

花蓮縣低海拔地區兩棲類組成與棲地利用之研究

施心翊、張育菁、楊懿如*

國立花蓮教育大學生態與環境教育研究所

【摘要】本研究自 1999 年 1 月至 2005 年 12 月間，以花蓮縣的 193 縣道作為長期調查的樣區，沿線設置 82 個調查樣點，利用穿越帶鳴叫計數法及目視遇測法，調查各樣點所聽到及看到的兩棲類物種、數量並詳細記錄出現的棲息類型。共調查到兩棲類 18 種，包含蟾蜍科 2 種、樹蟾科 1 種、狹口蛙科 2 種、赤蛙科 8 種及樹蛙科 5 種。根據各種兩棲類在 193 縣道 82 個調查樣點的出現頻率（出現點/所有點），以日本樹蛙（100%）、白領樹蛙（100%）、莫氏樹蛙（100%）、黑眶蟾蜍（99%）、澤蛙（99%）、拉都希氏赤蛙（98%）、小雨蛙（91%）、艾氏樹蛙（91%）、盤古蟾蜍（85%）等 9 種出現的頻度最高。各兩棲類生態區位寬度及重疊度分析結果顯示，以日本樹蛙的生態區位最寬（ $B=9.50$ ），生態區位最窄者為艾氏樹蛙（ $B=1.91$ ），生態區位重疊度以小雨蛙及虎皮蛙（ $\alpha_{yx}=0.97$ ）最高，盤古蟾蜍與艾氏樹蛙的最低（ $\alpha_{yx}=0.03$ ）。從兩棲類對於不同環境型態的利用程度分析顯示，可將 193 縣道的兩棲類分為廣泛分布及開墾地、流動水域、靜水域、樹林等五類環境活動型態。

【關鍵詞】兩棲類、棲地利用、生態區位寬度、生態區位重疊度

前言

兩棲類的數量豐富容易監控，而且不論在水域或陸域生態系統中，都扮演重要的角色。兩棲類由於皮膚具有通透性，以及水陸兩棲的生活史特性（Duellman and Trueb, 1986），使牠們成為反應環境變化的良好指標生物（Wake, 1991）。然而最近三十年，許多兩棲類的族群數量不斷減少，並引起全世界保育界的嚴重關切（Blaustein and Wake, 1990）。日前已有相關研究指出，造成兩棲類數量減少的原因可能和人為的因素有密切關係，包括棲息地破壞及改變（habitat destruction and alteration）、全球氣候變化（global climate change）、化學污染（chemical contamination）、疾病及病原（disease and pathogens）、外來種（invasive species）、商業利用（commercial exploitation）等六大項（Semlitsch, 2003; Kiesecker et al., 2004）。但若想瞭解造成兩棲類數量變遷的因素，則必需評估兩棲類物種的分佈型態（distribution pattern）及族群動態（population dynamics），而這需要針對不同物種間及物種內、不同地點間與地點內進行長期的監測調查，才能進行評估研究（Olson and Leonard, 1997）。

在國外，已經有不少研究開始探討影響兩棲類在農墾地及人為改變環境中的棲息狀況（Hazell et al., 2001; Beja and Alcazar, 2003; Hazell et al., 2004）；並藉由分析不同層次

*通訊作者，地址：970 花蓮市華西路 123 號，電話：(03)8227106-1530，傳真：(03)8222961，E-mail：treefrog@mail.nhlu.edu.tw

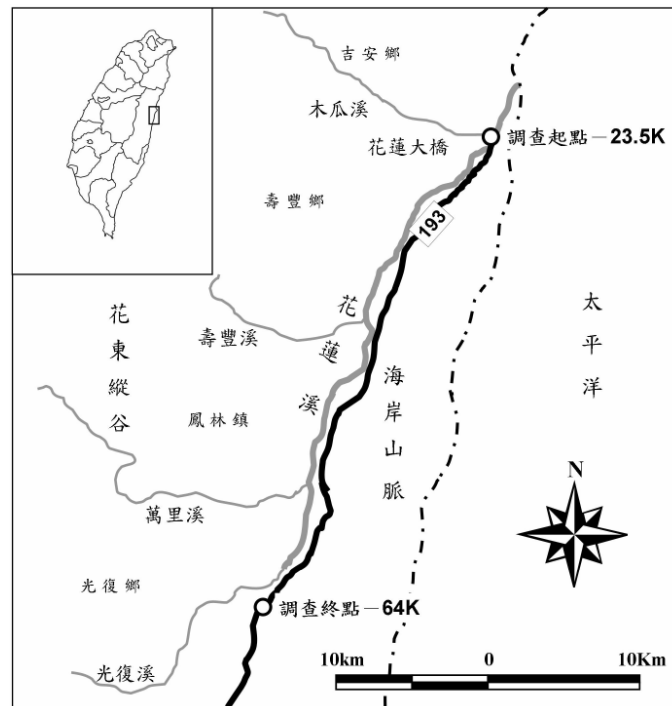
生物多樣性組成 (α -diversity, β -diversity, γ -diversity)，探討人為干擾及棲地零碎化對兩棲類生物多樣性的影響 (Pineda and Halfter, 2004)，進而提出保育策略。在台灣，過去有關兩棲類群聚的研究 (高保齡, 1994; 張謙方, 1995; 朱哲民, 1996; Lin and Lue, 2004)，多以資源分配利用為主，調查地點位於未受過多人為干擾的山區。但兩棲類是外溫動物，因受到生理上的限制，台灣大部分的兩棲類分布在低海拔的森林及平原地區 (楊懿如, 1998)，也是人為干擾最嚴重的地區。因此，瞭解台灣兩棲類群聚在平地及農墾地的分布情況，並探討影響其棲地利用的因素，是保育台灣兩棲類生物多樣性的重要課題。

本研究以花蓮縣 193 縣道 (花蓮－光復) 作為長期監測、調查的樣區，193 縣道沿著花蓮溪蜿蜒於海岸山脈，海拔在 100 公尺以下，氣候溫暖潮濕，植被屬於低海拔闊葉林及農墾地，包含各種兩棲類的生存環境，便於調查兩棲類分布型態及棲地利用，有利建立花蓮低海拔地區兩棲類的生物資料庫及長期監測系統 (楊懿如等, 2003; 楊懿如, 2005)。調查頻度約為每個月一次，詳細調查兩棲類動物物種、數量及出現的棲地類型，作為分析各兩棲類組成與棲地利用的重要依據。

材料與方法

一、調查樣區

193 縣道位於花東海岸山脈西側，緊鄰花蓮溪，北起自花蓮大橋，南迄至花蓮縣玉里鎮玉里大橋東側，全長約 110 公里。本研究以 193 縣道 (花蓮－光復段，23.5 k 至 64 k) 作為穿越線樣區 (圖一)，北起自花蓮大橋，南迄至花蓮縣光復鄉太巴塑部落為止，全長



圖一、花蓮縣 193 縣道兩棲類調查樣區示意圖。

41 公里。樣區內包含森林、溪流、果園、農墾地、道路、水溝等多樣環境，氣候則是台灣低海拔典型的溫暖潮濕氣候型態，根據中央氣象局花蓮站 1999 年至 2005 年的資料顯示，本區的年平均溫為 23.6 °C，最低月溫為 1 月的 18.1 °C，最高溫為 7 月的 28.5 °C；年平均降水量為 3984 mm，冬季降雨日稍多於夏季，但雨量分布形態正好相反，降雨集中在 5 至 10 月份。

二、調查方法

本研究自 1999 年 1 月至 2005 年 12 月間，於穿越線每 0.5 公里處選擇適當地點進行詳細調查與記錄（共計 82 個調查樣點），調查頻度約為每個月 1 次，調查時間為晚間 6：00 至 12：00 兩棲動物活動的高峰期，調查人員以開車、騎車或步行等方式，以穿越帶鳴叫計數法（audio strip transects, AST）為主，並配合目視遇測法（visual encounter method, VES）（呂光洋等，1996），每一個樣點停留 10 分鐘，針對道路兩側 10 公尺範圍內所看到、500 公尺範圍內所聽到的物種及數目登錄於規格化的表格中，利用 GPS 予以定位，記錄二度分帶座標以標定位置，並記錄當天的水溫、氣溫、濕度及棲地環境等，每調查樣點之單一物種及其出現的棲地類型視為一筆有效資料。因資料來源以鳴叫計數法為主，故兩棲類棲地利用類型主要為其生殖棲地。

七年的調查期間，193 縣道的名稱曾經變更過，2001 年前為 195 縣道，於 2002 年變更為 193 縣道。在 1999 年至 2001 年的調查期間，於 195 縣道每 1 公里處設為一調查樣點，因此共有 42 個調查樣點。更名後的 193 縣道里程碑與原 195 縣道不同，為更精確監測，自 2002 年之後的研究樣點更改為沿縣道以每 0.5 公里作為一調查樣點，共有 82 個調查樣點。故 1999 年至 2001 年與 2002 年至 2005 年的調查樣點數不相同，而原 195 縣道的資料已用 GPS 定位變更為 193 縣道資料。

本研究之調查資料為 1999 年 1 月至 2005 年 12 月，調查頻度原則上為每個月一次。其中，2004 年 7 月至 2005 年 2 月，因調查人手不足的關係僅有 2004 年 12 月的調查資料。從 2005 年 3 月開始，調查人員較為充裕，因此調查頻度回歸於每月份進行調查。由於調查資料僅用來描述各年各調查樣點兩棲類生物多樣性及棲地利用類型，因此雖有缺漏 7 個月的調查資料，不影響分析結果。

三、資料分析

為分析 193 縣道內各棲地內兩棲類組成及棲地利用類型情況，將巨觀環境分為水溝、溪流、水池、樹林、開墾地、農地、草地等 7 類，水溝包含流動水溝、不流動水溝、乾溝、溝邊植物等棲地類型，溪流包含流水、河岸、河岸植物等棲地類型，水池包含水域、池岸、池岸植物等棲地類型，樹林包含森林、果園、竹林，分為樹林底層、植物體上等二類棲地類型，開墾地包含荒地、道路、步道、住宅等棲地類型，農地及草地則泛指道路兩側人為栽植的草本景觀植物及次生的芒草地等。

藉由分析不同層次的生物多樣性組成（ α -diversity、 β -diversity、 γ -diversity）（Heyer et al., 1994），探討 193 縣道 1999 年 1 月至 2005 年 12 月間 42 至 82 個調查樣點的蛙類生物多樣性的變化情形，表示如下：

α - diversity = 各調查樣點的物種豐度

β - diversity = $\gamma - \bar{\alpha}$ ，全區的蛙種豐度減各調查樣點蛙種豐度的平均數

γ - diversity = 全區段的物種豐度

依據以上公式，分別計算各層級的生物多樣性指數，並比較年間與樣點間生物多樣性指數之差異，藉以表示每年各樣點的物種豐度資料。

兩棲類棲地利用分析，係按照歷年調查資料，以各物種在各調查樣點的單一棲地類型資料視為一筆有效資料，作為其棲地利用的資料來源。各物種棲地類型之利用比例，為一物種利用單一棲地類型之有效筆數總和除以所有利用棲地類型的有效筆數總和，以分析各物種對於不同棲地類型的利用情況。

各兩棲類物種對於各種棲地類型利用的廣泛程度，則以 Levins (1968) 所推導生態區位寬度來表示。其公式如下： $B_i = 1 / \sum_{j=1}^n P_{ij}^2$ B_i : i 物種的生態區位寬度 P_{ij} : i 物種於所有棲地類型中，在 j 棲地所佔的比例 (j = 1 至 n)

為瞭解兩物種間棲地空間利用的重疊程度，依 Pianka(1973)推導之生態區位重疊度表示，公式如下：

$$\alpha_{yx} = \left(\sum_{j=1}^n P_{xj} \times P_{yj} \right) / \left(\sqrt{\sum_{j=1}^n P_{xj}^2 \times P_{yj}^2} \right) \quad \alpha_{yx}: x \text{ 與 } y \text{ 物種間的生態區位重疊度}$$

P_{xj} or y_j : x(or y)物種於於所有棲地類型中，在 j 棲地所佔的比例 (j = 1 至 n)

α_{yx} 值是相對的，亦即 x 物種與 y 物種間的重疊度等於 y 物種與 x 物種間的重疊度，其範圍介於 0 (x 物種與 y 物種間毫無重疊) 至 1 (x 物種與 y 物種間 100%重疊) 間。

結果與討論

一、物種出現頻率

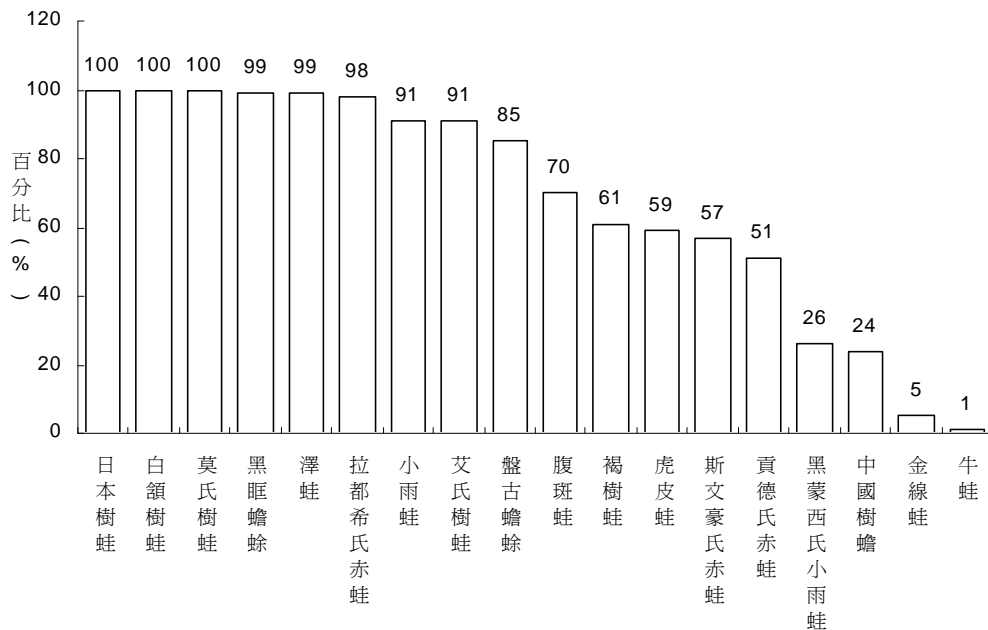
統計 1999 年至 2005 年之調查資料，本區域內共計有蟾蜍科 (Bufonidae) 2 種：盤古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*)、黑眶蟾蜍 (*B. melanostictus*)，樹蟾科 (Hylidae) 1 種：中國樹蟾 (*Hyla chinensis*)，狹口蛙科 (Microhylidae) 2 種：小雨蛙 (*Microhyla ornata*)、黑蒙西氏小雨蛙 (*M. heymonsi*)，赤蛙科 (Ranidae) 8 種：腹斑蛙 (*Rana adenopleura*)、貢德氏赤蛙 (*R. guentheri*)、拉都希氏赤蛙 (*R. latouchii*)、澤蛙 (*R. limnocharis*)、金線蛙 (*R. plancyi*)、斯文豪氏赤蛙 (*R. swinhoana*)、虎皮蛙 (*R. rugulosa*)、牛蛙 (*R. catesbeiana*)，樹蛙科 (Rhacophoridae) 5 種：日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)、褐樹蛙 (*B. robusta*)、艾氏樹蛙 (*Chirixalus eiffingeri*)、白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)、莫氏樹蛙 (*Rhacophorus moltrechti*) 等 18 種兩棲類，佔全花蓮蛙類物種組成之 86% (18/21)。

從兩棲類生物多樣性統計資料 (表一) 顯示，各年間全區的種類數為 16 至 17 種，各調查樣點的種類數為 2 至 15 種不等，各樣點平均種數為 8 至 11 種。由歷年 42 個與 82 個調查樣點所呈現出的兩棲類組成結果顯示，其組成結果差異不大，未來採以每公里設置一調查樣點 (共 42 個樣點)，作為本區兩棲類生物群聚的長期監測研究的採樣點，

表一、1999 年 1 月至 2005 年 12 月 193 縣道兩棲類生物多樣性統計資料 ($\bar{\alpha}$ 為各年各調查樣點的平均蛙種數)

年度	γ -diversity	β -diversity	α -diversity				樣點數
			$\bar{\alpha}$	SE	最高	最低	
1999	17	9	8	2	11	2	42
2000	17	7	10	2	15	4	42
2001	17	6	11	2	14	7	42
2002	16	6	10	2	13	6	82
2003	17	7	10	2	13	5	82
2004	16	7	9	2	14	4	82
2005	17	8	9	2	14	6	82

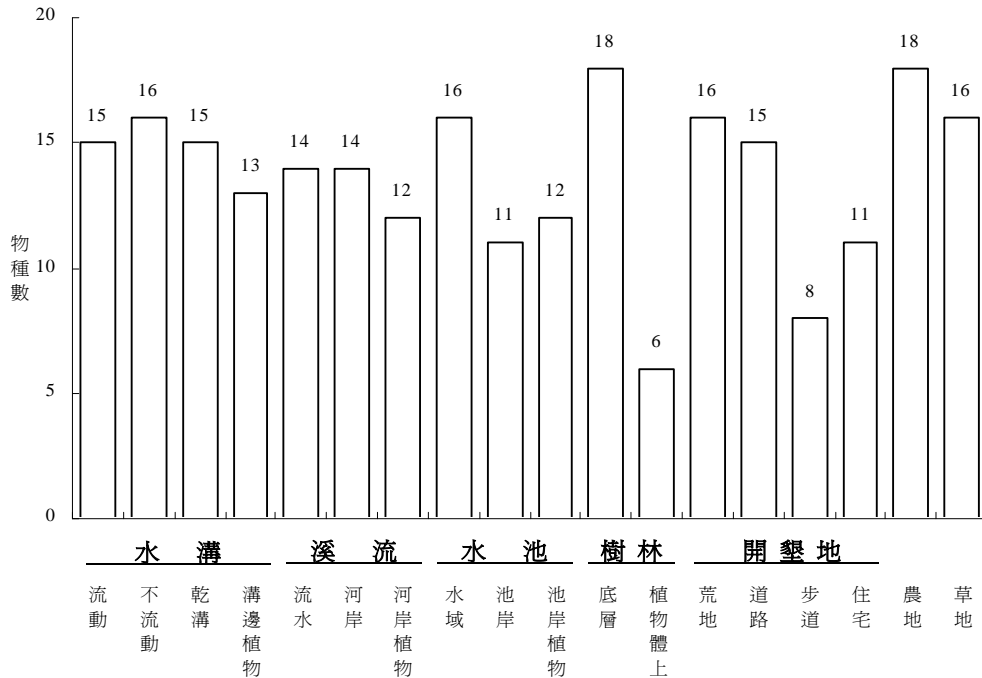
便足以代表本區兩棲類群聚組成現況。根據七年間各種兩棲類在 193 縣道 82 調查點的出現頻率 (出現點/所有點) 結果顯示 (圖二), 盤古蟾蜍、黑眶蟾蜍、小雨蛙、拉都希氏赤蛙、澤蛙、日本樹蛙、艾氏樹蛙、白領樹蛙、莫氏樹蛙等 9 種兩棲類, 廣泛分布於 193 縣道各調查樣點; 腹斑蛙、貢德氏赤蛙、斯文豪氏赤蛙、虎皮蛙及褐樹蛙等 5 種, 則侷限於某些調查樣點; 黑蒙西氏小雨蛙、中國樹蟾、金線蛙及牛蛙等 4 種, 不只數量較少, 且集中於特定樣點。



圖二、193 縣道各兩棲類出現頻率 (出現點/所有點)。

二、各棲地類型之生物多樣性

從各棲地類型出現的兩棲類種數分析結果顯示（圖三），各棲地類型出現的兩棲類種數為 6 至 18 種不等。其中，水溝為 13 至 16 種，溪流為 12 至 14 種，水池為 11 至 16 種，樹林為 6 至 18 種，開墾地為 8 至 16 種，農地為 18 種，草地為 16 種。樹林環境內，樹林底層包含全部的 18 種兩棲類，而樹林植物體上只有部份樹棲型蛙類棲息於此(6 種)。開墾地中，道路則因是許多兩棲類陸域與水域環境間的過渡地帶，常有兩棲類經由道路自陸域遷徙至水域繁殖，使道路上也具有許多的兩棲類分布（15 種），步道則因遮蔽少而乾燥，兩棲類物種數較少（8 種）。此結果反應出潮濕的棲地環境（樹林底層、農地），或水陸域交界地帶（道路），是兩棲類物種較常出現的環境。



圖三、193 縣道各棲地類型兩棲類種數。

三、各物種之棲地利用

從 193 縣道 18 種兩棲類的棲地利用資料顯示，有 16 種具有足夠的有效資料（金線蛙、牛蛙調查筆數過少），用以分析各物種的棲地利用型態。

從各兩棲類之主要棲地利用類型顯示（表二），盤古蟾蜍主要出現在道路、乾溝及不流動水溝等棲地類型（共佔 69.8 %）。黑眶蟾蜍主要出現在道路、農地及荒地等棲地類型（共佔 57.6 %）。中國樹蟾計主要出現在樹林底層、荒地及農地等棲地類型（共佔 70.9 %）。小雨蛙主要出現在農地、荒地及樹林底層等棲地類型（共佔 64.8 %）。黑蒙西氏小雨蛙主要出現在農地、水域、不流動水溝及荒地等棲地類型（共佔 72 %）。腹斑蛙主要出

表二、193 縣道 1999 年至 2005 年間各兩棲類主要棲地利用類型

物種	主要出現棲地類型及百分比	有效筆數
盤古蟾蜍	道路 (43.4 %)、乾溝 (13.9 %)、不流動水溝 (12.5 %)	512
黑眶蟾蜍	道路 (22.2 %)、農地 (18.9 %)、荒地 (16.5 %)	1123
中國樹蟾	樹林底層 (27.3 %)、荒地 (23.6 %)、農地 (20.0 %)	55
小雨蛙	農地 (37.9 %)、荒地 (15.0 %)、樹林底層 (11.9 %)	1063
黑蒙西氏小雨蛙	農地 (25.0 %)、水域 (18.8 %)、不流動水溝 (14.1 %)、荒地 (14.1 %)	64
腹斑蛙	水域 (25.3 %)、樹林底層 (23.3 %)、不流動水溝 (16.7 %)	443
貢德氏赤蛙	農地 (23.8 %)、水域 (21.1 %)、荒地 (20.2 %)	332
拉都希氏赤蛙	不流動水溝 (29.0 %)、流動水溝 (13.8 %)、流水 (9.8 %)	1570
澤蛙	農地 (23.1 %)、道路 (18.2 %)、不流動水溝 (14.7 %)	1689
斯文豪氏赤蛙	流水 (22.9 %)、樹林底層 (22.1 %)、不流動水溝 (16.6 %)	476
虎皮蛙	農地 (37.8 %)、不流動水溝 (15.1 %)、荒地 (12.4 %)	185
日本樹蛙	不流動水溝 (16.7 %)、流水 (13.6 %)、道路 (12.6 %)	2032
褐樹蛙	道路 (27.6 %)、流水 (16.6 %)、不流動水溝 (16.2 %)	290
艾氏樹蛙	樹林植物體 (66.4 %)、樹林底層 (28.6 %)	751
白領樹蛙	樹林底層 (29.2 %)、農地 (15.2 %)、不流動水溝 (13.5 %)	1656
莫氏樹蛙	樹林底層 (59.2 %)、不流動水溝 (10.1 %)	1958

現在水域、樹林底層及不流動水溝等棲地類型 (共佔 65.3 %)。貢德氏赤蛙主要出現在農地、水域及荒地等棲地類型 (共佔 65.1 %)。拉都希氏赤蛙主要出現在不流動水溝、流動水溝及流水等棲地類型 (共佔 52.6 %)。澤蛙主要出現在農地、道路及不流動水溝等棲地類型 (共佔 56 %)。斯文豪氏赤蛙主要出現在流水、樹林底層及不流動水溝等棲地類型 (共佔 61.6 %)。虎皮蛙主要出現在農地、不流動水溝及荒地等棲地類型 (共佔 65.3 %)。日本樹蛙主要出現在不流動水溝、流水及道路等棲地類型 (共佔 42.9 %)。褐樹蛙主要出現在道路、流水及不流動水溝等棲地類型 (共佔 60.4 %)。艾氏樹蛙主要出現在樹林植物體與樹林底層等二種棲地類型 (共佔 95 %)。白領樹蛙主要出現在樹林底層、農地及不流動水溝等棲地類型 (共佔 57.9 %)。莫氏樹蛙主要出現在樹林底層及不流動水溝等二種棲地類型 (共佔 69.3 %)。

四、生態區位寬度

Levins (1968) 提出可藉由生物對於資源的利用情況，估測物種的分布概況，求得其生態區位寬度。而生態區位寬度正可代表某一生物對於環境的耐受及適應能力 (Dash and Mahanta, 1993)。

在 193 縣道內所調查到的 18 種兩棲類，有 16 種兩棲類具有足夠的有效資料，依其對於不同棲地類型的利用程度，分析各兩棲類物種的生態區位寬度（表三）。其中，以日本樹蛙的生態區位最寬（ $B_i = 9.50$ ），澤蛙（ $B_i = 7.53$ ）、黑眶蟾蜍（ $B_i = 7.44$ ）、拉都希氏赤蛙（ $B_i = 7.07$ ）次之，顯示日本樹蛙、澤蛙、黑眶蟾蜍及拉都希氏赤蛙等分布於各種不同的棲地類型中，生態區位最窄者為艾氏樹蛙（ $B_i = 1.91$ ）及莫氏樹蛙（ $B_i = 2.69$ ），顯示二者所利用的棲地類型，具有某些程度的專一性。

表三、193 縣道 1999 年至 2005 年間各兩棲類之生態區位寬度（括號內為各物種的調查有效筆數）

物種	生態區位寬度
盤古蟾蜍	4.25(512)
黑眶蟾蜍	7.44(1123)
中國樹蟾	5.35(55)
小雨蛙	5.01(1063)
黑蒙西氏小雨蛙	6.59(64)
腹斑蛙	6.03(443)
貢德氏赤蛙	6.15(332)
拉都希氏赤蛙	7.07(1570)
澤蛙	7.53(1689)
斯文豪氏赤蛙	6.56(476)
虎皮蛙	4.90(185)
日本樹蛙	9.50(2032)
褐樹蛙	6.49(290)
艾氏樹蛙	1.91(751)
白額樹蛙	6.47(1656)
莫氏樹蛙	2.69(1958)
金線蛙	*(4)
牛蛙	*(20)

*因調查有效筆數過少，無法估算生態區位寬度。

日本樹蛙廣泛分布於全台灣中、低海拔地區，日本樹蛙也是台灣少數可在溫泉環境附近進行繁殖的兩棲類（陳德治，1998）。本研究的調查結果顯示，日本樹蛙具有最大的生態區位，普遍分布於 193 縣道內水溝、溪流、開墾地等不同型態的棲地環境中。

艾氏樹蛙及莫氏樹蛙則是本研究中生態區位最小的 2 種兩棲類。艾氏樹蛙常見於全島中低海拔山區，屬樹棲型蛙類，利用積水的竹筒或樹洞繁殖；莫氏樹蛙分布於海拔 2,500

公尺以下的果園、樹林等環境中 (楊懿如, 1998; 楊懿如和李卉峻, 1999)。在本研究的野外調查中發現, 艾氏樹蛙對於棲息環境具有很高的專一性, 樹林環境內所調查到的艾氏樹蛙佔總調查筆數的 95.1 % (樹林植物體上 66.5 %, 樹林底層 28.6 %); 莫氏樹蛙主要分佈於果園、森林等樹林環境中 (62.6 %), 但多棲息於樹林的底層 (59.2 %)。

五、生態區位重疊度

生態區位重疊度可用以估算在相同生態區位尺度下, 兩棲類的相對豐富程度 (Dash and Mahanta, 1993)。

本研究以估算生態區位寬度的 16 種兩棲類, 作為分析生態區位重疊度的資料依據。結果顯示 (表四), 小雨蛙與虎皮蛙 ($\alpha_{yx} = 0.97$)、黑蒙西氏小雨蛙與貢德氏赤蛙 ($\alpha_{yx} = 0.93$)、小雨蛙與黑蒙西氏小雨蛙 ($\alpha_{yx} = 0.91$)、黑眶蟾蜍與澤蛙 ($\alpha_{yx} = 0.90$)、黑蒙西氏小雨蛙和虎皮蛙 ($\alpha_{yx} = 0.87$) 等生態區位重疊度較高, 盤古蟾蜍與艾氏樹蛙的生態區位重疊度最低 ($\alpha_{yx} = 0.03$)。

表四、193 縣道 1999 年至 2005 年間各兩棲類之生態區位重疊度

物種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	平均
1	-	0.72	0.21	0.19	0.23	0.22	0.20	0.43	0.69	0.34	0.30	0.65	0.86	0.03	0.26	0.16	0.37
2		-	0.73	0.74	0.66	0.48	0.73	0.45	0.90	0.38	0.74	0.72	0.67	0.11	0.63	0.38	0.57
3			-	0.78	0.71	0.68	0.75	0.37	0.64	0.42	0.71	0.50	0.24	0.31	0.85	0.73	0.54
4				-	0.91	0.60	0.87	0.54	0.83	0.34	0.97	0.57	0.28	0.13	0.76	0.42	0.56
5					-	0.79	0.93	0.70	0.79	0.42	0.87	0.64	0.35	0.10	0.78	0.38	0.58
6						-	0.77	0.73	0.56	0.68	0.55	0.65	0.39	0.24	0.90	0.70	0.56
7							-	0.56	0.73	0.40	0.79	0.61	0.33	0.11	0.75	0.37	0.56
8								-	0.7	0.78	0.65	0.88	0.68	0.10	0.68	0.41	0.54
9									-	0.48	0.89	0.83	0.73	0.10	0.69	0.37	0.62
10										-	0.42	0.84	0.68	0.29	0.70	0.66	0.49
11											-	0.68	0.41	0.11	0.73	0.40	0.58
12												-	0.89	0.14	0.69	0.46	0.61
13													-	0.05	0.38	0.23	0.45
14														-	0.32	0.44	0.16
15															-	0.87	0.62
16																-	0.47

註： 1 盤古蟾蜍 2 黑眶蟾蜍 3 中國樹蟾 4 小雨蛙 5 黑蒙西氏小雨蛙 6 腹斑蛙
 7 貢德氏赤蛙 8 拉都希氏赤蛙 9 澤蛙 10 斯文豪氏赤蛙 11 虎皮蛙 12 日本樹蛙
 13 褐樹蛙 14 艾氏樹蛙 15 白額樹蛙 16 莫氏樹蛙

從棲地利用的關係顯示, 小雨蛙、黑蒙西氏小雨蛙及虎皮蛙均以農地為主要的棲息地 (小雨蛙 37.9 %、黑蒙西氏小雨蛙 25.0 %、虎皮蛙 37.8 %), 屬共棲性的蛙種, 是以三者具有較大的生態區位重疊度。黑蒙西氏小雨蛙及貢德氏赤蛙同以農地 (黑蒙西氏小雨蛙 25.0 %, 貢德氏赤蛙 23.8 %)、水域 (黑蒙西氏小雨蛙 18.8 %, 貢德氏赤蛙 21.1 %)、荒地 (黑蒙西氏小雨蛙 14.1 %, 貢德氏赤蛙 20.2 %) 為主要棲地類型。黑眶蟾蜍與澤蛙多出現在農地 (黑眶蟾蜍 18.9 %, 澤蛙 23.1 %)、道路 (黑眶蟾蜍 22.2 %, 澤蛙 18.2 %) 等棲地類型, 使得黑蒙西氏小雨蛙及貢德氏赤蛙、黑眶蟾蜍與澤蛙之生態區位重疊度高。

艾氏樹蛙與其他蛙種間的平均生態區位重疊度最低 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.16$)，顯示艾氏樹蛙的生態區位狹窄，且其棲息環境與其他蛙種有很大的差異。根據艾氏樹蛙和其他兩棲類生態區位重疊度的結果顯示，艾氏樹蛙與莫氏樹蛙的生態區位重疊度是所有組合中最高 ($\alpha_{yx} = 0.44$)，與盤古蟾蜍的生態區位重疊度最低 ($\alpha_{yx} = 0.03$)。雖然艾氏樹蛙與莫氏樹蛙同棲於樹林環境中，但艾氏樹蛙以樹林植物體為主要棲息場所，莫氏樹蛙則分布於樹林底層，兩者在棲地利用上具有分化現象。盤古蟾蜍多出現在道路附近 (43.4%)，不出現在樹林植物體上，而艾氏樹蛙主要分布於樹林植物體上 (66.4%)，幾乎不出現在道路上 (0.3%)，是以盤古蟾蜍及艾氏樹蛙間的生態區位重疊度最低。

根據 Lin and Lue (2004) 的研究指出，若一物種具有較寬的生態區位寬度，該物種與其他物種間也擁有較大的生態區位重疊度。本研究之各物種平均生態區位重疊度顯示，白頰樹蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.62$)、澤蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.62$)、日本樹蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.61$)、黑蒙西氏小雨蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.58$) 及虎皮蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.58$) 與其他物種的生態區位重疊度最大；而斯文豪氏赤蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.49$)、莫氏樹蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.47$)、褐樹蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.45$)、盤古蟾蜍 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.37$) 與艾氏樹蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.16$) 和其他物種的生態區位重疊度最小。分析各物種生態區位寬度 B_i (表三) 與平均生態區位重疊度 $\bar{\alpha}_{yx}$ (表四) 間的相關性，結果顯示二者間具有顯著正相關 ($r = 0.73, df = 15, p < 0.01$)。

六、兩棲類之環境活動型態分析

193 縣道兩棲類環境活動型態的分析，係依照棲地類型的環境屬性分為流水環境 (流動水溝、溪流)、靜水環境 (不流動水溝、水池、稻田)、樹林環境 (原始林、次生林、竹林、果園等具有良好遮蔽的棲地)、開墾地 (乾溝、茶園、菜園、荒地、車道、草地、住宅等人為干擾較大的棲地) 等四大類，並分別分析各科兩棲類對於不同環境屬性的利用程度，作為歸納兩棲類環境活動型態的依據。各兩棲類環境活動型態百分比，詳示如表五。

表五、193 縣道 1999 年至 2005 年間各兩棲類環境活動型態，數字為百分比。

物種	流水環境	靜水環境	開墾地	樹林
盤古蟾蜍	13.4	17.1	67.4	2.1
黑眶蟾蜍	12.2	25.9	53.4	8.5
中國樹蟾	1.9	35.2	35.1	27.8
小雨蛙	4.7	63.8	27.4	4
黑蒙西氏小雨蛙	6.3	60.9	25	7.8
腹斑蛙	8.8	53.3	14.7	23.3
貢德氏赤蛙	13	51.8	26.8	8.4
拉都希氏赤蛙	26.4	48.7	16.5	8.3
澤蛙	11.6	41.7	39.7	7
斯文豪氏赤蛙	43.1	23.5	9	24.4
虎皮蛙	11.8	52.3	26.1	9.7
日本樹蛙	32.2	30.7	27.5	9.5
褐樹蛙	37.2	20.9	38.2	3.7
艾氏樹蛙	0.5	1.7	2.7	95.1
白頰樹蛙	7.2	40.3	22.6	29.8
莫氏樹蛙	3	18.2	16.4	62.5

蟾蜍科的盤古蟾蜍及黑眶蟾蜍有很高的生態區位重疊度 ($\alpha_{yx} = 0.72$)，二者對於開墾地的利用率很高 (盤古蟾蜍 67.4 %、黑眶蟾蜍 53.4 %)，與其具有較佳的耐旱能力，而較能適應乾旱的環境有關，常出現在乾溝、荒地及路燈下等食過往的昆蟲。

中國樹蟾在環境活動型態上，平均出現在靜水環境、開墾地及樹林中。根據現地調查的結果顯示，中國樹蟾多出現在樹林底層、稻田及荒地等棲地類型 (70.9 %)，而少出現在流水環境的溪流附近 (1.8%)。

狹口蛙科中的小雨蛙及黑蒙西氏小雨蛙有極高的生態區位重疊度 ($\alpha_{yx} = 0.91$)，皆以靜水環境的利用率最高 (小雨蛙 63.8 %、黑蒙西氏小雨蛙 60.9 %)，也活動於開墾地中 (小雨蛙 27.4 %、黑蒙西氏小雨蛙 25.0 %)，但對於流水環境及樹林的利用率明顯偏低。

赤蛙科環境活動型態的分析結果顯示，各種類間對於棲息環境的利用上是有所差異。腹斑蛙、貢德氏赤蛙、拉都希氏赤蛙及虎皮蛙四種，以靜水環境的利用程度最為明顯 (腹斑蛙 53.3 %、貢德氏赤蛙 51.8 %、拉都希氏赤蛙 48.7 %及虎皮蛙 52.3 %)，對於流水環境、開墾地、樹林的利用率不甚明顯。澤蛙雖以靜水環境的利用率最高 (41.7%)，但亦利用開墾地環境，較少利用流水、樹林等環境。斯文豪氏赤蛙多出現在流水環境中 (43.1%)，有部分個體也會出現在靜水環境及樹林，對於開墾地的利用率最低。

樹蛙科之 5 種兩棲類約可分為樹棲型及廣泛活動型等兩種類型。艾氏樹蛙及莫氏樹蛙為樹棲型蛙類的典型，對於樹林環境的利用程度很高 (艾氏樹蛙 95.1 %、莫氏樹蛙 62.5 %)。艾氏樹蛙多出現在樹林中層鳴叫，極少利用樹林以外的環境。莫氏樹蛙除出現在樹林環境中，也會利用靜水環境及開墾地，但幾乎不會利用流水環境。

白額樹蛙、日本樹蛙及褐樹蛙屬廣泛活動型兩棲類，分布於不同環境型態中。白額樹蛙主要活動於靜水環境 (40.3 %)，也活動於開墾地及樹林中，但較少出現於流水環境。日本樹蛙及褐樹蛙較平均出現於流水、靜水及開墾地環境，僅對於樹林環境的利用率較低 (日本樹蛙 9.5 %，褐樹蛙 3.6 %)。日本樹蛙廣泛活動於流水環境、靜水環境及開墾地等環境中，較少出現在樹林中；褐樹蛙亦是開墾地 (38.2 %)、流水環境 (37.2 %) 及靜水環境 (30.7 %) 為主要活動環境，極少出現在樹林環境中。根據現地的調查結果顯示，日本樹蛙多出現在水溝 (28.9 %)、溪流 (21.3 %) 等有水環境中；而褐樹蛙因繁殖遷徙的因素，常出現水陸交界的道路 (27.6 %)，也出現在繁殖區域的水溝 (28.6 %)、溪流 (24.5 %) 中。

綜合以上各種兩棲類對於不同環境類型的利用率，可將分佈於 193 縣道的兩棲類分為五類環境活動型態：

1. 廣泛分佈：以中國樹蟾、日本樹蛙、褐樹蛙、白額樹蛙、澤蛙等 5 種最為明顯，廣泛分布於水溝、溪流、樹林、稻田及開墾地中。
2. 開墾地：以蟾蜍科為主，盤古蟾蜍、黑眶蟾蜍等 2 種具耐旱能力的蛙類，分布於荒地、道路等較乾旱的環境。
3. 流水環境：以斯文豪氏赤蛙最具典型，是山澗、溪流等流動水域環境常見的蛙類。
4. 靜水環境：以狹口蛙科及赤蛙科為主，小雨蛙、黑蒙西氏小雨蛙、腹斑蛙、貢德氏赤蛙、拉都希氏赤蛙、虎皮蛙等 6 種出現於靜水水域及短暫積水的微環境中。

5. 樹林環境：以樹蛙科為主，艾氏樹蛙、莫氏樹蛙是樹棲型蛙類的典型，艾氏樹蛙主要棲息在樹林植物體上鳴叫，莫氏樹蛙則棲息於樹林底層。

結語

在台灣，過去有關兩棲類群聚的研究，主要在未受過多人為干擾的山區進行研究。本研究係以平地人為干擾性大的環境作為兩棲類群聚研究的區域，研究結果顯示縱使在人為干擾性大的低海拔環境中，兩棲類生物多樣性程度頗高。根據 1999 年至 2005 年 193 縣道之兩棲類研究結果顯示，在花蓮低海拔人為干擾環境中的兩棲類活動型態，可區分為廣泛分布（中國樹蟾、日本樹蛙、褐樹蛙、白額樹蛙、澤蛙等）、開墾地（以蟾蜍科為主）、流水環境（斯文豪氏赤蛙等）、靜水環境（小雨蛙、黑蒙西氏小雨蛙、腹斑蛙、貢德氏赤蛙、拉都希氏赤蛙、虎皮蛙等）、樹林環境（艾氏樹蛙、莫氏樹蛙）等五類，此結果可作為平地人為干擾環境兩棲類保育及生態棲地復育之參考，以協助維持台灣兩棲類的生物多樣性。未來，可持續監測 193 縣道兩棲類群聚空間分布型態，藉此探討棲地對於兩棲類生物多樣性的影響，並進一步探討樹林、溪流等天然環境對生存於人為干擾地之兩棲類所扮演的角色。

致謝

本文承農委會提供計畫經費補助及相關人員協助，謹此致謝。

參考文獻

- 朱哲民 1996 台灣北部溪流蛙類群聚之研究。國立台灣師範大學生物研究所碩士論文。台北。
- 呂光洋等 1996 台灣野生動物資源調查—兩棲類動物資源調查手冊。行政院農業委員會。台北。
- 高保齡 1994 台灣北部地區靜止水域共棲蛙種間資源分配利用之研究。國立台灣師範大學生物研究所碩士論文。台北。
- 張謙方 1995 福山植物園水生植物池共棲蛙種間資源分配之研究。國立台灣師範大學生物研究所碩士論文。台北。
- 陳德治 1998 溫泉與冷水域日本樹蛙的生殖及其蝌蚪溫度生理學之比較。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。台北。
- 楊懿如 1998 賞蛙圖鑑—台灣蛙類野外觀察指南。中華民國自然生態攝影學會。台北。
- 楊懿如、李卉峻 1999 花蓮的蛙類。花蓮縣政府。花蓮。
- 楊懿如、施心翊、方雅芬 2003 東部地區兩棲爬蟲生物資源調查計畫總結報告。台灣生物資源調查與研究研討會論文集。國立中山大學生物科學系。高雄。
- 楊懿如 2005 海岸山脈北段自然暨人文資源調查計畫。花蓮林區管理處。花蓮。
- Beja, P. and Alcazar, R. 2003. Conservation of Mediterranean temporary ponds under agricultural intensification: an evaluation using amphibians. *Biol. Conserv.* 114 (2003): 317-326.
- Blaustein, A. R. and Wake, D. B., 1990. Declining amphibian populations: a global phenomenon. *Trend. Ecol. Evol.* 5: 203-204.

- Dash, M. C. and Mahanta, J. K. 1993. Quantitative analysis of community structure of tropical amphibian assemblages and its significance to conservation. *J. Biosci.* 18(1):121-139.
- Duellman, W. E. and Trueb, L. 1986. *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill. New York.
- Hazell, D., Cunningham, R., Lindenmayer, D., Mackey, B. and Osborne, W. 2001 Use of farm dams as frog habitat in an Australian agricultural landscape: factors affecting species richness and distribution. *Biol. Conserv.* 102(2001): 155-169.
- Hazell, D., Hero, J. M., Lindenmayer, D. and Cunningham, R. 2004. A Comparison of constructed and natural habitat for frog conservation in an Australian agricultural landscape *Biol. Conserv.* 119(2004): 61-71.
- Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmic, R. W., Hayek, L.C. and Foster, M. S. 1994. *Measuring and monitoring biological diversity*, Smithsonian Institution. Washington, D.C.
- Kiesecker, J. M., Belden, L. K., Shea, K. and Rubbo, M. J. 2004. Amphibian decline and emerging disease. *Am. Sci.* 92: 138-147.
- Levins, R. 1968. *Evolution in changing environments: Some theoretical explorations*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Lin, C. F. and Lue, K. Y. 2004. Altitudinal Differences in temporal distribution, spatial preference and timing of breeding climax of frogs and toads in the Central Taiwan. *特有生物研究* 6(1): 39-50.
- Olson, D. H. and Leonard, W. P. 1997 Amphibian inventory and monitoring: a standardize approach for the Pacific North West. *NORTHWEST FAUNA* 4:1-21.
- Piankn, E. R. 1973. The structure of lizard communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4: 53-73.
- Pineda, E. and Halffter, G. 2004. Species diversity and habitat fragmentation: frog in a tropical montane landscape in Mexico. *Biol. Conserv.* 117(2004): 499-508.
- Semlitsch., R. D.(ed.) 2003 *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C.
- Wake, D. B. 1991. Declining amphibian populations. *Science* 253: 860.

The Amphibian Community and Habitat Preferences in the Low Altitude Region of Hualien

Hsin-Yi Shih, Yu-Ching Chang and Yi-Ju Yang*

Graduate Institute of Ecology and Environmental Education, National Hualien University of Education, Taiwan 970, R.O.C.

Abstract

Applying visual encounter method and audio strip transects, this research investigated the number, species, and habitats of the amphibians distributing around the 82 observing spots along Route 193 in Hualien. There were 18 species of amphibians, including 2 species of Bufonidae, 1 species of Hylidae, 2 species of Microhylidae, 8 species of Ranidae, and 5 species of Rhacophoridae. According to the appearance frequency of the amphibians in each observing spot, the following 9 species showed up often along Route 193: *Buergeria japonica* (100 %), *Polypedates megacephalus* (100 %), *Rhacophorus moltrechti* (100 %), *Bufo melanostictus* (99 %), *Rana limnocharis* (99 %), *Rana latouchii* (98 %), *Microhyla ornata* (91 %), *Chirixalus eiffingeri* (91%), and *Bufo bankorensis* (85%). *Buergeria japonica* ($Bi = 9.50$) had the broadest niche breadth, while *Chirixalus eiffingeri* ($Bi = 1.91$) had the narrowest niche breadth. Speaking of niche overlap, the α_{yx} value was highest between *Microhyla ornata* and *Rana rugulosa* ($\alpha_{yx} = 0.97$), and the lowest was between *Bufo bankorensis* and *Chirixalus eiffingeri* ($\alpha_{yx} = 0.03$).

Analyzing different levels of environmental usage of amphibians, we may divide their habitat preferences into 5 categories: wide distribution, assarts, flowing water areas, standing water areas, and forests.

Key words: Amphibian, Habitat preference, Niche breadth, Niche overlap

*Corresponding author, E-mail: treefrog@mail.nhlu.edu.tw