

南仁山生態保護區兩棲類族群之 長期監測（二）

墾丁國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 98 年 12 月

南仁山生態保護區兩棲類族群之 長期監測（二）

受委託者：國立成功大學

計畫主持人：侯平君

計畫助理：陳清旗

墾丁國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 98 年 12 月

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 計畫緣起與背景	1
第二節 計畫目標	2
第二章 執行方法	3
第一節 樣區概述	3
第二節 調查方法	4
第三節 棲地佔有率的估算	4
第三章 調查結果	7
第一節 夜間目視遇測法調查結果	7
第二節 自動錄音法調查結果	10
第三節 棲地佔據模式的估算結果	14
第四章 結論與建議	21
第一節 結論	21
第二節 建議	21
附錄一 南仁山兩棲類監測自動錄音樣點座標	25

南仁山生態保護區兩棲類族群之長期監測（二）

附錄二 評審會議紀錄 · · · · · 27

附錄三 期中審查會議紀錄 · · · · · 33

附錄四 期末審查會議紀錄 · · · · · 37

參考資料 · · · · · 43

表次

表一、目視遇測法在 0.5k 溪流樣區 I 的調查結果 . . .	7
表二、目視遇測法在 0.5k 溪流樣區 II 的調查結果 . . .	8
表三、目視遇測法在古湖溪流樣區 I 的調查結果 . . .	8
表四、目視遇測法在古湖溪流樣區 II 的調查結果 . . .	9
表五、目視遇測法在南仁山地區的綜合結果	10
表六、各月份錄音資料與各物種被記錄到的筆數 . . .	12
表七、自動錄音法在各樣點所發現的兩棲類物種 . . .	13
表八、各物種之模式平均估算結果	15
表九、各物種模式選擇之結果	16
表十、南仁山地區兩棲類各物種在出現的月份	19
表十一、本年度所調查到的兩棲類名錄	21

南仁山生態保護區兩棲類族群之長期監測（二）

圖次

- 圖一、南仁山兩棲類監測自動錄音樣點分佈圖．．．．3
- 圖二、目視遇測法在本年度與過去所得之物種組成．．11

南仁山生態保護區兩棲類族群之長期監測（二）

摘要

關鍵詞：兩棲類、南仁山、目視遇測法、自動錄音法、棲地佔據模式

一、計畫緣起

墾丁國家公園的南仁山生態保護區擁有一半以上的台灣原生種兩棲類，是台灣低海拔地區重要的兩棲類繁殖場。兩棲類對環境品質敏感，是生態環境變動的指標物種，過去台灣缺乏對兩棲類有系統且長期的族群監測資料。但主持人及其研究團隊曾曾於 1995-2001 年與 2008 年對南仁山兩棲類進行監測，結果發現南仁山地區部份兩棲類族群可能有下降的趨勢，需要再做進一步的瞭解。另外，近年發展出了新的族群估算模式（棲地佔據模式），有利於大範圍的監測資料分析，本年度也嘗試以此模式來估算南仁山各兩棲類的族群狀況，以建立長期監測的基礎資料。

二、執行方法

本計畫以目視遇測法繼續在舊有的溪流穿越線進行兩棲類調查，以了解族群變動趨勢。此外，利用自動錄音法進行較大面積的兩棲類調查，並以棲地佔據模式估算各物種在南仁山地區的族群狀態。

三、重要發現

綜合夜間目視遇測法與自動錄音法的調查結果，本年度 3 月至 10 月期間，在南仁山地區共調查到 4 科 7 屬 16 種的兩棲類，幾乎為南仁山地區的全部兩棲類物種。本年目視遇測法在溪流穿越線所調查到的兩棲類物種分佈趨勢與過去相似，但物種的組成與 2008 年和 1995-2001 年的結果顯著不同，這可能是因為盤古蟾蜍的數量減少，或未有整年的完整資料，所造成的差異。不過，拉都希氏赤蛙依舊是南仁山地區的優勢物種。另外，以自動錄音法的調查結果進行棲地佔據模式的估算，發現艾氏樹蛙在南仁山地區擁有最高的棲地佔有率（ $\psi^*=1$ ），即在所有錄音樣點均有分佈，而金線蛙的棲地佔有率（ $\psi^*=0.147$ ）則是最低的，表示金線蛙的分佈相較於其他物種是較侷限的。本年度的各物種棲地佔有率估算結果，將可提供未來長期監測結果比較的基礎。此外，模式選擇的結果顯示，大部分物種的棲地佔有率與偵測率，會明顯受到錄音樣點的棲地類型與調查月份的影響，因此，未來在南仁山地區兩棲類群聚的監測應該以一年為單位進行較佳，且進行調查的樣點也應該盡可能包含不同類型的棲地。

四、主要建議事項

根據本年度之調查結果，針對南仁山保護區內的長期監測提出以下具體建議，分別以立即可行之建議與中、長期性之建議列舉：

立即可行之建議—持續針對南仁山保護區的兩棲類進行長期監測

主辦單位：墾丁國家公園管理處

由於去年及今年的監測結果均顯示：盤古蟾蜍族群在南仁山地區有減少的趨勢，此種趨勢為族群衰退或是有其他的原因，需要長期的資料累積方能釐清。因此，建議墾管處應持續在南仁山生態保護區進行監測及進一步的研究，以確認保護區內兩棲類族群是否真的下降。

立即可行之建議—以自動錄音法進行兩棲類長期監測

主辦單位：墾丁國家公園管理處

自動錄音法幾乎可以調查到所有的兩棲類物種，且能夠進行大範圍的同步調查，甚至能擴展到夜間難以進入的區域。因此，建議未來在南仁山地區的兩棲類長期監測，宜運用自動錄音調查法的方式為主，以獲得較全面性的調查資料，若同時能有氣象資料的收集，對了解氣候變遷的影響更有助益。

中長期性之建議—運用自動錄音法配合棲地佔據模式的設計，在墾丁國家公園內進行更大面積的各類物種長期監測

主辦單位：墾丁國家公園管理處

本年度計畫利用自動錄音法配合棲地佔據模式估算南仁山各兩棲類物種的棲地佔有率，代表各物種目前的族群狀態，以做為未來長期監測比較的基礎。目前所用的自動錄音裝置為市售的錄音筆，一天僅能自動開啟一次錄音，錄音品質也較差。而國外目前已有專為野外錄音調查設計的自動錄音模組上市，其價格雖然較高，然可依個別需要一天啟動多次錄音，且錄音品質較佳，錄音檔還可進一步以軟體分析聲音資料。若能於園區動物出現的熱點佈建，於適當時間開啟，紀錄動物及環境的聲音，不只能監測兩棲類，亦可同時監測其他物種或環境的聲音，增加其使用效益。

ABSTRACT

Keywords: amphibians, Nanjenshan, visaul encounter method, automatic sound recording method, occupancy estimation

Nanjenshan Nature Reserve of Kenting National Park has more than half of the amphibian species of Taiwan and is one of the most important breeding ground for the amphibians. Amphibians are sensitive to changes in environments and are considered as indicator species. In recent year, amphibian populations declined throughout the world and had been associated with factors, such as global climate change, pollution, etc. However, systematic and long-term data for amphibian populations in Taiwan are lacking. The amphibians in Najenshan had been monitoring in 1995-2001 and 2008, and the results indicated that population of *Bufo bankorensis* seemed to be declining. In this study, we continued amphibian monitoring using visual encounter method (VEM) and automated sound recording method (ARM) in Najenshan to evaluate the amphibian population status by occupancy estimation. From March to October, 16 species of anurans were recorded with VEM. *Rana latouchii*, *Buergeria robusta* and *R. swinhoana* were the three most frequently seen species as before. However, the anuran composition of this year was significantly different from those of 2008 and 1995-2001. The discrepancy may be caused by the incomplete survey lacking data from November and December or the absence of *Bufo bankorensis*. ARM recorded 15 species during April and September this year. The single-season model of occupancy estimation revealed the occupancy rates (ψ) ranged from 0.147 for *R. plancyi* to 1 for *Chirixalus eiffingeri*, and the detection probabilities (p) ranged from 0.1049 for *R. limnocharis* to 0.7284 for *Microhyla ornata* (including *Microhyletta heymonsi*). According to the results of model selection with AIC values, habitat type (lentic/lotic) and survey month influenced the species occurrences and detection probabilities, respectively, in most cases. Although, data from the entire year would be more appropriate for estimations of occupancy rates and detection probabilities, this study presented the first estimates of occupancy and detection probabilities for anurans in Taiwan.

第一章 緒論

第一節 計畫緣起與背景

南仁山地區關於兩棲類調查的相關研究，最早為國家公園剛成立時的兩棲類調查報告（呂光洋等，1985），主要為物種的普查，缺乏族群相對數量的估計。此外，主持人曾於1995年9月起至2001年8月期間，進行兩棲類族群監測以及優勢種的族群動態、食性、能量收支、捕食對碎屑食物網的影響等研究。研究結果發現南仁山地區共有4科8屬18種兩棲類（侯平君，1998）。兩棲類的密度在不同的植被區有明顯的差異，背風的溪谷區平均為每100平方公尺10.2隻，迎風之緩坡區則為每100平方公尺3.5隻，且兩區的兩棲類群落結構亦明顯不同（Huang and Hou, 2004）。拉都希氏赤蛙為南仁山地區廣泛分佈之優勢種，南仁湖地區之族群量約在150-1000隻之間。另外，主持人曾針對四種兩棲類進行食性研究，發現拉都希氏赤蛙及金線蛙胃內出現最多的為螞蟥、蜘蛛及鞘翅目昆蟲；斯文豪氏赤蛙捕食最多的是蜚蠊，盤谷蟾蜍則為螞蟥（侯平君，2003）。南仁山拉都希氏赤蛙雄蛙每年每隻吃掉的能量，相當於208隻蟋蟀；雌蛙每年每隻則吃掉相當於353隻蟋蟀的能量，而吃進去的能量大部分（68~80%）是用於成長及生殖。這代表著拉都希氏赤蛙能非常有效率的將攝食的能量傳遞給食物鏈上層的其他生物利用（張原謀，2002）。此外，南仁山森林底層兩棲類（高階捕食者）存在時，雖然不影響落葉無脊椎動物的密度以及落葉分解速率，但卻會增加落葉的磷含量，間接影響森林養分的循環（Huang et al., 2007）。

前述在南仁山的兩棲類監測雖於2001年8月暫停，而2008年重新進行調查的結果卻顯示，部分物種（盤古蟾蜍）可能有減少的趨勢，但可能的原因目前並不清楚。因此，本計畫預計以夜間目視遇測法繼續針對過去的穿越線進行調查，以進一步瞭解兩棲類族群是否真的有所下降的趨勢。

近年來，在族群狀態的估算方法上，發展出了一種稱為棲地佔有模式（occupancy model）的估算方法（MacKenzie et al., 2006），由於只需獲得目標物種出現與否（presence/absence）的調查資料，使得調查工作變得更簡便且有效率，也使得在大空間尺度下，對稀有或不易調查發現的物種族群狀態更容易獲得（Mackenzie et al., 2002; Bailey et al., 2004; O'Connell et al., 2006; Weller and Lee, 2007）。此方法可以同時了解物種族群的變動與其棲地環境因子的關聯性，目前已被廣泛運用在許多兩棲類（Martinez-Solano et al., 2003; Bailey et al., 2004）、鳥類（Stauffer et al., 2004）、哺乳類（Weller, 2008）的族群監測與研究上。因此，本年度計畫利用自動錄音調查法，在南仁湖地區進行較大範圍的兩棲類監測，並以棲地佔有模式來估算各兩棲類物種的族群狀

態，以建立長期監測的基本資料。另外，也收集調查樣點的棲地環境資料與氣候資料，以瞭解其與兩棲類族群變動之間的關連性。

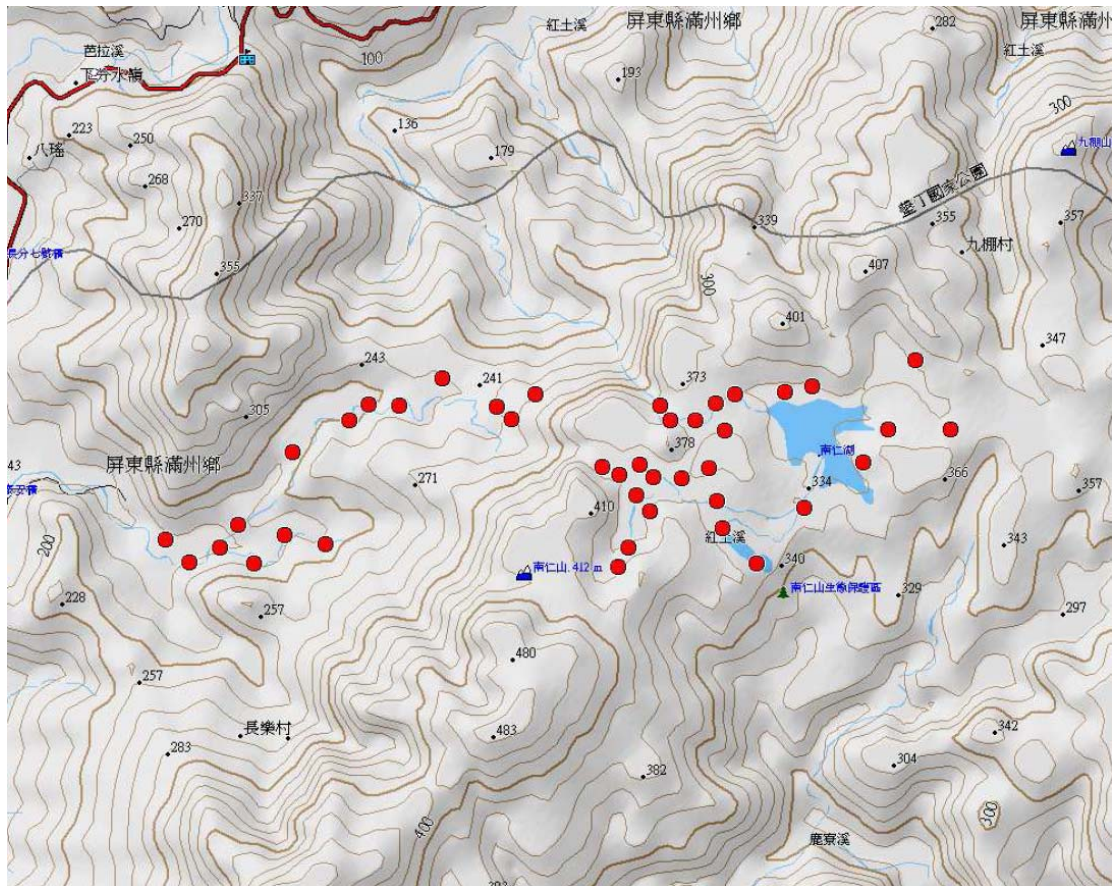
第二節 計畫目標

本計畫目標為進行南仁山兩棲類族群的監測，並擴大調查所涵蓋之範圍。此外，嘗試以新的族群估算模式來評估南仁山地區的兩棲類族群狀況，並瞭解其變動與棲地環境的關係，作為未來經營管理需求上的依據。

第二章 執行方法

第一節 樣區劃設

本計畫沿用過去（1995-2001、2008 年）在巴沙加魯溪（0.5k 與 3.2k 溪段）所劃設的 4 條 100 公尺長的溪流穿越線，作為夜間目視遇測法的調查樣線；另於南仁湖周圍、紅土溪、南仁古湖、巴沙加魯溪以及南山路周邊適合之水域環境，設立了 41 個錄音樣點進行兩棲類聲音的監測（圖一與附錄一），各錄音樣點間的最近距離至少為 100 公尺，以避免樣點的錄音範圍重疊，若以水域類型來區分樣點類別，共可分為臨時性流動水域（5 個）、永久性流動水域（15 個）、臨時性靜水域（9 個）與永久性靜水域（12 個）。



圖一、南仁山兩棲類監測自動錄音樣點分佈圖。

（資料來源：本調查資料）

第二節 調查方法

本計畫分別以夜間目視遇測法（visual encounter method）和自動錄音調查法（automated sound recording method）進行溪流穿越線調查與樣點的聲音監測。穿越線的調查結果將與過去（1995-2001、2008 年）結果比較，以瞭解南仁山地區兩棲類族群是否有下降的趨勢；而大範圍的錄音調查結果，將利用棲地佔領模式（occupancy model）來估算各兩棲類物種在南仁山地區的棲地佔有率，以提供族群長期監測的基礎。

夜間目視遇測法

每個月在 4 條長度為 100 公尺的溪流穿越線進行一次調查，每次調查進行時間為天黑後（約 18：30-19：30）到 12：00 之間，所有穿越線的調查均在兩天之內完成，每次調查以 2-3 人為一組進行，以固定的移動速度，沿溪以目視方式搜尋整個溪寬範圍內的兩棲類，並記錄種類及隻數。若調查中以其他的方式發現未調查到的物種，亦予以記錄，但不將其列入分析資料中。

自動錄音調查法

在每個樣點各設置一組自動錄音系統，自動錄音系統由數位錄音筆、麥克風和防雨箱盒組成，每晚固定於 20：00 開啟錄音，每次開啟 3 分鐘，調查人員每個月為錄音筆更換電池一次，並將錄音資料帶回實驗室，由固定的研究人員，以人耳分析並記錄錄音資料中出現的兩棲類種類。由於整體的錄音資料量過於龐大，故每個月僅固定分析連續 5 天（21-25 日）的錄音檔案做為代表，而其他未分析的檔案則暫時儲存於實驗室中。

第三節 棲地佔有率的估算

我們利用程式 PRESENCE（version 2.3, Hines and MacKenzie, 2008）來估算物種的棲地佔有率（occupancy rate, ψ ）與偵測率（detection probability, p ）。估算過程中，我們將整個年度當成一個調查季，而每一天的錄音則為一次調查，因此，本年度 4 月至 9 期間，各樣點共有 30 筆（天）調查資料（即各物種有/無出現），以各物種在每次調查中是否被發現做為該樣點的調查歷史（survey history），我們即以各物種的調查歷史在單季調查的模式（single-season model）下，分別估算其棲地佔有率與偵測率，並以模式選擇（model selection）的方式來挑選出各物種最佳的估算模式。

在進行模式選擇時，我們先在棲地佔有率固定（ $\psi(.)$ ）的模式下，從調查的偵測率固定（ $p(.)$ ）、每次調查的偵測率不同（ $p(t)$ ）與各月份調查的偵測率不同（ $p(\text{month})$ ）三種模式中挑選出最適合估算偵測率的模式，接著再加入兩類水域類型因子（habit1：靜水域/流水域與 habit2：永久性/臨時性水域）作為可能影響物種棲地佔有率的參數，共建立 6 個不同的估算模式進行模式

選擇，利用 Akaike's Information Criterion (AIC) 值作為模式間比較的參考，擁有最小的 AIC 值的模式為最佳的估算模式，而最佳模式若與其他模式之間的 AIC 差值 (ΔAIC) 小於 2，則表示模式間無顯著差異，即同為適合之估算模式。

我們以最佳模式所估算出來的棲地佔有率與偵測率來代表各兩棲類物種在南仁山地區目前的族群狀況，若模式選擇結果中，合適的估算模式並非只有 1 個，則利用各模式的 AIC 權重 (ω_i) 來計算出該物種的棲地佔有率 (ψ) 與偵測率 (p) 之模式平均值 (model-averaged)。公式如下：

$$\hat{\psi} = \sum \psi_i * \omega_i / \sum \omega_i$$

$$\hat{p} = \sum p_i * \omega_i / \sum \omega_i$$

第三章 調查結果

第一節 夜間目視遇測法的調查結果

本年度調查期間（三月到十月），受到八月份莫拉克颱風的影響，造成溪流穿越線在夜間不易到達，因此，無法進行八、九月的溪流穿越線調查，故目前僅獲得了 6 個月的溪流穿越線調查資料。以目視遇測法在 4 條穿越線中所調查到的物種組成略有不同，在 0.5k 的穿越線中，以較常在流動水域活動的斯文豪氏赤蛙和褐樹蛙被記錄到的隻次最多（表一與表二），而在古湖的溪流穿越線中，則以較常在靜水域活動的拉都希氏赤蛙和腹斑蛙被記錄到的隻次最多（表三與表四），此調查結果中的物種分佈趨勢大致與過去（1995-2001 與 2008 年）的調查結果一致。而綜合 4 條穿越線的調查結果（表五），以目視遇測法共調查發現 13 種兩棲類，其中以拉都希氏赤蛙的發現隻次（485 隻次）為最多，褐樹蛙（102 隻次）次之，斯文豪氏赤蛙（63 隻次）再次之，另外，可以發現拉都希氏赤蛙依然為南仁山地區優勢的兩棲類物種，其在單一晚的調查中，最高可記錄到 238 隻個體（表五）。

表一、目視遇測法在 0.5k 溪流樣區 I 的調查結果。

	月份						
	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	十 月	
溫度(°C)	21.1	23.7	20	24.6	26.1	23.9	
濕度(%)	99	77	75	99	99	73	
天氣	晴	晴	晴	小 雨	晴	小 雨	
物種							總隻次
斯文豪氏赤蛙	2	2	0	5	4	1	14
拉都希氏赤蛙	2	0	1	0	0	2	5
白領樹蛙	0	0	1	0	0	0	1
褐樹蛙	7	15	17	0	7	7	53
日本樹蛙	4	5	3	0	0	0	12
史丹吉氏小雨蛙	0	0	0	1	0	0	1
物種數	4	3	4	2	2	3	

（資料來源：本調查資料）

表二、目視遇測法在 0.5k 溪流樣區 II 的調查結果。

	月份						
	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	十 月	
溫度(°C)	21.1	22.5	21.8	24.6	25.9	22.5	
濕度(%)	99	85	60	99	99	85	
天氣	晴	晴	晴	小 雨	晴	小 雨	
物種							總隻次
斯文豪氏赤蛙	4	9	5	2	10	3	33
拉都希氏赤蛙	2	4	0	1	1	10	18
褐樹蛙	8	10	10	0	6	15	49
日本樹蛙	4	0	1	2	0	0	7
物種數	4	3	3	3	3	3	

（資料來源：本調查資料）

表三、目視遇測法在古湖溪流樣區 I 的調查結果。

	月份						
	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	十 月	
溫度(°C)	22.2	21.3	19.1	23.6	25.9	21.9	
濕度(%)	87	93	83	99	99	82	
天氣	晴	晴	晴	小 雨	小 雨	小 雨	
物種							總隻次
斯文豪氏赤蛙	3	3	6	1	0	2	15
拉都希氏赤蛙	18	22	42	22	106	197	407
金線蛙	0	0	0	0	2	0	2
澤蛙	0	0	0	1	0	0	1
艾氏樹蛙	0	0	0	1	0	0	1
腹斑蛙	1	1	1	6	2	4	15
黑蒙希氏小雨蛙	2	2	1	1	0	0	6
物種數	4	4	4	6	3	3	

（資料來源：本調查資料）

表四、目視遇測法在古湖溪流樣區Ⅱ的調查結果

	月份						總隻次
	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	十 月	
溫度(°C)	22.1	21.6	18.9	23.9	-	21	
濕度(%)	92	89	82	99	-	88	
天氣	晴	晴	晴	小 雨	晴	小 雨	
物種							
斯文豪氏赤蛙	1	0	0	0	0	0	1
拉都希氏赤蛙	7	3	6	5	5	29	55
金線蛙	0	0	0	0	2	0	2
莫氏樹蛙	0	1	1	0	0	0	2
白領樹蛙	0	0	1	0	6	0	7
艾氏樹蛙	0	0	0	1	0	0	1
腹斑蛙	2	3	6	6	9	5	31
黑蒙希氏小雨蛙	3	1	1	0	0	0	5
小雨蛙	0	0	0	0	3	0	3
物種數	4	4	5	3	5	2	

(資料來源：本調查資料)

將本年度目視遇測法的綜合結果與過去(1995-2001 與 2008 年)的資料作比較，其中黑眶蟾蜍、虎皮蛙、艾氏樹蛙與史丹吉氏小雨蛙的發現隻次過少，而合併為其他一類，結果發現本年度的調查結果與 2008 年 ($X^2=99.94$, $DF=12$, $p<0.0001$) 和 1995-2001 年 ($X^2=73.45$, $DF=12$, $p<0.0001$) 的結果顯著不相同(圖二)，這可能是因為本年度受莫拉克颱風的影響，至目前為止僅收集了 6 個月的資料(八、九月無資料)，且尚未進行冬季的調查，因此，造成與過去一整年的資料有差異；另外，2008 年的結果亦顯著不同於 1995-2001 年 ($X^2=99.94$, $DF=12$, $p<0.0001$)，其中，以往在 9 月份會開始出現的盤古蟾蜍，在 2008 年的調查中鮮少發現，而本年度(3-10 月)的調查中也尚未發現盤古蟾蜍，這可能是造成這兩年的調查結果與過去(1995-2001 年)不同的原因之一。未來應該繼續收集穿越線的調查資料，以釐清盤古蟾蜍在南仁山地區的族群是否確實與過去有顯著差異。

在調查中，雖然沒有直接目視發現橙腹樹蛙個體，但於五、六和十月的調查，都在 3.2k 的溪流穿越線中(或鄰近地區)記錄到其叫聲，且調查人員在南山路上移動的過程中，也在 2.7k-3.2k 多處路旁的樹林中記錄到其叫聲。因此，一般被認為族群量稀少的橙腹樹蛙，其南仁山地區的分佈與族群狀況仍有待進一步

的評估。另外，屬於爆發性生殖的史丹吉氏小雨蛙，每次出現時間都相當短暫，且跟降雨有非常密切的關係，所以總是在調查中鮮少被發現，但在本年度五月與九月份的調查，恰巧遇到史丹吉氏小雨蛙大發生的情況，調查人員在整條南山路上（由 3.2k 至工作站的路段），均可發現正抱接的配對個體，可以推測史丹吉氏小雨蛙在南仁山地區應該有相當龐大的族群量，只是調查中設定的溪流穿越線樣區並非牠們容易出現的棲地環境，或進行調查當天的天氣並不適合牠們活動，因而不易被記錄到。

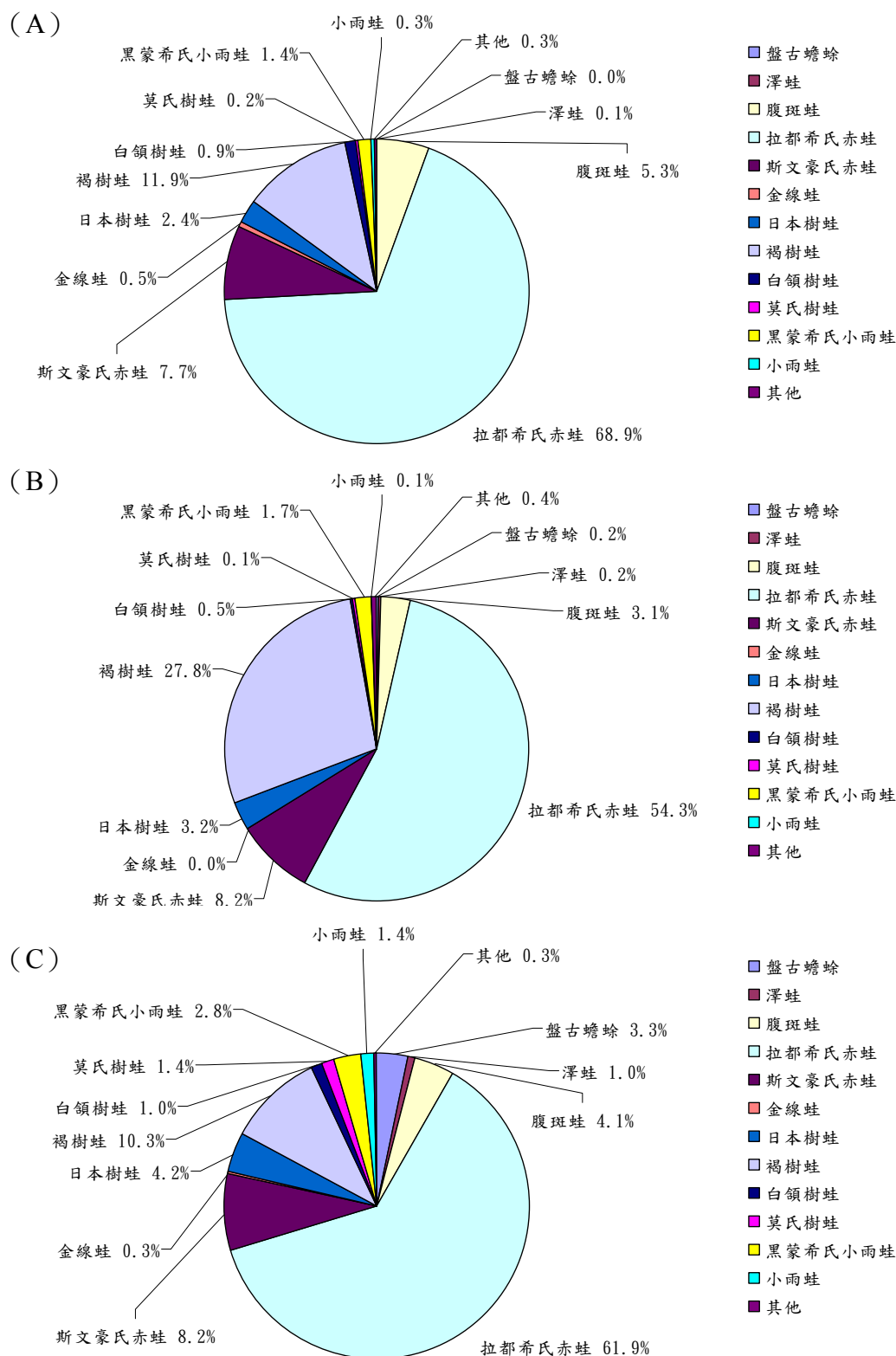
表五、目視遇測法在南仁山地區的綜合結果。

物種	月份						總隻次	頻度
	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	十 月		
斯文豪氏赤蛙	10	14	11	8	14	6	63	8.4%
拉都希氏赤蛙	29	29	49	28	112	238	485	64.9%
金線蛙	0	0	0	0	4	0	4	0.5%
澤蛙	0	0	0	1	0	0	1	0.1%
莫氏樹蛙	0	1	1	0	0	0	2	0.3%
白領樹蛙	0	0	2	0	6	0	8	1.1%
艾氏樹蛙	0	0	0	2	0	0	2	0.3%
褐樹蛙	15	25	27	0	13	22	102	13.7%
日本樹蛙	8	5	4	2	0	0	19	2.5%
腹斑蛙	3	4	7	12	11	9	46	6.2%
史丹吉氏小雨蛙	0	0	0	1	0	0	1	0.1%
黑蒙希氏小雨蛙	5	3	2	1	0	0	11	1.5%
小雨蛙	0	0	0	0	3	0	3	0.4%
物種數	6	7	8	8	7	4		

（資料來源：本調查資料）

第二節 自動錄音法的調查結果

我們自四月份開始自動錄音資料的收集與分析，而受到莫拉克颱風的影響，造成了部分自動錄音設備的毀損，或無法到達樣點回收錄音資料，使得八月與九月錄音資料的回收率明顯下降（表六）。而我們已於十月中恢復大部分樣點錄音裝置的運作，並將持續收集十月之後的錄音資料，目前已完成四月至九月，共 947 筆（2841 分鐘）的資料分析。而由於難以從錄音資料中分辨小雨蛙和黑蒙希氏小雨蛙的叫聲，故分析時將牠們合併計為一種（小雨蛙，代號 Micr），因此，在自動錄音調查法的結果中，總共有 15 種兩棲類的叫聲被紀錄到（表七），



上述幾乎為南仁山地區所能記錄到的全部兩棲類物種（僅盤古蟾蜍未被記錄到），可能是因為盤古蟾蜍主要在冬季活動，而目前的調查資料尚未包含到其活動季節（11-2月），所以無法記錄到盤古蟾蜍的叫聲。各物種在錄音資料中的發現頻度（表六），以艾氏樹蛙為最高（69.5%），小雨蛙次之（55.7%），而白領樹蛙再次之（37.2%）。錄音法在每一個樣點可以記錄到 2-9 種兩棲類，平均各錄音樣點可發現 5.83 ± 1.87 種，其中艾氏樹蛙在所有錄音樣點均有至少一次的發現紀錄（ $\psi_{naïve}=1$ ，表八），為南仁山地區分佈最廣泛的兩棲類物種，其次為小雨蛙（在 33 個樣點有至少一次的發現紀錄），再其次為白領樹蛙（在 30 個樣點有至少一次的發現紀錄），而虎皮蛙與日本樹蛙則是在最少樣點（3 個樣點）被發現的種類，其原因可能是因為虎皮蛙的野外族群量原本就已是很少，而日本樹蛙則可能是因為樣點設置的地點恰好沒有（或不易偵測到）其鳴叫活動，因而造成取樣上的偏差。

表六、各月份錄音資料與各物種被記錄到的筆數。

	月份						總計	
	四月	五月	六月	七月	八月	九月		
錄音資料筆數	180	200	189	150	135	93	947	
遺缺筆數	25	5	16	55	70	112	283	
資料遺缺比例	12.2%	2.4%	7.9%	26.8%	34.1%	54.6%	23%	
物種							百分比	
黑眶蟾蜍	47	64	43	37	5	0	196	20.7%
小雨蛙	110	86	120	109	85	62	527	55.7%
史丹吉氏小雨蛙	0	0	15	0	0	2	17	1.8%
拉都希氏赤蛙	51	7	45	17	15	21	156	16.5%
澤蛙	8	5	8	8	13	2	44	4.7%
腹斑蛙	33	24	55	61	52	22	247	26.1%
斯文豪氏赤蛙	35	9	24	22	8	14	112	11.8%
金線蛙	6	8	10	6	0	0	30	3.2%
虎皮蛙	0	0	4	0	0	0	4	0.4%
艾氏樹蛙	143	115	166	99	101	34	658	69.5%
白領樹蛙	60	76	81	63	65	7	352	37.2%
莫氏樹蛙	19	12	12	0	2	0	45	4.8%
日本樹蛙	2	1	2	3	0	0	8	0.8%
褐樹蛙	14	9	16	11	14	4	68	7.2%
橙腹樹蛙	0	3	2	1	1	0	7	0.7%

（資料來源：本調查資料）

表七、自動錄音法在各樣點所發現的兩棲類物種。

樣點 編號	黑 眶 蟾 蜥	^a 小 雨 蛙	史 丹 吉 氏 小 雨 蛙	拉 都 希 氏 赤 蛙	澤 蛙	腹 斑 蛙	斯 文 豪 氏 赤 蛙	金 線 蛙	虎 皮 蛙	艾 氏 樹 蛙	白 領 樹 蛙	莫 氏 樹 蛙	日 本 樹 蛙	褐 樹 蛙	橙 腹 樹 蛙	物種 總數
1	✓	✓	✓		✓	✓				✓	✓					7
2	✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓					7
3		✓	✓		✓	✓				✓	✓					6
4		✓		✓	✓					✓	✓			✓		6
5				✓						✓				✓		3
6							✓			✓						2
7	✓	✓				✓				✓	✓		✓			6
8	✓	✓			✓	✓				✓	✓					6
9	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓					8
10	✓	✓			✓	✓				✓	✓					6
11		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓					8
12		✓	✓	✓		✓	✓			✓					✓	7
13	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓					8
14							✓			✓				✓		3
15		✓		✓			✓			✓				✓		5
16		✓		✓			✓			✓	✓			✓		6
17							✓			✓	✓					3
18		✓	✓	✓						✓	✓	✓	✓			7
19	✓	✓				✓				✓	✓					5
20	✓	✓								✓	✓					4
21		✓	✓	✓		✓				✓	✓	✓			✓	8
22	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓					9
23		✓		✓	✓	✓				✓	✓	✓				7
24		✓		✓		✓				✓	✓					5
25		✓		✓	✓	✓	✓			✓		✓				7
26	✓	✓			✓				✓	✓	✓					6
27	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓					8
28		✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓				7
29				✓			✓			✓	✓	✓				5
30				✓		✓	✓			✓	✓			✓		6

續表七

樣點 編號	黑 眶 蟾 蜥	小 雨 蛙	史 丹 吉 氏 小 雨 蛙	拉 都 希 氏 赤 蛙	澤 蛙	腹 斑 蛙	斯 文 豪 氏 赤 蛙	金 線 蛙	虎 皮 蛙	艾 氏 樹 蛙	白 領 樹 蛙	莫 氏 樹 蛙	日 本 樹 蛙	褐 樹 蛙	橙 腹 樹 蛙	物種 總數
31	✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓				✓	8
32		✓		✓			✓			✓				✓		5
33	✓									✓	✓					3
34		✓		✓						✓	✓	✓		✓		6
35		✓								✓				✓		3
36	✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓					7
37		✓					✓			✓				✓		4
38	✓	✓				✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓	9
39		✓		✓		✓				✓	✓					5
40	✓	✓		✓		✓				✓					✓	6
41										✓				✓		2
總樣 點數	17	33	8	24	15	23	15	6	3	41	30	7	3	10	6	

^a：在自動錄音法中，小雨蛙與黑蒙希氏小雨蛙合併計算。

（資料來源：本調查資料）

第三節 棲地佔據模式的估算結果

在單季模式下，我們分別估算各物種的棲地佔有率（ ψ ）與偵測率（ p ），由於日本樹蛙（8筆）、橙腹樹蛙（7筆）與虎皮蛙（4筆）被記錄到的資料筆數過少（表六），無法產生有意義的估算結果，因而將其剔除，結果發現，幾乎所有物種的棲地佔有率估算值（ $\hat{\psi}$ ）均略高於其原始值（ $\psi_{\text{naïve}}$ ），其中以艾氏樹蛙的棲地佔有率（ $\hat{\psi}=1$ ，表八）最高，而金線蛙（ $\hat{\psi}=0.147$ ）最低，表示金線蛙的分佈相較於其他物種是較侷限的；偵測率則以小雨蛙（ $\hat{p}=0.7284$ ）最高，而澤蛙（ $\hat{p}=0.1049$ ）最低，各物種的棲地佔有率可視為牠們在南仁山地區族群狀態的指標，棲地佔有率越高表示該物種的族群分佈越廣泛，族群量也可能越高，因此，本年度的估算結果將可作為未來在各年間族群狀況比較的基礎。

表八、各物種之模式平均估算結果。

物種	物種代號	ψ_{naive}	$\hat{\psi}$	$SE\hat{\psi}$	$\hat{p}$	$SE\hat{p}$
黑眶蟾蜍	Bume	0.4146	0.4146	0.0886	0.5195	0.0509
小雨蛙 ^a	Micr	0.8049	0.8049	0.1846	0.7284	0.3468
史丹吉氏小雨蛙	Miin	0.1951	0.2262	0.3174	0.2298	0.0752
拉都希氏赤蛙	Rala	0.5854	0.5925	0.099	0.2631	0.0426
澤蛙	Rali	0.3659	0.3953	0.0978	0.1049	0.0165
腹斑蛙	Raad	0.561	0.5618	0.0945	0.4412	0.0499
斯文豪氏赤蛙	Rasw	0.3659	0.3695	0.1051	0.3122	0.0585
金線蛙	Rapl	0.1463	0.147	0.2748	0.2874	0.0888
艾氏樹蛙	Chei	1	1	0	0.6495	0.4613
白領樹蛙	Pome	0.7317	0.7323	0.0923	0.4565	0.0421
莫氏樹蛙	Rhmo	0.1707	0.1712	0.0711	0.3266	0.0748
褐樹蛙	Buro	0.2439	0.2439	0.0855	0.4273	0.1922

^a：在自動錄音法中，小雨蛙與黑蒙希氏小雨蛙合併計算。

ψ_{naive} ：至少有過一次紀錄的錄音樣點比例。

（資料來源：本調查資料）

在模式選擇的結果方面，各物種的最佳模式中，不同的調查月份通常會顯著影響大部分物種的偵測率（表九），這可能是因為各物種擁有其不同的活動季節，並非持續整年的活動，且大部分物種均有不同的活動高峰期；而不同的水域類型也通常會影響物種的棲地佔有率（即該物種是否在樣點中出現），樣點是屬於靜水域或流動水域（ $\psi(\text{habitat1})$ ）幾乎是影響大部分物種棲地佔有率的主要因子，此外，樣點是屬於臨時性或永久性水域（ $\psi(\text{habitat2})$ ）則主要影響史丹吉氏小雨蛙與拉都希氏赤蛙的棲地佔有率，不過，對於利用樹洞或竹筒積水進行生殖活動的艾氏樹蛙來說，其棲地佔有率則不受兩類水域類型因子的影響。

以上的結果大致相符我們對各物種棲地利用情形的認知，顯示自動錄音法所收集的資料，再配合棲地佔據模式的族群估算，確實可運用於未來長期監測的資料分析上，特別是針對特定物種進行族群狀態的評估。而由於運用棲地佔據模式進行估算時，並不需要太過頻繁的重複調查（同一樣點至少有兩次重複調查即可），因此，將更可能以相同的資源（人力、物力與時間）來涵蓋更大的調查範圍，未來應配合南仁山地區各物種整年的活動季節（表十），在能夠調查到全部物種的原則下，選擇適當的調查時間與頻度，或針對特定的目標物種進行調查的規劃。

表九、各物種模式選擇之結果。

模式	AIC	ΔAIC	ω	K
Bume				
ϕ (habitat1),p(month)	473.8	0	0.7307	8
ϕ (habitat1+habitat2),p(month)	475.8	2	0.2688	9
ϕ (.),p(month)	489.31	15.51	0.0003	7
ϕ (habitat2),p(month)	490.67	16.87	0.0002	8
ϕ (.),p(t)	511.87	38.07	0	31
ϕ (.),p(.)	609.93	136.13	0	2
Micr				
ϕ (habitat1),p(t)	855.29	0	0.6102	32
ϕ (habitat1+habitat2),p(t)	856.2	0.91	0.3872	33
ϕ (.),p(t)	866.84	11.55	0.0019	31
ϕ (habitat2),p(t)	868.79	13.5	0.0007	32
ϕ (.),p(month)	881.6	26.31	0	7
ϕ (.),p(.)	919.63	64.34	0	2
Miin				
ϕ (habitat2),p(month)	114.87	0	0.423	8
ϕ (.),p(month)	115.52	0.65	0.3056	7
ϕ (habitat1+habitat2),p(month)	116.87	2	0.1556	9
ϕ (habitat1),p(month)	117.46	2.59	0.1158	8
ϕ (.),p(.)	157.23	42.36	0	2
ϕ (.),p(t)	157.45	42.58	0	31
Rala				
ϕ (habitat2),p(month)	682.8	0	0.3886	8
ϕ (.),p(month)	683.07	0.27	0.3396	7
ϕ (habitat1+habitat2),p(month)	684.79	1.99	0.1437	9
ϕ (habitat1),p(month)	685.02	2.22	0.1281	8
ϕ (.),p(t)	701.31	18.51	0	31
ϕ (.),p(.)	738.29	55.49	0	2

續表九

模式	AIC	Δ AIC	ω	K
Rali				
ϕ (habitat1+habitat2),p(.)	309.92	0	0.9905	4
ϕ (habitat1),p(.)	319.28	9.36	0.0092	3
ϕ (habitat2),p(.)	326.7	16.78	0.0002	3
ϕ (.),p(.)	329.74	19.82	0	2
ϕ (.),p(month)	330.09	20.17	0	7
ϕ (.),p(t)	351.28	41.36	0	31
Raad				
ϕ (habitat1+habitat2),p(month)	772.1	0	0.6488	9
ϕ (habitat1),p(month)	773.33	1.23	0.3508	8
ϕ (.),p(month)	787.69	15.59	0.0003	7
ϕ (habitat2),p(month)	789.34	17.24	0.0001	8
ϕ (.),p(t)	824.49	52.39	0	31
ϕ (.),p(.)	829.89	57.79	0	2
Rasw				
ϕ (habitat1),p(month)	478.47	0	0.6265	8
ϕ (habitat1+habitat2),p(month)	480.3	1.83	0.2509	9
ϕ (.),p(month)	482.36	3.89	0.0896	7
ϕ (habitat2),p(month)	484.36	5.89	0.033	8
ϕ (.),p(.)	504.85	26.38	0	2
ϕ (.),p(t)	508.46	29.99	0	31
Rapl				
ϕ (habitat1),p(month)	170.93	0	0.3461	8
ϕ (habitat1+habitat2),p(month)	171.01	0.08	0.3326	9
ϕ (.),p(month)	172.05	1.12	0.1977	7
ϕ (habitat2),p(month)	172.99	2.06	0.1236	8
ϕ (.),p(.)	191.81	20.88	0	2
ϕ (.),p(t)	205.99	35.06	0	31

續表九

模式	AIC	Δ AIC	ω	K
Chei				
$\phi(\cdot), p(t)$	1068.95	0	0.9945	31
$\phi(\cdot), p(\text{month})$	1080.58	11.63	0.003	7
$\phi(\text{habitat1}), p(\text{month})$	1082.58	13.63	0.0011	8
$\phi(\text{habitat2}), p(\text{month})$	1082.58	13.63	0.0011	8
$\phi(\text{habitat1}+\text{habitat2}), p(\text{month})$	1084.58	15.63	0.0004	9
$\phi(\cdot), p(\cdot)$	1171.53	102.58	0	2
Pome				
$\phi(\text{habitat1}), p(\text{month})$	1003.85	0	0.6716	8
$\phi(\text{habitat1}+\text{habitat2}), p(\text{month})$	1005.84	1.99	0.2483	9
$\phi(\cdot), p(\text{month})$	1008.82	4.97	0.056	7
$\phi(\text{habitat2}), p(\text{month})$	1010.5	6.65	0.0242	8
$\phi(\cdot), p(t)$	1044.67	40.82	0	31
$\phi(\cdot), p(\cdot)$	1061.39	57.54	0	2
Rhmo				
$\phi(\cdot), p(\text{month})$	203.65	0	0.3829	7
$\phi(\text{habitat1}), p(\text{month})$	203.88	0.23	0.3413	8
$\phi(\text{habitat2}), p(\text{month})$	205.53	1.88	0.1496	8
$\phi(\text{habitat1}+\text{habitat2}), p(\text{month})$	205.87	2.22	0.1262	9
$\phi(\cdot), p(\cdot)$	239.67	36.02	0	2
$\phi(\cdot), p(t)$	240.48	36.83	0	31
Buro				
$\phi(\text{habitat1}+\text{habitat2}), p(t)$	279.29	0	0.5644	33
$\phi(\text{habitat1}), p(t)$	279.94	0.65	0.4078	32
$\phi(\text{habitat2}), p(t)$	285.95	6.66	0.0202	32
$\phi(\cdot), p(t)$	287.93	8.64	0.0075	31
$\phi(\cdot), p(\text{month})$	296.09	16.8	0.0001	7
$\phi(\cdot), p(\cdot)$	302.58	23.29	0	2

Bume=黑眶蟾蜍，Micr=小雨蛙，Miin=史丹吉氏小雨蛙，Rala=拉都希氏赤蛙，Rali=澤蛙，Raad=腹斑蛙，Rasw=斯文豪氏赤蛙，Rapl=金線蛙，Chei=艾氏樹蛙，Pome=白領樹蛙，Rhmo=莫氏樹蛙，Buro=褐樹蛙。

AIC：Akaike's Information Criterion。

ω ：Akaike's Information Criterion 加權指數。

K：模式估算中的參數個數。

$\phi(\cdot)$, $p(\cdot)$ ：棲地佔有率與偵測率在不同樣點或時間均為一固定值。

habitat1：第一類水域類型因子，即靜水域/流水域。

habitat2：第二類水域類型因子，即永久性水域/臨時性水域。

month：以不同月份的調查為影響因子。

t：以不同次的調查。

（資料來源：本調查資料）

表十、南仁山地區兩棲類各物種出現的月份。

	月份											
	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十 一 月	十 二 月
盤古蟾蜍	★	★	★	★			★	★	★★★	★★★	★★	★
黑眶蟾蜍			★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★	★	
虎皮蛙					★	★	★	★	★	★		
澤蛙			★	★★	★★	★★	★★	★	★	★		
腹斑蛙			★	★	★★	★★★	★★★	★★★	★★	★		
拉都希氏赤蛙	★	★	★	★	★★	★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★	★
斯文豪氏赤蛙	★	★	★★	★★	★★	★★	★	★★	★★	★★	★★	★
金線蛙			★	★	★★	★★★	★★★	★★★	★★	★★	★	
日本樹蛙	★	★★	★★	★★	★	★	★	★	★	★	★	★
褐樹蛙	★	★	★	★	★	★★	★★	★★★	★★	★	★	★
艾氏樹蛙	★	★	★★	★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★	★	★
白領樹蛙		★	★	★	★★	★★	★★★	★★★	★★	★		
莫氏樹蛙	★★★	★★	★★	★	★				★	★★	★★★	★★★
橙腹樹蛙					★	★	★	★	★	★		
黑蒙希氏小雨蛙	★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★	★	★
小雨蛙	★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★	★	★
史丹吉氏小雨蛙					★	★	★	★	★	★		

★：歷年來物種在該月份被記錄到的頻度，星號越多表示頻度越高。

（資料來源：南仁山 1995-2001 年和 2008-2009 年調查資料）

第四章 結論與建議

第一節 結論

綜合目視遇測法與自動錄音法的調查結果，本年度3月至10月期間，我們在南仁山地區共調查到4科7屬16種的兩棲類（表十一），幾乎為南仁山地區的全部兩棲類物種。雖受到莫拉克颱風的影響，因而有部分調查資料無法獲得，不過，在各溪流穿越線的兩棲類分佈情況大致與過去相似，唯物種組成的結果與2008年和1995-2001年的結果均有顯著不同，這可能是因為盤古蟾蜍的數量減少，或尚未有整年的完整資料，所造成的差異，而在調查結果中，拉都希氏赤蛙依然是南仁山地區的優勢物種（表五）。以自動錄音法的調查結果進行棲地佔據模式的估算，發現艾氏樹蛙在南仁山地區擁有最高的棲地佔有率（ $\psi^*=1$ ），即在所有錄音樣點均有分佈，而金線蛙的棲地佔有率（ $\psi^*=0.147$ ）則是最低的，表示金線蛙的分佈相較於其他物種是較侷限的。本年度的各物種棲地佔有率估算結果，將可提供未來長期監測結果比較的基礎，以瞭解南仁山地區的兩棲類族群變動。而由於各物種出現時間不同，偏好使用的棲地類型不同，未來南仁山地區兩棲類群聚的監測應該以一年為單位進行較佳，且進行調查的樣點也應該盡可能包含不同的棲地類型。

第二節 建議

根據本年度之調查結果，針對南仁山保護區內的長期監測提出以下具體建議，分別以立即可行之建議與中、長期性之建議列舉：

建議一

持續針對南仁山保護區的兩棲類進行長期監測：立即可行之建議

主辦單位：墾丁國家公園管理處

由於去年及今年的監測結果均顯示：盤古蟾蜍族群在南仁山地區有減少的趨勢，此種趨勢為則群衰退或是有其他的原因，需要長期的資料累積方能釐清。因此，建議墾管處應持續在南仁山生態保護區進行監測及進一步的研究，以確認保護區內兩棲類族群是否真的下降

建議二

以自動錄音法進行兩棲類長期監測：立即可行之建議

主辦單位：墾丁國家公園管理處

自動錄音法幾乎可以調查到所有的兩棲類物種，且能夠進行大範圍的同步調查，或擴甚至能擴展到夜間難以進入的區域。因此，建議未來在南仁山地區的兩棲類長期監測，宜以自動錄音調查法的方式為主，以獲得較全面性的調查資料，若同時能有氣象資料的收集，對了解氣候變遷的影響更有助益。

表十一、本年度所調查到的兩棲類名錄。

學名	中文名
Anura 無尾目	
Bufonidae 蟾蜍科	
Bufo 蟾蜍屬	
<i>Bufo melanostictus</i>	黑眶蟾蜍
Microhylidae 狹口蛙科	
Microhyla 狹口蛙屬	
<i>Microhyla ornata</i>	小雨蛙
<i>Microhyletta heymonsi</i>	黑蒙希氏小雨蛙
<i>Microhyletta stejnegeri</i>	史丹吉氏小雨蛙 [#]
Ranidae 赤蛙科	
Rana 赤蛙屬	
<i>Rana adenopleura</i>	腹斑蛙
<i>Rana rugulosa</i>	虎皮蛙
<i>Rana limnocharis</i>	澤蛙
<i>Rana latouchii</i>	拉都希氏赤蛙
<i>Rana plancyi</i>	金線蛙 [@]
<i>Rana swinhoana</i>	斯文豪氏赤蛙
Rhacophoridae 樹蛙科	
Buergeria 溪樹蛙屬	
<i>Buergeria japonicus</i>	日本樹蛙
<i>Buergeria robusta</i>	褐樹蛙 [#]
Chirixalus 跳蛙屬	
<i>Chirixalus eiffingeri</i>	艾氏樹蛙
Polypedates 泛樹蛙屬	
<i>Polypedates megacephalus</i>	白領樹蛙
Rhacophorus 樹蛙屬	
<i>Rhacophorus aurantiventris</i>	橙腹樹蛙 ^{@#}
<i>Rhacophorus moltrechti</i>	莫氏樹蛙 [#]

@：保育類。

#：台灣特有種。

(資料來源：本調查資料)

建議三

中長期性之建議：運用自動錄音法配合棲地佔據模式的設計在墾丁國家公園內進行更大面積的各類物種監測

主辦單位：墾丁國家公園管理處

本年度計畫利用自動錄音法配合棲地佔據模式估算南仁山各兩棲類物種的棲地佔有率，代表各物種目前的族群狀態，以做為未來長期監測比較的基礎。目前所用的自動錄音裝置為市售的錄音筆，一天僅能自動開啟一次錄音，錄音品質也較差。而國外目前已有專為野外錄音調查設計的自動錄音模組上市，其價格雖然較高，然可依個別需要一天啟動多次錄音，且錄音品質較佳，錄音檔還可進一步以軟體分析聲音資料。若能於園區動物出現的熱點佈建，於適當時間開啟，紀錄動物及環境的聲音，不只能監測兩棲類，亦可同時監測其他物種或環境的聲音，增加其使用效益。

附錄一、南仁山兩棲類監測自動錄音樣點座標。

樣點編號	座標 (TWD67)	樣點編號	座標 (TWD67)
NJS 01	234790 2443009	NJS 22	234481 2443232
NJS 02	234763 2443129	NJS 23	234406 2443152
NJS 03	232334 2442958	NJS 24	234468 2443084
NJS 04	232439 2442859	NJS 25	234372 2442923
NJS 05	232857 2442979	NJS 26	235407 2443297
NJS 06	232892 2443342	NJS 27	234607 2443224
NJS 07	234668 2443481	NJS 28	233553 2443664
NJS 08	234796 2443435	NJS 29	233856 2443487
NJS 09	234756 2443557	NJS 30	234327 2442837
NJS 10	234843 2443592	NJS 31	235520 2443441
NJS 11	234333 2443239	NJS 32	233144 2443482
NJS 12	234260 2443276	NJS 33	234730 2443273
NJS 13	234938 2442852	NJS 34	233228 2443550
NJS 14	232721 2442857	NJS 35	232574 2442925
NJS 15	233040 2442941	NJS 36	235146 2443095
NJS 16	232654 2443026	NJS 37	233364 2443548
NJS 17	233966 2443595	NJS 38	235639 2443744
NJS 18	233795 2443539	NJS 39	235792 2443439
NJS 19	235062 2443606	NJS 40	234557 2443480
NJS 20	235185 2443629	NJS 41	234511 2443545
NJS 21	234421 2443287		

(資料來源：本調查資料)

附錄二、評審會議記錄

98 年度「南仁山生態保護區兩棲類族群之長期監測（二）」委辦勞務
服務企畫書評審會議紀錄

壹、開會日期：中華民國 98 年 3 月 6 日上午 10 時

記錄：郭曉嫻

貳、開會地點：墾丁國家公園管理處行政中心大型會議室

參、主持（召集）人：林委員青

林青

肆、評審委員：

國立台東大學 彭委員仁君

彭仁君

中國文化大學 盧委員堅富

盧堅富

墾丁國家公園管理處 林委員欽旭

林欽旭

墾丁國家公園管理處 林委員文敏

林文敏

伍、出席單位及人員：

服務廠商

侯平君

墾丁國家公園管理處

郭曉嫻

陸、會議紀錄：評審委員會共有 5 位委員，有 5 位委員出席，委員出席人數及比例符合規定。

服務廠商報告：侯教授平君報告（詳如服務企劃書）

彭委員仁君：

- 1.調查方法已依過去經驗調整。本研究在巴沙加魯溪設 4 條 100 公尺的穿越線，且在南仁湖及南仁古湖設 40 個錄音樣點，但棲地不同，蛙種會不同，是否應在溪流沿線放置錄音筆？
- 2.樣點設立有否固定範圍？

侯教授平君：

- 1.以錄音調查法及棲地佔有模式估算族群，需使用大量錄音筆，40 個樣點就需要 40 支錄音筆，1 支錄音筆約需 2500 元，但目前尚未清楚錄音筆功能及耐久性，故先從南仁古湖樣點開始測試，若錄音筆合適，應可設置在溪流樣區。
- 2.若假設每支麥克風收音效果一樣，則每個錄音樣點範圍固定，偵測每一種蛙類之機率應一樣。此外，棲地不同，蛙種會不同，故本研究將進行棲地變數資料與兩棲類物種相關性分析。

彭委員仁君：

- 1.40 個錄音樣點是否即以目標物種出現與否來記錄？材料方法中應敘明。
- 2.本研究在晚上 8 點開啟錄音筆，是否有可能下半夜才有蛙類出現？
- 3.棲地佔有模式與過去資料之比較是否應做調整？而過去的方法是否應持續進行才有辦法比較？

侯教授平君：

- 1.大部份蛙類在上半夜出現。
- 2.1995~2001 年以夜間目視遇測法進行調查，其中只有 2001 年使用方框法調查。去年夜間目視遇測法的調查結果可與 1995~2001 年的資料做比較，今年亦會持續進行夜間目視遇測法調查。因為方框法僅在森林樣區進行，範圍很小，去年調查比 2001 年少，卻無法確定兩棲類遷至他處，抑或因氣候變遷等原因造成族群數量減少，所以今年改採大範圍調查，期望能以大尺度及長時間的監測資料來得知族群動態，而錄音法較不需要大量人力，且可做大面積調查，今年的調查即可作為比較之基礎。

盧委員堅富：

- 1.棲地環境資料似乎只收集植被類型，是否應考慮收集微棲地資料，棲地環境資料才可與族群結合做比較？
- 2.夜間目視遇測法似乎效果較佳，但仍可考慮與其他方法搭配互補。錄音樣點附

近可設穿越線，收集錄音資料時可順便進行夜間目視遇測法調查，也許能補足錄音調查之不足。

3.有否考慮測試錄音筆每小時開啟錄音一次？可嘗試 8:00 及 9:00 各開啟一至二次，找出最佳的錄音時間。

4. Google Earth 軟體的衛星影像圖不知道是否有更新，所以應謹慎使用。

5.棲地佔有模式以「有」或「沒有」估算族群狀態，此方法較粗估，或許可考慮分級，做更好的修正。

侯教授平君：

1.會盡量收集微棲地資料。

2.目前所使用的錄音筆一天只能開啟一次，若要每小時開啟一次，則須以人力或增加錄音筆數量來解決。國外有販售較高階的錄音筆，可設定一天開啟多次錄音，但價格昂貴，1 支約需 2 萬元。

盧委員堅富：

可以先測試錄音筆開啟的時間，找出最佳的錄音時間。

侯教授平君：

1.會再測試錄音筆開啟的時間。

2.穿越線調查搭配錄音調查並不適當，因為夜間在森林裡調查的能見度相當低，而且錄音時可能會有人聲干擾。

林委員文敏：

南仁湖陸化現象是否會影響兩棲類？可否提供相關因應建議給本處？

侯教授平君：

南仁湖陸化現象會導致南仁湖周圍出現淺灘，淺灘對兩棲類的繁殖反而有利，因為蝌蚪較不喜歡出現在水太深的地方，所以淺灘的出現似乎可以增加兩棲類繁殖棲地，但不確定是否每種兩棲類都喜好此情形，也許可從本計畫監測中得知陸化情形對兩棲類的影響。南仁湖陸化速度不快，而且若要以人為方式變動棲地應經過審慎評估，更何況南仁湖原本就是人工圍出來的湖。

林委員欽旭：

1.穿越線調查的時間可否詳細說明？

2.使用 GPS 定位後，可以整合本處的 GIS 系統，提供本處經營管理參考。

3.研究方法中的「GSP」應改為「GPS」。

4.簡報中有提出詳細的工作方法，但在服務企劃書中卻未見，應再另行補充。

5.調查樣區可否圖示？

侯教授平君：

- 1.整合貴處的 GIS 系統是不錯的建議。
2. 0.5K 設立 2 條 100 公尺穿越線，3.2K 設立 2 條 100 公尺穿越線，共 4 條穿越線，總長 400 公尺。每個月調查一次，調查速度為等速，調查範圍包括穿越線兩側各 1 公尺，故一條穿越線的調查時間約 20~30 分鐘。調查時間在晚上 7:00 至 12:00 間的上半夜。
- 3.服務企劃書會再詳細補充。

林委員青：

- 1.以新的模式進行估算，40 個樣點能否涵蓋南仁山全區？
- 2.調查結果能否呈現每種兩棲類的 OI.？
- 3.能否以紅外線攝影調查兩棲類？

侯教授平君：

- 1.過去的調查都是點狀調查，若要代表整個南仁山是相當薄弱的，但是本研究不可能做整個南仁山區的調查，因為兩棲類為夜行性動物，而且南仁山很多地方並無通道可以進入，晚上又很暗，調查相當困難，所以兩棲類監測才需要發展自動錄音法。以前從未進行過像今年這麼多的調查樣點，今年調查約可做 4 平方公里的範圍。
2. OI.是以自動照相機調查所得的數值。兩棲類棲地佔有模式是以百分比做比較，若今年 20%，而明年 15%，即表示族群數量減少。
- 3.無法以紅外線偵測調查兩棲類，因為兩棲類屬於冷血動物。
- 4.過去南仁山曾調查有 19 種兩棲類，去年只調查到 18 種，未發現貢德氏赤蛙，而貢德氏赤蛙在 1995~2001 年亦僅有一筆紀錄，有待商榷，故一年的調查已足以記錄到所有物種。

彭委員仁君：

本研究共 40 個樣點，應評估樣點設置位置，或許族群集中在某處，族群變大但沒有擴張的情形。

侯教授平君：

當初沒有設定某類棲地做樣點的原因就是為了要收集各類棲地的調查結果，探討那些棲地會有兩棲類出現。若每次棲地佔有率都是 100%，即無法看出變化，所以採用逢機選點的方式。

彭委員仁君：

逢機選點有可能選到某些兩棲類不會出現的地方，可能無法顯示族群擴張的情

形。

侯教授平君：

應該不會每個樣點都沒有兩棲類出現。

會議結論：本委託辦理計畫以 85.6 分通過評審。

柒、散會時間：98 年 3 月 6 日上午 11 時 30 分

附錄三、期中審查會議記錄

98 年度「南仁山生態保護區兩棲類族群之長期監測（二）」委辦勞務
期中審查會議紀錄

壹、開會日期：中華民國 98 年 7 月 21 日下午 1 時 30 分 記錄：郭曄嫩

貳、開會地點：墾丁國家公園管理處行政中心大型會議室

參、主持（召集）人：林處長青

李登志

肆、出席單位及人員：

國立成功大學 侯教授平君

侯平君

國立台東大學 彭教授仁君

彭仁君

中國文化大學 盧助理教授堅富

盧堅富

內政部營建署

墾丁國家公園管理處

郭曄清

陳文武

伍、會議紀錄：

受委託單位報告：陳研究助理清旗報告（詳如期中報告書）

彭教授仁君：

報告中所呈現的棲地佔有率為一平均值，請問如何算出該值？

陳研究助理清旗：

棲地佔有率平均值為原始棲地佔有率以 9 種估算模式所得值之平均。

彭教授仁君：

- 1.以不同估算模式所得值可否平均尚待思考。
- 2.估算模式中各參數的關係為何？如何帶入估算模式中？方法中未說明清楚。

李副處長登志：

棲地類型因子可再細分更多參數。

彭教授仁君：

- 1.棲地佔有率及偵測率應與物種出現位置之背景資料比對。
- 2.如何由棲地佔有率及偵測率得知族群變動？

侯教授平君：

- 1.棲地佔有率估算過程中會將偵測率一起加入，所以可能因此排除某物種有出現於某棲地但未被發現之情形。
- 2.族群分布範圍大小與族群大小有關，若棲地佔有率下降，即可得知族群衰退，主要用於大尺度調查。
- 3.由地理資訊系統及偵測率可呈現物種空間分布，偵測率高低以不同顏色呈現。
- 4.本研究根據實際調查歷史來判斷模式正確與否。

盧助理教授堅富：

- 1.國家公園需要的資料應是物種出現地點及族群變動結果。目前目視遇測法之穿越線僅設在溪流樣區，若能增加草原或森林樣區 1~2 條樣線，或許能得到更完整的資料。
- 2.棲地佔有率的估算有兩個盲點，第一是有些物種不鳴叫，但卻有出現在樣點內；第二則是設置樣點可能沒有根據棲地類型比例調配。此外，設置樣點之位置只能選在交通或人力易達處。以上盲點若能找到解決辦法，棲地佔有率的估算不失為良好的調查方法。
- 3.本研究自動錄音的調查結果以物種有/無出現呈現，可以嘗試將聲音程度分級，以呈現族群量的月變化。

4.目視遇測法無法調查到金線蛙、艾氏樹蛙及虎皮蛙，應根據這些蛙類可能的棲地需求調整調查樣區。

陳研究助理清旗：

1.虎皮蛙在南仁山的數量很少，在野外發現的機會也不大，較無把握找到合適的樣區。金線蛙在南仁古湖的數量較多，但因目前目視遇測法的樣線均位於溪流沿線，未來或許可以設置一些靜水域的樣區。艾氏樹蛙本來就不容易發現，即使增加樹林中的穿越線，可能也不易調查到。

2.研究樣區未擴及至紅土溪下半段是因為本研究服務企劃書評審通過時已屆3月，為及早開始調查，僅耗時3週進行樣區劃設，另一原因則是錄音筆支數不足。

盧助理教授堅富：

可以嘗試將一些棲地類型相似、蛙類變動情形相近之樣點的錄音筆移設至其他棲地類型。

侯教授平君：

每一種試驗設計都有其目的。若要得知各種棲地類型出現的蛙類，調查樣區之棲地類型就要多樣化，而若要得知某地有那些蛙類出現，較適合的方式應為網格，從網格中系統性挑選樣點，將視墾管處的需求再做調整。

彭教授仁君：

可否呈現各樣點每一物種偵測率之變動？

李副處長登志：

1.棲地佔有率估算適用於大尺度調查，而南仁山範圍大，但本研究的樣點卻呈現密集的線狀分布，是否與模式目的相違背？

2.偵測率要收集多久的資料才可呈現最佳效果？

陳技士玄武：

1.2008年的報告中有提到盤古蟾蜍數量為零的情況，今年卻未提及，可否加以說明？

2.自動錄音法可否量化？若可量化，蛙類出現的狀況與環境的關係為何？

3.如何從1個月的錄音資料中挑選5天的檔案進行分析？

陳研究助理清旗：

1.盤古蟾蜍在秋冬季繁殖，所以目前調查尚未發現。照往年調查經驗，9~11月應可在現有的穿越線上發現到盤古蟾蜍。

2.自動錄音法可以分級方式量化，也可以邏輯迴歸方式找出與環境

的關係。

侯教授平君：

- 1.棲地佔有模式的 p 值為一段調查期間的量化值。自動錄音法的分級量化需要大量人力。棲地佔有模式為長期監測的方法，希望本研究能建立此一新的監測方法。
- 2.本研究無法代表整個南仁山區域，因受限於交通不易。待棲地估算模式建立完善後，可將樣點分布擴大為面狀分布。

彭教授仁君：

本研究主要為兩棲類族群監測，若棲地佔有模式建立穩定後，應可挑出幾種棲地類型廣泛的兩棲類進行監測即可。

李副處長登志：

滿洲地區目前在發展生態旅遊，請老師協助社區解說員於欖仁溪或港口設置蛙類調查樣點，而社區解說員則可協助老師下載錄音資料。

會議結論：本案審查結果—通過

陸、散會時間：98 年 7 月 21 日下午 3 時 10 分

附錄四、期末審查會議記錄

98 年度「南仁山生態保護區兩棲類族群之長期監測（二）」委辦勞務
期末審查會議紀錄

壹、開會日期：中華民國 98 年 11 月 24 日下午 2 時 30 分 記錄：郭曉嫻

貳、開會地點：墾丁國家公園管理處行政中心中型會議室

參、主持（召集）人：林處長青 李登志

肆、出席單位及人員：

國立成功大學 侯平君 陳清植

國立台東大學 彭委員仁君 叶仁君

中國文化大學 盧委員堅富 (請假)

內政部營建署

墾丁國家公園管理處

郭筱清 李登志
吳協群 郭曉嫻
陳信宏

伍、會議紀錄：

受委託單位報告：陳研究助理清旗報告

彭委員仁君：

由第 19 頁表十可以看出盤古蟾蜍歷年來只有 5、6 月沒有紀錄，而剛才簡報提到盤古蟾蜍主要於冬季出現，若今年冬季仍未見盤古蟾蜍，墾管處應深入探討此問題，了解是氣候變化抑或食物量減少所造成。

馬課長協群：

- 1.錄音筆一天錄 3 分鐘，是否因錄音筆一個月只能錄 90 分鐘？可否一天錄 2 次？為何取 3 分鐘的錄音資料？
- 2.為何每月錄音調查只取 21~25 日 5 天的資料進行分析？
- 3.表十顯示盤古蟾蜍出現季節不一定只在冬季，但討論中將今年未發現盤古蟾蜍之現象歸因於季節未到，是否恰當？
- 4.不同物種進行棲地佔據模式評估時，是否搭配不同的影響因子？

陳研究助理清旗：

每個物種進行棲地佔據模式估算所得到的最佳模式可能不只 1 個，只要 ΔAIC 值小於 2，就算是適用模式，所以才有模式平均值估算。

陳技士信宏：

今年莫拉克颱風帶來的雨量對南仁山兩棲類的數量及棲地有何影響？

郭技佐暉嫩：

- 1.本計畫已進行 2 年，可將初步建立的監測方法列於建議中，供本處同仁或志工自行監測使用。
- 2.煩請計畫結束後提供生物多樣性地理資訊系統調查表。

李副處長登志：

- 1.本計畫調查到的 16 種蛙類有否雜交行為？
- 2.可否製作蛙鳴與蛙類圖文環境教育資料檔？
- 3.目前社頂部落正在推動生態旅遊，而本處亦委託其進行社區生態監測，可否請老師協助指導社區居民利用自動錄音法調查當地蛙類？
- 4.錄音筆有否錄到山羌的叫聲？
- 5.距離水域多遠才不見青蛙？

陳研究助理清旗：

1.錄音筆可持續錄音 2 個月以上，但當後期電力不足時，錄音筆即無法完整儲存錄音資料，為了保險起見，我們選擇在每月進行穿越線調查時下載錄音資料並更換電池。此外，目前錄音筆一天只能設定自動開啟錄音一次。

2.當初每月取固定 5 天的錄音資料是為符合系統性採樣，而去年研究結果顯示 10 天內的錄音資料中，兩棲類物種數並無太大差異，此外，為符合棲地佔據模式估算條件—不同次的調查之間，物種佔據率應一致，我們假設 5 天內物種佔據率都一樣。

馬課長協群：

選擇 3 或 4 天是否更符合棲地佔據模式估算條件？選擇 21~25 日與 1~5 日的結果是否一樣？

侯教授平君：

選擇 3 或 4 天更符合棲地佔據模式估算條件，而選擇 21~25 日與 1~5 日的結果一樣。

彭委員仁君：

是否應挑選兩天的錄音資料進行分析？

侯教授平君：

棲地佔據模式有佔據率及偵測率 2 個測值，下雨會影響偵測率，而我們容許偵測率變動。

彭委員仁君：

5 天的錄音資料應足夠進行分析。

侯教授平君：

去年調查已發現未調查到盤古蟾蜍的問題，但擔心是因為其時序延後，所以 11、12 月仍持續調查，調查結果已呈現在本報告 2008 年資料中，還是未見盤古蟾蜍，所以以 2 年資料而言，南仁山盤古蟾蜍族群已出現問題。

李副處長登志：

是否要針對南仁山盤古蟾蜍族群進行專案研究？

馬課長協群：

明年再觀察一年，可將範圍擴大為恆春半島，看看是否只有南仁山的盤古蟾蜍不見了。

侯教授平君：

兩棲類與氣候變遷之關係，以平地而言，目前的溫度變化對兩棲類並無太大影響，極端降雨或乾旱造成的水文變化對兩棲類影響較大。兩棲類非常依賴水域繁殖，若繁殖期間正值莫拉克颱風來襲，大雨將卵塊沖進海裡，則今年族群即無法獲得幼體補充，可能影響之後好幾年的族群動態。近幾年梅雨季節延後或不見，造成4、5月繁殖的青蛙繁殖水域不足，國外文獻指出繁殖水域不足時，青蛙繁殖將過於擁擠，傳染病如蛙壺菌即可能因此傳染開來，影響非同小可，但是目前我們仍無足夠數據能下定論。

陳研究助理清旗：

目前未發現台灣蛙類有雜交行為，生殖隔離相當明確，公蛙通常以聲音吸引母蛙，但不會吸引不同種的母蛙。

彭委員仁君：

小雨蛙與黑蒙希氏小雨蛙的聲音聽起來一樣，為何沒有雜交情形？

陳研究助理清旗：

- 1.經聲譜分析發現小雨蛙與黑蒙希氏小雨蛙的叫聲具有明顯差異，但人耳難以分辨。
- 2.錄音檔案中曾聽過一次山羌叫聲，甚至聽過人交談聲及槍聲。

侯教授平君：

- 1.我未曾做過距離水域多遠才不見青蛙的研究，不過應依種類而異，樹蛙就可離水很遠。
- 2.目前「楊懿如的青蛙小站」網站上已有相當豐富的蛙鳴與蛙類圖文資料，若貴處仍需要南仁山兩棲類的資料，我們可以提供。
- 3.當初發展自動錄音法就是希望能建立簡單的監測方法，提供志工或社區民眾參與，若社區有需要，我們可以協助訓練及分析。

馬課長協群：

報告中第15頁提到每個月5天的取樣頻度可能在模式估算上造成干擾，為何不試試看3或4天的頻度？

陳研究助理清旗：

造成干擾的原因還包括7月之後部分資料遺缺及變數太多，解決方法為合併資料，可減少遺缺值或提高物種被偵測到的機率。

馬課長協群：

請問報告中模式估算最主要的圖表為何？

侯教授平君：

表八是模式估算最主要的圖表。 ψ_{naive} 是指 41 個樣點中曾發現該物種的比例，但未考慮該物種有出現卻未被發現的可能，所以我們主要應看 ψ ，根據幾個模式最佳結果加權後的值。另一個要看的是 p ， p 是偵測率，為任一樣點發現該物種的機率。

馬課長協群：

ψ 比 ψ_{naive} 低的原因為何？

侯教授平君：

褐樹蛙的 ψ_{naive} 雖然為 0.2439，但整理 6 個月的調查資料卻顯示每次調查發現褐樹蛙的樣點只有 1~2 個，而且棲地類型會影響褐樹蛙佔據機會，所以加權過後 ψ 反而較低。

李副處長登志：

利用棲地佔據模式進行監測，至少需要設幾個樣點？監測多久才具有意義？

陳研究助理清旗：

一般模式至少需要 30 個樣點，調查次數則是依物種偵測率不同而異，最少要調查 2 次才能估算偵測率。此模式另有搭配試驗設計軟體，可協助估算調查次數。

李副處長登志：

棲地佔據模式估算結果會否顯示可信度？

侯教授平君：

估算結果有附上標準誤差。

馬課長協群：

表八所呈現的估算結果是指 41 個樣點或整個南仁山地區？

侯教授平君：

1. 表八為 41 個樣點的估算結果。若棲地佔據模式與地理資訊系統結合，將可由棲地植被類型預測其他地區的物種佔據結果。
2. 國外目前有錄音筆可以設定一天開啟多次，價格較高約 2 萬元，但除了兩棲類調查，另可用於鳥類、猴子及山羌等調查，將可提高成本效益。

南仁山生態保護區兩棲類族群之長期監測（二）

馬課長協群：

明年可買 2 具高價位錄音筆試試看，先了解其應用性。

會議結論：本案審查結果——通過

陸、散會時間：98 年 11 月 24 日下午 4 時 05 分

參考資料

- 呂光洋、杜銘章、陳世煌、呂紹瑜、莊國碩，1985。南仁山區之湖泊和兩棲爬蟲動物相。墾丁國家公園管理處。
- 侯平君，1998。全球變遷：南仁山森林生態系研究--兩棲與爬蟲類動物群聚結構之研究（二）。台灣長期生態研究八十六年度專題研究計畫成果報告。行政院國家科學委員會生物科學發展處，台北。
- 侯平君，2003。台灣南部低地雨林四種兩棲類食性之季節變化。第四次野生動物研究與調查方法研討會論文集。野生動物保護基金會，台北。
- 張原謀，2002。南仁山地區拉都希氏赤蛙的能量收支。國立成功大學生物學研究所碩士論文。
- Bailey, L. L., T. R., Simons and K. H., Pollock. 2004. Estimating site occupancy and species detection probability parameters for terrestrial salamanders. *Ecological Applications* 14, 692–702.
- Huang, C.-Y. and P.-C. L. Hou. 2004. Density and diversity of litter amphibians in a monsoon forest of southern Taiwan. *Zoological Studies* 43(4): 795-802.
- Huang, C.-Y., C.-P. Wang, and P.-C. L. Hou. 2007. Toad (*Bufo bankorensis*) influence litter chemistry but not litter invertebrates and litter decomposition rates in a subtropical forest of Taiwan. *Journal of Tropical Ecology* 23(2): 161-168.
- MacKenzie, D. I., J. D., Nichols, J.A., Royle, K. Pollock, L.L. Bailey and J.E. Hines. 2006. Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Elsevier, San Diego, California, USA.
- MacKenzie, D. I., J. D., Nichols, G.B., Lachman, S., Droege, J.A., Royle and C.A., Langtimm. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83, 2248–2255.
- Martinez-Solano, I., J., Bosch, and M., Garcia-Paris. 2003. Demographic trends and community stability in a montane amphibian assemblage. *Conservation Biology* 17, 238-244.
- O'Connell, A.F. Jr., N.W., Talancy, L.L., Bailey, J.R., Sauer, R., Cook and A.T., Gilbert. 2006. Estimating site occupancy and detection probability parameters for meso- and large mammals in a coastal ecosystem. *Journal of Wildlife Management* 70, 1625–1633.
- Stauffer, H. B., C. J., Ralph and S. L., Muller. 2004. Ranking habitat for marbled murrelet: a new conservation approach for species with uncertain detection.

Ecological Applications 14, 1374–1383.

Weller, T.J., 2008. Using occupancy estimation to assess the effectiveness of a regional multiple-species conservation plan: bats in the Pacific northwest.

Biological Conservation 141, 2279–2289.

Weller, T.J. and D.C., Lee. 2007. Mist net effort required to inventory a forest bat species assemblage. *Journal of Wildlife Management* 71, 251–257.