、青背山雀、黃胸青鶺、黃腹琉璃、紋翼畫眉、白耳畫眉、藪鳥、冠羽畫眉、灰喉山椒鳥、小翼鶺、白尾鶺、白頭鶺及鉛色水鶺等 15 種 (附錄 1)。

由不同林相之脊椎動物群聚結構來看，物種豐富度以原生闊葉林最高 (5 種哺乳類、34 種鳥類及 6 種兩棲爬蟲類)，紅檜林 (1 種哺乳類、22 種鳥類及 3 種兩棲爬蟲類) 及柳杉林 (1 種哺乳類、19 種鳥類及 4 種兩棲爬蟲類) 次之，孟宗竹林則是最少 (1 種哺乳類、17 種鳥類及 4 種兩棲爬蟲類) (表 1-3)。不同林相所調查到的脊椎動物種數並不相同 (ANOVA, $F = 4.51$, $p = 0.008$)，原生闊葉林 (平均 10.5 種) 分別顯著高於柳杉林 (平均 7.0 種) ($p = 0.003$) 及孟宗竹林 (平均 6.9 種) ($p = 0.004$)，而紅檜林 (平均 8.7 種)、柳杉林、及孟宗竹林之間則無顯著差異 ($p > 0.12$) (Fisher's least significant difference test)。脊椎動物相對數量以原生闊葉林最高 (平均 70.9 隻次/km)，紅檜林次之 (平均 54.1 隻次/km)，孟宗竹林再次之 (平均 48.9 隻次/km)，柳杉林最少 (平均 43.7 隻次/km) (表 1-3)。不同林相所調查到的脊椎動物相對數量並不相同 (ANOVA, $F = 3.96$, $p = 0.015$)，原生闊葉林分別顯著

表 1 不同林相內哺乳類之物種組成、相對豐富度 (隻次/公里)、歧異度指標及均勻度指標
Table 1 Species composition, average relative abundance (individual/km), diversity index, and evenness index of mammals in different habitats

保育等級 ⁽¹⁾	物種	原生闊葉林	紅檜林	柳杉林	孟宗竹林
II	台灣獼猴	2.73	0	0	0
II	山羌	0.18	0	0	0
	赤腹松鼠	0.36	0.73	0	0.91
	條紋松鼠	0.18	0	0	0
	大赤鼯鼠	0.36	0	0	0
	黃鼠狼	0	0	0.18	0
	相對豐富度 (隻次/公里)	3.81	0.73	0.18	0.91
	種數	5	1	1	1
	歧異度指標	0.97	0.00	0.00	0.00
	均勻度指標	0.60	-	-	-

⁽¹⁾ II: 珍貴稀有野生動物

表 2 不同林相內鳥類之物種組成、相對豐富度 (隻次/公里)、歧異度指標及均勻度指標
 Table 2 Species composition, average relative abundance (individual/km), diversity index, and evenness index of birds in different habitats

保育等級 ⁽¹⁾	物種	原生闊葉林	紅檜林	柳杉林	孟宗竹林
III	深山竹雞	0.55	0	0	0
	金背鳩	0	0.18	0.18	0.36
	綠鳩	0.55	0	0	0
	灰林鴿	0	0.18	0	0
	鷹鵡	0.18	0	0.18	0
	筒鳥	0.18	0	0	0
II	黃嘴角鴉	0.18	0	0.36	0
II	領角鴉	0.36	0	0.36	0.18
II	鸚鵡	0.36	0	0.18	0
	五色鳥	0.18	0	0	0
III	紅山椒鳥	1.45	0	0	0
	小卷尾	0.18	0	0	0
III	松鴉	0.91	0.18	0.18	0
	巨嘴鴉	0.91	0.36	0.18	0
	白頭鸚	0.36	0.18	0	0
	虎鸚	0.91	0	0	0
III	小翼鸚	1.09	0.55	0.36	0
III	鉛色水鸚	0	1.82	0	0
III	白尾鸚	0.36	0.36	0.91	1.27
	紅尾鸚	0.18	0	0	0.18
III	黃胸青鸚	0.18	0.55	0	0.91
III	黃腹琉璃	1.09	0	0	0
III	青背山雀	0.18	0.73	0	0.18
II	黃山雀	0.36	0	0	0
III	紅頭山雀	0	2.09	0.64	0.55
	臺灣叢樹鶯	0.18	0	0	0
	棕面鶯	2.36	0.73	1.27	4.00
	黃眉柳鶯	0	0.18	0	0
	茶腹鳴	0.36	0.73	0	0
III	戴鳥	20.00	14.36	15.82	8.73
	大彎嘴畫眉	0.18	0.55	0.18	0.18
III	紋翼畫眉	0	0	0.91	0.91
	鱗胸鷓鴣	1.09	0.73	0.55	0.73
	山紅頭	3.45	2.00	2.00	1.45
	頭烏線	0.55	0.73	0.73	0.36
	繡眼畫眉	5.09	10.18	3.09	16.36
III	白耳畫眉	7.64	4.73	7.09	1.82
III	冠羽畫眉	9.82	7.82	0	0
	綠畫眉	0	0	0	0.36
	紅胸啄花鳥	0.55	0	0	0
	褐鶯	0.55	0	0	0
	相對豐富度 (隻次/公里)	62.52	49.92	35.17	38.53
	種數	34	22	19	17
	歧異度指標	2.44	2.21	1.89	1.86
	均勻度指標	0.67	0.71	0.64	0.66

⁽¹⁾ II: 珍貴稀有野生動物; III: 其他應予保育之野生動物

表 3 不同林相內兩棲爬蟲類之物種組成、相對豐富度（隻次/公里）、歧異度指標及均勻度指標

Table 3 Species composition, average relative abundance (individual/km), diversity index, and evenness index of reptiles and amphibians in different habitats

保育等級 ⁽¹⁾	物種	原生闊葉林	紅檜林	柳杉林	孟宗竹林
II	牧氏攀蜥	0	0	0.18	0
	紅斑蛇	0.18	0	0	0
	盤古蟾蜍	2.55	2.18	5.64	4.36
	艾氏樹蛙	0.18	0.55	2.36	4.36
	面天樹蛙	1.09	0	0	0
	莫氏樹蛙	0.36	0	0	0
	白額樹蛙	0	0	0.18	0
	拉都希氏蛙	0	0	0	0.18
	斯文豪氏赤蛙	0.18	0.73	0	0.55
		相對豐富度 (隻次/公里)	4.54	3.46	8.36
	種數	6	3	4	4
	歧異度指標	1.25	0.91	0.79	0.60
	均勻度指標	0.70	0.83	0.57	0.43

⁽¹⁾ II：珍貴稀有野生動物

高於紅檜林 ($p = 0.034$)、柳杉林 ($p = 0.026$)、及孟宗竹林 ($p = 0.002$)，而紅檜林、柳杉林、及孟宗竹林之間則無顯著差異 ($p > 0.25$) (Fisher's least significant difference test)。鳥類歧異度指標以原生闊葉林最高 (2.44)，紅檜林次之 (2.21)，柳杉林 (1.89) 及孟宗竹林 (1.86) 最低 (表 2)。不同林相內脊椎動物群聚之 Bray-Curtis 相似度指標，以原生闊葉林與紅檜林之間最高 (0.66)，柳杉林與紅檜林之間次之 (0.63)，原生闊葉林與孟宗竹林之間最低 (0.42) (表 4)。

僅於原生闊葉林內被紀錄到的脊椎動物物種共有 19 種；而僅於紅檜林、柳杉林、及孟宗竹林被紀錄到的物種則分別只有 2 至 3 種 (表 1-3)。若扣除只有單筆記錄的物種 (相對豐富度為 0.18 隻次/公里)，台灣獼猴、深山竹雞、綠鳩、鵲鴝、灰喉山

表 4 各林相間脊椎動物群聚之相似度指標

Table 4 Bray-Curtis similarity index of vertebrate communities among different habitats

林相	原生闊葉林	紅檜林	柳杉林	孟宗竹林
原生闊葉林	-			
柳杉林	0.66	-		
紅檜林	0.62	0.63	-	
孟宗竹林	0.42	0.58	0.58	-

椒、白頭鸚、黃腹琉璃、紅胸啄花、面天樹蛙、莫氏樹蛙等 10 種只有在原生闊葉林內被紀錄到，紅頭山雀及鉛色水鸚僅在紅檜林內被紀錄到，柳杉林及孟宗竹林內並沒有紀錄到僅分佈於該樣區之種類。調查所發現所調查到的 7 種珍貴稀有保育類野生動物，有 4 種僅出現於原生闊葉林。所調查到的 15 種應予保育類野生動物中，

11 種可出現於原生闊葉林，10 種可出現於紅檜林，7 種可出現於柳杉林，7 種可出現於孟宗竹林（表 1-3）。結果顯示，原生闊葉林對保育類野生動物具有較重要之價值。

由不同森林垂直結構層來看，哺乳類以樹冠層之種類最為豐富（4 種），地表層次之（3 種）（表 5）；鳥類在樹冠層種類最為豐富（29 種），樹中下層（18 種）及灌叢層（19 種）相差無幾，地表層種類最少（9 種）（表 6）；兩棲爬蟲類在地表層種類最多（8 種），在樹冠層則沒有種類出現（表 7）。在扣除掉只有單筆記錄的物種後（相對豐富度為 0.18 隻次/公里），56 種野生脊椎動物中，有 9 種僅出現於樹冠層，2 種僅出現於灌叢層，6 種僅出現於地表層。相對數量以灌叢層最高（平均 69.9 隻次/km），樹冠層次之（平均 59.6 隻次/km），地表層再次之（平均 49.1 隻次/km），樹中下層最少（平均 42.6 隻次/km）（Table 5-7）。不同森林垂直結構層內脊椎動物群聚之 Bray-Curtis 相似度指標則以樹冠層與

樹木中下層之間最高（0.65），中下層與灌叢層之間（0.44）及灌叢層與地表層之間（0.42）次之，樹冠層與地表層之間最低（0.07）（表 8）。

IV、討論

溪頭森林遊樂區內原生闊葉林內的陸域野生脊椎動物，不論就物種總數、每次調查到的平均種數、或是保育類野生動物的種數，都高於其他單一林相的造林地。而且即使分別考慮哺乳類、鳥類、或是兩棲爬蟲類，原生闊葉林內的物種總數也高於其他人工林。此結果類似於國內外許多研究（Raivio and Haila, 1990; Hanowski *et al.*, 1997；李欽國，1995；袁孝維等，2004a）。我們認為此結果至少有三個主要原因。第一，原生森林內植物種類較多，棲地之水平樹種異質性較高，可提供野生動物多樣的棲地選擇。而且不同樹種具有不同的物候週期，亦可提供四季不同時期多元化的食物資源（袁孝維等，2004b）。

表 5 不同森林垂直層次內哺乳類之物種組成、相對豐富度（隻次/公里）、歧異度指標及均勻度指標

Table 5 Species composition, average relative abundance (individual/km), diversity index, and evenness index of mammals in four different forest vertical layers

物 種	樹冠層	中下層	灌叢層	地表層
台灣獼猴	1.45	1.27	0	0
山羌	0	0	0	0.18
赤腹松鼠	0.55	0.73	0.18	0.55
條紋松鼠	0.18	0	0	0
大赤鼯鼠	0.18	0	0	0
黃鼠狼	0	0	0	0.18
相對豐富度 (隻次/公里)	2.36	2.00	0.18	0.91
種數	4	2	1	3
歧異度指標	1.03	0.66	0.00	0.95
均勻度指標	0.74	0.95	-	0.86

表 6 不同森林垂直層次內鳥類之物種組成、相對豐富度（隻次/公里）、歧異度指標及均勻度指標

Table 6 Species composition, average relative abundance (individual/km), diversity index, and evenness index of birds in four different forest vertical layers

物 種	樹冠層	中下層	灌叢層	地表層
深山竹雞	0	0	0	0.55
金背鳩	0.73	0	0	0
綠鳩	0.55	0	0	0
灰林鴿	0.18	0	0	0
鷹鴿	0.18	0	0	0
筒鳥	0.18	0	0	0
黃嘴角鴉	0.55	0	0	0
領角鴉	0.36	0.55	0	0
鸚鵡	0.36	0.18	0	0
五色鳥	0.18	0	0	0
紅山椒鳥	1.45	0	0	0
小卷尾	0.18	0	0	0
松鴉	1.09	0	0.18	0
巨嘴鴉	0.73	0	0	0
白頭鸚	0	0	0	0.55
虎鸚	0.18	0.36	0.36	0
小翼鸚	0	0	1.27	0.73
鉛色水鸚	0	0	0	1.82
白尾鸚	0	0.18	0.55	2.18
紅尾鸚	0.18	0.18	0	0
黃胸青鸚	0.36	1.09	0.18	0
黃腹琉璃	0.91	0.18	0	0
青背山雀	1.09	0.36	0	0
黃山雀	0.36	0	0	0
紅頭山雀	3.09	1.09	1.18	0
臺灣叢樹鶯	0	0	0.18	0
棕面鶯	3.45	4.55	0.36	0
黃眉柳鶯	0	0	0.18	0
茶腹鳴	0	1.09	0	0
藪鳥	2.73	6.73	35.45	16.00
大嘴畫眉	0	0	1.09	0
紋翼畫眉	0	0.73	1.09	0
鱗胸鷓鴣	0	0.18	1.82	1.09
山紅頭	0.36	0.36	5.82	2.36
頭烏線	0	0	1.82	0.55
繡眼畫眉	10.91	11.64	12.18	0
白耳畫眉	17.27	2.91	0.91	0
冠羽畫眉	8.18	8.00	1.45	0
綠畫眉	0.36	0	0	0
紅胸啄花鳥	0.55	0	0	0
褐鶯	0.55	0	0	0
相對豐富度 (隻次/公里)	57.25	40.36	66.07	25.83
種數	29	18	19	9
歧異度指標	2.35	2.08	1.64	1.39
均勻度指標	0.70	0.72	0.56	0.63

表 7 不同森林垂直層次內兩棲爬蟲類之物种組成、相對豐富度 (隻次/公里)、歧異度指標及均勻度指標

Table 7 Species composition, average relative abundance (individual/km), diversity index, and evenness index of reptiles and amphibians in four different forest vertical layers

物种	樹冠層	中下層	灌叢層	地表層
牧氏攀蜥	0	0	0.18	0
紅斑蛇	0	0	0	0.18
盤古蟾蜍	0	0	0	14.73
艾氏樹蛙	0	0.18	3.09	4.18
面天樹蛙	0	0	0.36	1.09
莫氏樹蛙	0	0	0	0.36
白領樹蛙	0	0	0	0.18
拉都希氏蛙	0	0	0	0.18
斯文豪氏赤蛙	0	0	0	1.45
相對豐富度 (隻次/公里)	0.00	0.18	3.63	22.35
種數	0	1	3	8
歧異度指標	-	0.00	0.52	1.10
均勻度指標	-	-	0.47	0.53

表 8 不同森林垂直層次內脊椎動物群聚之相似度指標

Table 8 Bray-Curtis similarity index among vertebrate communities in four different forest vertical layers

垂直層次	樹冠層	中下層	灌叢層	地表層
樹冠層	-			
中下層	0.65	-		
灌叢層	0.29	0.44	-	
地表層	0.07	0.18	0.42	-

而人工林內的植物相單純，可提供野生動物食物、庇護、築巢、棲息等條件，都不如棲地水平異質性較高的原生森林 (Hartley, 2002)。第二，原生森林內垂直層次較完整，棲地垂直結構異質性較高，可提供野生動物較為多樣的棲地選擇 (Bennett, 1993; Hansen *et al.*, 1995; Monjeau *et al.* 1998; 袁孝維等, 2002)。由於林木生長是人工林的主要育林目標，因此人工林之樹冠層常常非常濃密，阻礙下層喬木、灌叢層、及草本層的發展。例如本研究之柳杉林之樹冠層緊密，加上森林撫

育作業，下層的闊葉樹、灌木、藤蔓、及草本植物發展並不好。而孟宗竹林內，由於竹類的毒他作用，使得其他植物種類並不多，而且林下覆蓋度相當低。這些都很有可能影響到棲息於樹中下層、灌叢層及地表層內的野生動物。第三，人工林的栽植樹種，常常是外來引進樹種、並非當地原生的樹種、或是原生於當地但並不會形成大規模純林的樹種。雖然有許多野生動物會利用這些外來樹種所帶來的食物資源與微棲地，例如本研究內的藪鳥、繡眼畫眉、白耳畫眉、山紅頭、及盤古蟾蜍等物

種在各林相中皆有出現且為優勢種。但是外來樹種與當地野生動物缺乏長時間的演化互動，也有一些野生動物無法利用其所帶來之資源 (Hartley, 2002)，因而只能侷限在原生森林內，造成原生森林比人工林擁有許多獨特物種。

溪頭森林遊樂區內四種林相間的脊椎動物群聚之相似度，以原生闊葉林與紅檜林間最高。我們認為主要原因也是在於森林結構異質性與原生樹種。研究區域內紅檜林內之水平樹種異質性及垂直結構異質性，較近似於原生闊葉林；而且紅檜不僅為本土樹種，在溪頭當地也是原生樹種，對當地野生動物而言，已有較長的演化互動關係。而柳杉與孟宗竹並非台灣本土樹種，而且柳杉林與孟宗竹林內的水平樹種異質性及垂直結構異質性較低，與原生闊葉林相差較大，可能因此整體脊椎動物群聚與原生闊葉林相差較大。

本研究結果顯示樹冠層的脊椎動物豐富度最高，而絕大部分的野生動物種類僅棲息於森林中一或二個垂直層內，因此在進行森林生態系經營的撫育作業時，若完全移除森林內某個結構層，極有可能會造成某些野生動物種類的消失，例如灰喉山椒鳥、檀鳥、紅胸啄花鳥、褐鶯等偏好棲息於樹冠層的種類極有可能因此而驟減。另外值得一提的是，樹木中下層與灌叢層之間野生動物相之相似度指標相當高，若因育林撫育作業需要必須進行樹木中下層修枝或除草時，若能保持灌叢層的存在，其對野生動物的衝擊應會大幅降低。

V、對森林生態系經營之建議

森林生態系經營具有多元化的目標，

包括木材生產、水土保持、生物多樣性保育、休閒遊憩等經營目標。全球對木材與紙漿的需求，在近年來持續上升，並沒有下降之趨勢。在人類無法降低對木材與紙漿需要的情況下，木材生產仍是森林生態系經營不可或缺的目標之一。然而就生物多樣性保育的角度，根據本研究之結果，針對原生森林之保護與人工林之營造，我們提出下列四項結論與建議。

- (I) 對生物多樣性保育而言，保護原生森林是必要且有效之措施。林業經營應該保留適當比例之原生森林，以保護當地之原生種類。現有人工林內僅存的小塊原生森林應予以保護，使當地之受威脅之原生物種得以保存，並保有機會於未來擴散至人工林內。
- (II) 在人類無法降低對木材與紙漿需要的情況下，我們有必要妥善撫育並經營適當面積之人工林，以滿足全球對木材與紙漿需求，並減低現存原生森林的砍伐壓力。
- (III) 人工林之栽植樹種，應優先考慮符合經營目標的本土優良樹種，而且以當地之原生樹種為最佳，如此對野生動物多樣性之衝擊會大幅降低。
- (IV) 在兼顧撫育成本與木材生產量的前提下，人工林之可考慮栽植多樹種之複層林，增加人工林內之水平樹種異質性及垂直結構異質性，使人工林能發揮較高之生物多樣性保育之功用。

VI、致謝

我們感謝台大實驗林管理處之支持與協助、台大森林系學生們之野外工作協

助、以及農委會農業管理計畫—加強森林生態系經營計劃之經費補助。審查委員們所提供的建設性意見，對本文稿之內容亦幫助甚多。

VII、引用文獻

- 李欽國 (1995) 人造針葉林與天然闊葉林鳥類群聚之比較。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。台北。
- 袁孝維 (2002) 溪頭鳳凰山森林生態系經營鳥類相監測。中華林學季刊 35(2) : 201-211。
- 袁孝維、丁宗蘇、蔡若詩 (2004a) 棲蘭山檜木林枯立倒木整理作業對鳥類群聚之影響。中華林學季刊 37(1) : 29-36。
- 袁孝維、謝欣怡、沈聖峰 (2004b) 梅峰地區不同演替階段棲地鳥類相調查。台大實驗林研究報告 18(1) : 1-7。
- 魏聰輝、姚榮燾、周瑞龍 (1995) 溪頭地區山谷風特性之研究。台大實驗林研究報告 9(4) : 71-95。
- 劉儒淵、鍾年均、陳子英 (1994) 溪頭森林遊樂區之植物資源。台大實驗林管理處。40 頁。
- 林務局(台灣省農林廳林務局) (1995) 第三次台灣森林資源及土地利用調查。台灣省農林廳林務局。
- 姚鶴年 (1997) 臺灣省林務局誌。臺灣省農林廳林務局。
- Bennett, A. F. (1993) Microhabitat use by the long-nosed potoroo, *Potorous tridactylus*, and other small mammals in remnant forest vegetation of south-western Victoria. Wildlife Research 20: 267-285.
- Brooks, T. M., S. L. Pimm and N. J. Collar (1997) Deforestation predicts the number of threatened birds in insular Southeast Asia. Conservation Biology 11: 382-394.
- Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, A. B. Rylands, W. R. Konstant, P. Flick, J. Pilgrim, S. Oldfield, G. Magin and C. Hilton-Taylor (2002) Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. Conservation Biology 16: 909-923.
- Canaday, C. (1996) Loss of insectivorous birds along a gradient of human impact in Amazonia. Biological Conservation 77: 63-77.
- Chou, C. H. and C. H. Yang (1982) Aleo-pathic research of subtropical vegetation II. Comparative exclusion of understorey by *Pyllostachys edulis* and *Cryptomeria japonica*. Journal of Chemical Ecology 8: 1489-1507.
- Desmet, P. and R. Cowling (2005) Using the species-area relationship to set baseline targets for conservation. Ecology and Society 9: 102-124.
- Ding, T. S., P. F. Lee and Y. S. Lin (1997) Avian distribution pattern of highland areas in Central Taiwan. Acta Zoologica Taiwanica 8: 55-64.
- Estrada, A. R. Coatesestrada and D. Meritt (1994) Non-flying mammals and landscape changes in the tropical rain-forest region of Los-Tuxtlas, Mexico. Ecography 17: 229-241.

- FAO (2001) Forest Resources Assessment 2000. FAO Forestry Paper 140. Rome.
- Grelle, C. E. V., M. A. S. Alves, H. G. Bergallo, L. Geise, C. F. D. Rocha, M. van Sluys and U. Caramaschi (2005) Prediction of threatened tetrapods based on the species-area relationship in Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Zoology* 265: 359-364.
- Hanowski, J. M., G. J. Niemi and D. C. Christian (1997) Influence of within-plantation heterogeneity and surrounding landscape composition on avian communities in hybrid poplar plantations. *Conservation Biology* 11: 936-944.
- Hansen, A. I., W. C. McComb, R. Vega, M. G. Raphael and M. Hunter (1995) Bird habitat relationships in natural and managed forests In the West Cascades of Oregon. *Ecological Applications* 5: 555-569.
- Hartley, M. J. (2002) Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests. *Forest Ecology and Management* 155: 81-95.
- Krebs, C. J. (1989) *Ecological methodology*. Harper and Row. New York.
- Lawton, J. H., D. E. Bignell, B. Bolton, G. F. Bloemers, P. Eggleton, P. M. Hammond, H. Hodda, R. D. Holt, T. B. Larsen, N. A. Mawdsley, N. E. Stork, D. S. Srivastava and A. D. Watt (1998) Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391: 72-76.
- Mitra, S. S. and F. H. Sheldon (1993) Use of an exotic tree plantation by Bornean lowland forest birds. *Auk* 110: 529-540.
- Monjeau, J. A., E. C. Birney, L. Ghermandi, R. S. Sikes, L. Margutti and C. J. Phillips (1998) Plants, small mammals, and the hierarchical landscape classifications of Patagonia. *Landscape Ecology* 13: 285-306.
- Peh, K. S. H., J. de Jong, N. S. Sodhi, S. L. H. Lim and C. A. M. Yap (2005) Lowland rainforest avifauna and human disturbance: persistence of primary forest birds in selectively logged forests and mixed-rural habitats of southern Peninsular Malaysia. *Biological Conservation* 123: 489-505.
- Raivio, S. and Y. Haila (1990) Bird assemblages in silvicultural habitat mosaics in southern Finland during the breeding season. *Ornis Fennica* 67: 73-83.
- Sodhi, N. S., L. H. Liow and F. A. Bazzaz (2004) Avian extinctions from tropical and subtropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 35: 323-345.
- Stork, N. E., D. S. Srivastava, A. D. Watt and T. B. Larsen (2003) Butterfly diversity and silvicultural practice in lowland rainforests of Cameroon. *Biodiversity Conservation* 12: 387-410.
- Tejeda-Cruz, C. and W. J. Sutherland (2004) Bird responses to shade coffee production. *Animal Conservation* 7: 169-179.

附錄 1 本研究所調查到之脊椎動物名錄 (**指珍貴稀有野生動物；*指其他應予保育野生動物)

Appendix 1 Species list of vertebrates recorded in this study (** indicates rare species and * indicates protected species)

科名	學名	中名
哺乳類		
Cercopithecidae	<i>Macaca cyclopis</i>	台灣獼猴**
Cervidae	<i>Muntiacus reevesii</i>	山羌**
Sciuridae	<i>Callosciurus erythraeus</i>	赤腹松鼠
	<i>Tamiops maritimus</i>	條紋松鼠
	<i>Petaurista petaurista</i>	大赤鼯鼠
Mustelidae	<i>Mustela sibirica</i>	黃鼠狼
鳥類		
Phasianidae	<i>Arborophila crudigularis</i>	深山竹雞 **
Columbidae	<i>Streptopelia orientalis</i>	金背鳩
	<i>Treron sieboldii</i>	綠鳩
	<i>Columba pulchricollis</i>	灰林鴿
Cuculidae	<i>Cuculus sparverioides</i>	鷹鵂
	<i>Cuculus saturatus</i>	筒鳥
Strigidae	<i>Otus spilocephalus</i>	黃嘴角鴞 **
	<i>Otus bakkamoena</i>	領角鴞 **
	<i>Glaucidium brodie</i>	鸺鷂 **
Capitonidae	<i>Megalaima oorti</i>	五色鳥
Campephagidae	<i>Pericrocotus solaris</i>	紅山椒鳥 *
Dicruridae	<i>Dicrurus aeneus</i>	小卷尾
Corvidae	<i>Garrulus glandarius</i>	松鴉 *
	<i>Corvus macrorhynchos</i>	巨嘴鴉
Turdinae	<i>Zoothera dauma</i>	白頭鶇
	<i>Turdus poliocephalus</i>	虎鶇
	<i>Brachypteryx montana</i>	小翼鶇 *
	<i>Rhyacornis fuliginosus</i>	鉛色水鶇 *
	<i>Cinclidium leucurum</i>	白尾鶇 *
Muscicapinae	<i>Muscicapa ferruginea</i>	紅尾鶇
	<i>Ficedula hyperythra</i>	黃胸青鶇 *
	<i>Niltava vivida</i>	黃腹琉璃 *
Paridae	<i>Parus monticolus</i>	青背山雀 *
	<i>Parus holsti</i>	黃山雀 **
	<i>Aegithalos concinnus</i>	紅頭山雀 *
Sylviinae	<i>Cettia fortipes</i>	小鶇
	<i>Cettia acanthizoides</i>	深山鶇
	<i>Bradypeterus alishanensis</i>	臺灣叢樹鶇
	<i>Abroscopus albogularis</i>	棕面鶇
	<i>Phylloscopus inornatus</i>	黃眉柳鶇

附錄 1 本研究所調查到之脊椎動物名錄 (**指珍貴稀有野生動物；*指其他應予保育野生動物) (續)

Appendix 1 Species list of vertebrates recorded in this study (** indicates rare species and * indicates protected species) (Continued)

科名	學名	中名
Sittidae	<i>Sitta europaea</i>	茶腹鴉
Timalinae	<i>Liocichla steerii</i>	藪鳥 *
	<i>Pomatorhinus erythrocnemis</i>	大彎嘴畫眉
	<i>Actinodura morrisoniana</i>	紋翼畫眉 *
	<i>Pnoepyga pusilla</i>	鱗胸鷓鴣
	<i>Stachyris ruficeps</i>	山紅頭
	<i>Alcippe brunnea</i>	頭烏線
	<i>Alcippe morrisonia</i>	繡眼畫眉
	<i>Heterophasia auricularis</i>	白耳畫眉 *
	<i>Yuhina brunneiceps</i>	冠羽畫眉 *
	<i>Yuhina zantholeuca</i>	綠畫眉
Dicaeidae	<i>Dicaeum ignipectus</i>	紅胸啄花鳥
Fringillidae	<i>Pyrrhula nipalensis</i>	褐鶯
爬蟲類		
Agamidae	<i>Japalura brevipesi</i>	牧氏攀蜥
Colubridae	<i>Dinodon rufozonatum</i>	紅斑蛇
兩棲類		
Bufonidae	<i>Bufo bankorensis</i>	盤古蟾蜍
Rhacophoridae	<i>Chirixalus eiffingeri</i>	艾氏樹蛙
	<i>Chirixalus idiotocus</i>	面天樹蛙
	<i>Rhacophorus moltrechti</i>	莫氏樹蛙 **
	<i>Polypedates megacephalus</i>	白領樹蛙
Ranidae	<i>Rana latouchii</i>	拉都希氏蛙
	<i>Rana swinhoana</i>	斯文豪氏赤蛙