

兩棲爬行動物資源調查方法及技術

關永才、巫奇勳、徐敏益、林逸賢、莊銘豐

東海大學 生命科學系

第一章 調查方法及技術介紹及應用

一、動物資源調查意義

藉由動物資源調查，可以明瞭動物數量的多寡，以及分布的範圍，進而說明動物與棲地環境的關係，也就是說動物與其所棲息的环境是息息相關的。因此，利用動物資源調查可說明該地的生物資源有那些，而對於這些生物資源，我們又該如何採取適當的對策，像是對於瀕臨絕種的動物之保育等，都是可以從完整地動物資源調查中獲得充足的訊息。

二、調查方法

1. 調查時間及地點

除了一些具攻擊性的劇毒蛇類，大部分的兩棲爬蟲類的習性都很膽小，所以觀察他們，不只眼力要好，還必須保持安靜，最重要的是勿輕舉妄動。至於所需的裝備其實很簡單，如果要調查白天的種類，其實只要選對觀察時間、地點，基本上並不太需要什麼特別裝備輔助；夜晚做調查時，可能會稍微麻煩一點了！其中手電筒是必要配備，若需進一步走入偏僻的草叢或溪流等地，服裝上最好穿著運動褲，必要時最好穿著雨鞋，若只是單純觀察蛙類，建議最好手持棍棒(打草驚蛇用)，因為有蛙類出沒的地方往往會有蛇類在一旁覬覦！

(一)、天氣、時間與地點的選擇：

a. 季節的考量

在台灣，一年四季都有兩棲類出沒，只是相較於春夏季，在秋冬季會出現種類與數量會減少；在爬蟲類方面，在秋季末轉涼時，便不容易觀察，到冬天時，幾乎銷聲匿跡。

b. 天氣、時間的選擇

☞ 白天：可以觀察兩棲類的幼體(蝌蚪)或卵，有些種類的成體也會在白天出沒或鳴叫；天氣良好時，爬蟲類(以蜥蜴為主)一般在早晨或午

後出沒的機率最大，這些時段常可看到一些種類正趴在地面或植物表面曬太陽。

☞ 夜晚:是觀察蛙類成體最好的時機，同時也可以觀察蛇類及壁虎。

c. 地點的選擇

兩棲類:

一般多出現在潮濕有水的地點，如水溝、溪流、路旁積水、草叢、農田、樹洞、竹筒、落葉堆、人工水池或水塔。有關台灣常見兩棲類棲地類型，請參考表 1-1。

表 1-1. 台灣常見的兩棲類棲息類型

類型	說明	主要種類
流動水域型	生殖活動及產卵場所為於溪流附近	褐樹蛙、斯文豪氏蛙、梭德氏蛙、古氏赤蛙、山椒魚
靜止水域型	生殖活動及產卵場所為於地面不流動水域	黑眶蟾蜍、中國樹蟾、白領樹蛙、面天樹蛙、長腳赤蛙、貢德氏蛙、小雨蛙、黑蒙希氏小雨蛙、澤蛙、拉都希氏蛙
混合水域型	生殖活動及產卵場所為於流動水域或靜止水域皆可	盤古蟾蜍、莫氏樹蛙、日本樹蛙、拉都希氏蛙
樹棲型	生殖活動及產卵場所為於離地水域	艾氏樹蛙、橙腹樹蛙

爬行動物：

蛇類一般多棲息於落葉堆、溪流旁、草叢或樹上。蜥蜴則非常廣泛，從住家到野地均有；至於龜鱉類，一般在沼澤、溪流、人工水池、水庫等處出現，不過，受到國內河川污染、人為濫捕與外來種(如巴西龜)威脅影響，台灣原生龜鱉類野外已不多見。

2. 常用的調查方法

(A). 穿越線目視遇測法

在一定時間內，以徒步緩行的方式，有系統地走過一特定段落(穿越線)的棲地，針對兩棲爬行動物可能出沒的地點，如樹林底層、草叢、池塘、溝渠、斷崖流水、溪澗與溪流等微棲地進行調查，並記錄沿線所目擊到動物的

種類、隻數以及出現地點等項。調查結束後沿相同路線返回時，若發現已記錄過的物種時，為避免重覆計數則不再列入記錄，只記錄先前未發現的物種。

有些種類的動物，比較容易受到驚嚇而迅速地躲藏起來，或者是特徵不明顯時，往往會增加了辨識的困難度，此時則需藉由捕捉來確定該動物的種類。捕捉的方式可分為以下兩種：

(1)徒手捕捉法

調查人員在動物出現的微棲地內，以徒手或是工具翻找環境中的遮蔽物，像是草叢、石頭等，並持手電筒輔助照明，以便能更清楚地觀察區域內的環境。捕捉時應穿戴手套，必要時需以捕捉夾或是木棍輔助，以避免被有毒動物咬傷，並隨身攜帶急救藥品，以維護調查人員的安全。

(2)活套捕捉法

利用釣竿或竹竿等細長的工具，在前端綁上一個釣魚線作成的活套，活套前端可額外鉤上昆蟲作餌以便吸引動物靠近。將竿子緩緩地伸長，使活套套入動物的頸部，再迅速地將動物鉤起，此時應注意力道，以避免傷害到動物。

(B). 鳴叫聲辨識法

此種方法通常較適用於生殖季時的調查，主要是依據動物特有的鳴叫聲來辨識種類。在每次的調查中不能重複計數同一隻蛙的叫聲，而且調查者須熟悉各種蛙類叫聲。

(C). 自動錄音法

利用錄音器來記錄野外動物的鳴叫，之後再藉由鳴叫聲的不同來辨別種類。此種方法可配合定時裝置，用來控制錄音開啟的時間與長短，以便於記錄到更完整的資料，亦能減少人力的耗損。通常研究者可以利用此類資料做動物在一日的鳴叫模式的分析，以掌握動物活動的最佳時間。鳴叫通常可分成四個等級來記錄：「0」-沒有鳴叫聲；「1」-只有一隻青蛙的鳴叫聲；「2」-可分辨出兩隻青蛙的鳴叫聲；「3」-一群青蛙鳴叫，無法分辨出隻數。

(D). 道路死亡動物調查法

利用步行與乘坐車輛的方式，沿途檢視調查路線上出現的動物屍體遺骸。可藉由動物特殊的外部形態，像是體型大小、顏色、斑紋以及獨特的特徵等，來做為辨識物種的依據。

(E). 陷阱調查法

地棲性動物在爬行過程中若遇到障礙物時，會出現沿著邊緣移動的習性，因此調查過程中，可利用動物如此的習性來裝設陷阱以便於捕捉。依裝

置方式的不同，可將陷阱分成以下幾種：

(1) 掉落式陷阱法

在動物可能出現的棲地中，在地面挖埋下一個深約 50 公分的塑膠桶，並使桶口與地面齊高。調查時將蓋子打開，並於裡面置放濕海綿或盛水容器，以防止掉落的動物因脫水而死亡。調查結束後，便將動物釋放，並將蓋子關上。

(2) 直線圍籬與掉落式陷阱法 I

在地面裝設圍籬以引導或限制動物行走的方向，並在圍籬的兩端各挖埋一個掉落式陷阱。為了提升捕捉機會，可以增加圍籬的數量，並將之排成一 Y 字型，以便加大攔截的面積(圖 1-1)。

(3) 直線圍籬與掉落式陷阱法 II

此種陷阱的裝置與第二種的陷阱類似，差異是在圍籬的兩端放置的不是掉落式陷阱，而是兩個大型的塑膠置物箱。置物箱底部約下埋 15~30 公分，並在置物箱的側邊挖洞(開口與地面齊高)，加裝擋板限制進出(可進不可出)，並於擋板外用紗網圍成一個漏斗狀，以引導動物進入洞口，在箱子內亦需放置濕海綿或是盛水容器。此種方法在調查的過程中，可將裝物箱的蓋子閣上，如此可減少陷阱受其他因子的干擾，例如掠食者、日照、降雨等，亦能保護掉落陷阱的動物。

(4) 繁殖區圍籬法

以圍籬將動物的繁殖區圍住，然後依需求在圍籬的內外側裝設陷阱，以捕捉進入或是離開繁殖區的動物。

因為陷阱法會將掉落的動物關置在小環境中，為避免動物因脫水、飢餓等因子而死亡，或是遭受其他動物的捕食，所以應每日檢查陷阱，以防止動物的犧牲。

(F). 遮蔽物調查法

有些動物的隱蔽性很高，會導致在調查的過程中記錄的遺漏，所以可在調查的區域中，裝置數個遮蔽物，以供動物做為休息或躲藏之用，可藉此增加發現該類動物的機會。

(G). 訪問調查

由於調查的程過中，因為種種因素的限制，例如氣候、棲地等條件的變化，或是人力及物力的不足，均會影響調查的準確性，所以可藉由訪問來調查該地區的動物相。調查人員可隨機採訪調查地區附近居民有關當地兩棲爬行動物之狀況，包括種類、出現地點等資料，間接地獲得當地動物的相關訊

息，可作為記錄的參考依據。

三、現場作業要點

為了充分了解生態資源的資訊，所以當進行調查時，需要將一些基本資料一一紀錄下來，如附表所示，而紀錄之格式可隨調查的性質來改變。明確地辨識物種，並視需要採集標本。生命是貴重的，若需要採集，請在採集前，先思考幾個問題：採集的目的是什麼？要採多少數量？該不該採(稀有？保育類?)。現場作業時應儘可能保持安靜，以避免過度干擾動物而影響調查結果，同時也要隨時保持高度的警覺心，留意週遭環境，以避免可能的意外的發生。

四、資料彙整登錄

想要使調查更為落實，所以每當做完調查紀錄後，須將所有的記錄資料有系統地彙整登錄，累積每一次的調查結果，建立一個完整的資料庫，使得資料更具意義性。

五、簡易的物種辨識技巧

A. 台灣兩棲類的簡介與基本辨識：

1. 台灣兩棲類相概況

台灣位居亞熱帶與熱帶地區，到目前為止，兩棲類已知的種類包含有尾與無尾2目，一共6科10屬34種，其中有10種是特有種。在台灣兩棲類中，蛙類就佔31種之多，其中原生種29種，外來種則有2種。至於有尾目的山椒魚，目前學術界普遍的認知是3種，即台灣山椒魚、楚南氏山椒魚與阿里山山椒魚，都分布在高海拔山區，關於山椒魚的辨識可直接參考相關圖鑑即可，本文則將辨識重點著重於蛙類。

2. 辨識要點說明

台灣蛙類共有五科，辨識時，可先由判斷其屬於什麼科(family)(表 1-2)。辨識時要注意的特徵包括：體色、體態、頭頂花紋、背側摺有無、鼓膜明顯程度、有無腮腺、體背花紋、吸盤有無、股部顏色...，請參考圖 1-2。同時對其微棲地(表 1-1)、海拔(表 1-3)與地理分布(表 1-4)的了解也可以輔助判斷。

表 1-2. 台灣蛙類的五科說明

科	特徵	台灣現況說明
蟾蜍科(Bufoidea)	擁有一對隆起的耳後腺，口部完全無齒。產長型的帶狀卵塊，一般會將卵產於水池或溪流中。	目前只記錄 1 屬 2 種，其中盤古蟾蜍為特有種
樹蟾科(Hylidae)	樹棲性，善於跳躍，擁有發展良好的指(趾)盤	只記錄中國數蟾 1 種
樹蛙科(Rhacophoridae)	樹棲性，指(趾)端的膨大的吸盤為顯著的特徵之一，指(趾)末端並有間介軟骨。部分種類會產泡沫型卵塊(泡巢)於植物體上或水池岸邊	目前記錄 4 屬 10 種，其中有 6 種是特有種，值得一提的是，樹蛙屬 5 種都是特有種
赤蛙科(Ranidae)	為一般所泛稱的「青蛙」。有水棲、陸棲及穴居等生活方式。蝌蚪多生活在靜止水域，部分生活在山區急流的種類腹部甚至出現吸盤構造，以適應急流環境。	目前記錄 1 屬 13 種，其中牛蛙為外來種，是台灣蛙類成員最多的一科
狹口蛙科(Microhylidae)	口部窄小，體型一般來說都很小，身體外型多變。	共記錄 3 屬 5 種，其中花狹口蛙疑是為外來種

表 1-3. 台灣兩棲類的海拔分布

海拔高度 (m)	主要種類
>2500	楚南氏山椒魚
2000-3000	台灣山椒魚、阿里山山椒魚
<3000	梭德氏赤蛙
<2500	盤谷蟾蜍, 莫氏樹蛙, 艾氏樹蛙
<1500	大部分的種類

表 1-4. 台灣蛙類的地理分布

分布等級	說明	種類
1. 普遍	全台灣均有分布	大多數種類
2. 稀有	稀少與點分布的種類	台北赤蛙(僅零星分布在台北縣、桃園、台南與屏東等地，且分布點極小，在台灣有絕跡的危險)
3. 局部普遍	局部地區很普遍	翡翠樹蛙(台北縣與宜蘭縣的交界區域)、諸羅樹蛙(雲林、嘉義縣為主，還有台南麻豆)、巴氏小雨蛙(中南部為主)、史丹吉氏小雨蛙(南部為主)、豎琴蛙(宜蘭礁溪與南投魚池鄉)、橙腹樹蛙(宜蘭、台中、高雄、屏東與台東等縣零星的記錄)
4. 區域分布	大區域的塊狀分布	台北樹蛙與長腳赤蛙(南投以北的區域)、黑蒙希氏小雨蛙(中部以南的地區)

B. 台灣爬行動物的簡介與基本辨識

台灣的爬行動物主要包括有鱗目與龜鱉目，其中有鱗目的蜥蜴與蛇類就佔約92%的種類，而龜鱉目(加上外來種的紅耳泥龜)僅6種，辨識上困難度較低，因此，本文就將重點擺在有鱗目種類的辨識上。

(一)、台灣蜥蜴相的簡介與基本辨識。

1. 台灣蜥蜴相概況

台灣的蜥蜴主要有5科，分別是壁虎科、蜥蜴科、石龍子科、飛蜥科與蛇蜥科。就種類來說，以本島與台灣鄰近島嶼(龜山島、小琉球、澎湖群島、綠島與蘭嶼)來說，目前記錄有13屬，一共有33種，若涵蓋馬祖，還包括有北草蜥、中國光蜥與中國石龍子指名亞種(*Eumeces chinensis chinensis*)。這30多種蜥蜴中，其中有13種蜥蜴是特有種，3種是特有亞種，台灣的蜥蜴特有種比例相當高，達40%以上。「棲息地十分多樣」，是台灣蜥蜴分布的另一個特色，可簡單概分為海岸型、土石型、草原型、樹林型與住宅型(依據林與鄭, 1990的分法)。若詳細去劃分(依據向, 2001)，可分為下面幾類(表 1-5)

表 1-5. 台灣蜥蜴的棲息類型分類(引用自向, 2001)

類型	說明	種類
住家附近	以壁虎類為主	蝎虎、無疣蝎虎、史氏蝎虎、鉛山壁虎(守宮)
低海拔墾地與裸露地	以石龍子類為主	中國石龍子、長尾南蜥、多線南蜥
低海拔灌叢與草生地	以草蜥類為主	台灣草蜥、蓬萊草蜥、梭德氏草蜥(南台草蜥)、麗紋石龍子
南部海岸礁岩	包括離島種類，主要以壁虎與石龍子類為主	蘭嶼壁虎(菊池氏壁虎)、半葉趾虎、鱗趾虎、雅美鱗趾虎、庫氏南蜥、沿岸島蜥(岩岸島蜥)
低海拔森林上層	以攀蜥類為主	斯文豪氏攀蜥、黃口攀蜥、古氏草蜥(台灣地蜥)、多稜南蜥
中海拔森林上層	以攀蜥類為主	短肢攀蜥、牧氏攀蜥、呂氏攀蜥
高海拔山區	僅有兩種	台灣蜓蜥、雪山草蜥
森林底層	以石龍子與蛇蜥類為主	印度蜓蜥、股鱗蜓蜥、台灣滑蜥、台灣蛇蜥、蛇蜥

2. 辨識要點說明

可先由體態(請參考圖 1-3)判斷這種蜥蜴屬於哪個家族(Family: 科)，再根據每個家族成員的個別主要特徵，去分辨種類。基本上由於蜥蜴身上有許多鱗片，因此鱗片是我們判斷種類的一個重要依據，另外蜥蜴的舌頭、部分種類的頭部鱗片、腳指(趾)、喉部花紋、體側花紋、鼠蜥孔對數、有無瞭窗、尾巴...，都可作為野外辨識的參考依據(圖 1-4)。另外，目前我們對於台灣蜥蜴的地理與海拔分布已較過去有清楚的了解，因此藉由地理與海拔分布的分布資料(表 1-6 與表 1-7)，也有助於我們進行種類辨識

表 1-6. 台灣蜥蜴的地理分布

分布等級	說明	種類
1. 普遍	全台灣均有分布	蝎虎、無疣蝎虎、斯文豪氏攀蜥、印度蜓蜥、台灣滑蜥、台灣草蜥、蓬萊草蜥、古氏草蜥
2. 稀有	稀少與點分布的種類	史氏蝎虎(宜蘭、苗栗、彰化、南投、嘉義、高雄與屏東零星被記錄)、雅美鱗趾虎(蘭嶼)、蘭嶼壁虎(蘭嶼)、牧氏攀蜥(南投溪頭一帶、高雄、屏東與台東山區)、呂氏攀蜥(宜蘭)、蛇蜥、台灣蛇蜥、多稜南蜥(蘭嶼)
3. 局部普遍	局部地區很普遍	黃口攀蜥(中北部)、短肢攀蜥(中部山區)、中國石龍子白斑亞種(綠島)、梭德氏草蜥(東南部、南部、綠島與蘭嶼)
4. 區域分布	大區域的塊狀分布，主要以南部為主(包括蘭嶼、綠島)	梭德氏草蜥、岩岸島蜥、股鱗蜓蜥、南蜥類與大部分壁虎類

表 1-7. 台灣蜥蜴的海拔分布

海拔高度 (m)	主要種類
>2000	雪山草蜥
>1500	台灣蜓蜥
1000-2000	牧氏攀蜥, 呂氏攀蜥
500-2000	蛇蜥
0-2000	麗紋石龍子
<1200	大部分的種類

(二)、台灣陸棲蛇類的簡介與基本辨識。

1. 台灣陸棲蛇類相概況

台灣的蛇類，包括陸棲蛇類與海蛇，目前共記錄包含 4 科，分別為盲蛇科(Typhlopidae)、黃領蛇科(Colubridae)、蝮蝠蛇科(Elapidae)、蝮蛇科(Viperidae)，一共有 52 種。由於蛇類在台灣陸域生態系食物鏈裡，屬於較高階的掠食者，所以原本數量上就比較少，加上目前台灣中低海拔地區的過度開發，因此，整體來說，蛇類是陸域爬行動物調查中較不容易見到一群動物。台灣從低海拔至 2000

公尺以上的高山都有蛇類分布(表 1-8)，基本上，除了部份稀有種類，台灣從北到南都棲息著各種的蛇類。

表 1-8. 台灣蛇類的海拔分布

海拔高度 (m)	主要種類
>1500	菊池氏龜殼花
1000-2000	標蛇, 台灣標蛇, 台灣赤鏈蛇
500-2000	高砂蛇、史氏斜鱗蛇、阿里山龜殼花
0-2000	台灣鈍頭蛇、黑頭蛇、南蛇、細紋南蛇、百步蛇、斯文豪氏遊蛇、紅斑蛇、臭青公、紅竹蛇、錦蛇、赤尾青竹絲、帶紋赤蛇
<1200	其他大部分的種類

2. 辨識要點說明

蛇的辨識困難度較蜥蜴低，通常可透過圖鑑直接比對出來。一般蛇類分類上，往往會根據其體背鱗數作為依據，但是有些蛇類受到驚擾會攻擊人或有毒性，因此欠缺抓蛇經驗的人，還是不宜貿然行動。台灣的蛇類主要有四科，分別是盲蛇科、黃領蛇科(少數種類有後溝牙，輕微毒性)、蝙蝠蛇科(前溝牙類，神經性毒為主)與蝮蛇科(管牙類，出血性毒為主)(圖 1-5)。在野外辨識方面，我們還是可以依據它頭部形狀、頭背上的特殊花紋、頭部與身體的比例、體背或體側花紋...等特徵判斷種類。

六、參考文獻

- Chou, W. H. and J. Y. Lin. 1997. Tadpoles of Taiwan. Special Publication Number 7, National Museum of Natural Science. Taichung.
- Duellman, W. E. 1986. Biology of Amphibians. McGraw-Hill Book Co., New York.
- McDiarmid, R. W. and R. Altig. 1999. Tadpole, The Biology of Anuran larvae. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Pough, F. H., R. M. Andrews, J. E. Cadle, M. L. Crump, A. H. Savitzky and K. D. Wells. 1998. Herpetology. Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
- Zhao, E. M. and K. Adler. 1993. Herpetology of China. Society for the study of Amphibians and Reptiles.
- Zug, G. R., L. J. Vitt and J. P. Caldwell. 2001. Herpetology. Academic Press, San

Diego.

- 林俊義、鄭先祐。1990。台灣蜥蜴誌。台灣省立博物館。
- 林俊聰。1993。蛇類的世界。台灣省立博物館。
- 林華慶。1996。南投縣的爬蟲類。台灣省特有生物研究保育中心。
- 向高世。2001。台灣蜥蜴自然誌。大樹文化事業股份有限公司。
- 呂光洋、賴俊祥。1990。台灣區野生動物資料庫(三)蜥蜴類(I)。行政院農業委員會。
- 呂光洋、陳世煌。1982。台灣的兩棲類。台灣實用登山求生自然實用全集3。
- 呂光洋。1990。台灣的兩棲動物。台灣省政府教育廳。
- 呂光洋、陳添喜、高善、孫承矩、朱哲民、蔡添順、何一先、鄭正寬。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。
- 呂光洋、杜銘章、向高世。1999。台灣兩棲爬行動物圖鑑。中華民國自然生態保育協會，大自然雜誌。
- 楊懿如。1991。蛙-訪陽明山國家公園的兩棲類。陽明山國家公園管理處印行。
- 楊懿如。1998。賞蛙圖鑑-台灣蛙類野外鑑定指南。中華民國自然與生態攝影學會。
- 鄭先祐。1986。台灣產蜥蜴生態學與生態保育。野生動物保育研討會專集(一)國家公園和自然保留區之野生動物。105-141。
- 關永才、巫奇勳、陳鴻銓、邱嘉德、莊銘豐、徐敏益。2003。台灣中地區生物資源調查及研究之五-兩棲爬蟲動物。pp. 89-105，台灣生物資源調查與研究研討會論文集。國立中山大學，高雄。

附表：

_____ 調查記錄表

日期：_____ 觀察人員：_____

地點：_____ 天候：_____ 氣溫：_____

調查時間：_____

棲地描述：_____

種類	經度	緯度	海拔 (m)	位置	時間 時/分	成體 個數	幼 體	鳴 叫	配 對	食性	資料 來源

1. 幼體： FL：幼蛙、T：蝌蚪
2. 資料來源： V：目視調查、R：道路遺骸
3. 食性資料主要來自道路遺骸

第二章：台灣兩棲動物調查方法的比較及應用評估

近年來發現兩生動物有全球性下降的趨勢 (Barinaga, 1990; Dells et al., 1996)，因此調查監測方法的發展及標準性是一個很急迫性的議題(Heyer et al., 1994)。方法的標準化有助於全球各地研究或調查者進行更有效及準確地進行他們的工作。兩生動物的調查技術種類非常的多，各種方法在成本、效益、時間需求、及人力需求有很大的不同(Parris, 1999)；因此，研究或調查者要依自己的條件、欲調查對象、地點、及人力，找出最合適的方法或組合性方法。在諸多有關調查技術的研究顯示，穿越線法可能是最有效的方法(Pearman et al., 1995; Parris et al., 1999)，但其最大的缺點是，基於研究人員安全及可及性，無法在許多深山山區使用，這種問題在熱帶或亞熱帶的地區尤其嚴重；因此，尋找替代調查方法是非常迫切的一項工作。

在諸多種調查技術中，自動錄音法明顯具備了一些特色是別的調查技術所沒有的，但是它的有效性卻很少被檢測過。譬如說，自動錄音法可以在沒有干擾的情形下，長時間地記錄兩生動物鳴叫的基礎資料；這種調查方法尤其是在一些人為不太可及的地區進行調查特別有效。Parris et al. (1999)是第一次比較自動錄音法和穿越線法效率的實驗，他們的結果發現自動錄音法能記錄到該地區 71% 的種類，而穿越線法能調查到該區 93% 的種類。這實驗結果顯示，自動錄音法是一種相當有效的調查方法，但是其調查的效率還有改進的空間。

本研究擬比較不同調查技術的調查效率，主要目的擬比較自動錄音法 (automated recording systems) 及陷阱法 (side—flap pail trap) 合併法，和夜間穿越法 (line transect sampling) 的效率。我將陷阱法和自動錄音法合併使用，主要原因是因為它們有相同的特性，即是它們可以使用在夜間不可及的深山裡收集資料，所以這兩種方法可以合併使用，或許可以作為替代穿越法。另一目的是擬比較同一調查方法在不同地點或地區是否有其一致性。這是因為過去調查技術的方法只有在美洲及澳洲有做過，在其他的地區卻很少有相似的實驗在進行 (Parris et al., 1999)。實驗選在蓮華池地區進行，因為此處兩生類動物相豐富，可達 17 種 (盧, 1995)，甚至 20 種以上，是相當具有代表性的地區。

材料及方法

(一) 研究流程

本實驗是利用 3 種常見的兩生類取樣方法：穿越線法 (line transect sampling)、自動錄音法 (automated recording systems)、陷阱法 (side—flap pail trap)，去比較兩生類取樣調查的效率。實驗樣區是選擇在南投縣的林業試驗所蓮

華池分所，在樣區中共選擇4種不同的微棲地(microhabitat)。時間是由2000年的7月5日開始，每隔2星期調查一次，至2001年7月7日結束，約需要兩個小時以上的時間，共調查27次，每次調查時間是由19:00開始，4個棲地的調查順序隨機變換。

(二) 究樣區選定及規劃

林業試驗所蓮華池分所(23°55'N, 120°52'E)位於南投縣魚池鄉五城村北側約3.6公里的山谷中，這個小盆地除了三、五戶農家外，就只有林業試驗所在此經營的一大片人造林，原本池的四周植有許多的蓮花，因此以蓮華池為其名，如今則以蒼鬱挺拔的林木是此地最大特色。其面積461公頃，海拔自576至975公尺，地質為砂岩或頁岩，土壤為趨磚紅壤化黃壤玢質粘土，氣候屬亞熱帶性氣候，年平均氣溫21.6°C，七月平均最高氣溫25.6°C，一月平均最低氣溫為15.3°C；相對濕度平均為84.8%，年總降雨量2450mm，多集中於五月至十月；氣候涼爽，幾可稱四季如春年，林區內除各種林木之造林試驗地外，尚有200餘公頃之天然闊葉樹林，提供生態保育及集水區試驗之用，為台灣中部低海拔山區罕有之大面積天然闊葉樹林。區內主要以林業試驗所培植的杉木、香杉、台灣杉、台灣肖楠、肯氏南洋杉、柳杉等針葉樹為主；其他如台灣各類的花草樹木，如闊葉林、松木、蕨類、苔蘚類、火燒柯、山自、山鹽青、桐樹、血藤等各式花草，研究樣區是在蓮華池林業所內，選擇4個樣點(暫時性的積水潭、廢耕農田、暫時性河流及沼澤地)。各棲地類型的描述如下：

暫時性池塘：該池塘(GPS定位：23°53'58" N；120°53'28" E)在當年的春夏季(3~9月)會充滿水，但在秋冬季(10~2月)便會乾涸，面積約為1000平方公尺，池塘周圍的主要植被組成爲象草所形成的草叢，在池塘的西側有一片刺竹林面積約為5平方公尺，地面上有五節芒、紫花霍香薊、山地豆、菁芳草、含羞草等植物。本區後文稱爲『積水潭』。

廢耕農田：該點(GPS定位：23°54'59" N；120°53'19" E)在當年的大部分時間(2~11月)會積水，但在少部分時間(12~1月)會有短暫的乾涸，面積約為800平方公尺，屬於廢耕的農田。但在12月後有人在農田旁傾倒廢土，3月有人架瓜棚，農田周圍的主要植被組成是野桐、水麻、紫花霍香薊、五節芒、蓮花、野薑花、水丁香等。本區後文稱爲『大蓮華居』。

暫時性河流：該溪流(GPS定位：23°55'0" N；120°53'3" E)在當年春夏季(3~9月)水量豐沛，但在秋冬季(10~2月)水量銳減，水流不再流動，便在河道上形成一個一個分離的積水池。在該調查路線的起

點是由兩個攔砂壩所組成的水池，此處水流較緩，往上則為坡度起伏的河道，河道兩岸有林木遮蔭，主要的植被組成有烏心石、小實孔雀豆、赤車使者、鴨腱藤、黃藤等。終點有一小片竹林面積約為5平方公尺。本區後文稱為『分所前』。

永久沼澤：該點（GPS 定位：23°55'1" N；120°52'58" E）在調查路線的起點有一天然的地下水湧出口，形成一片濕地，面積約為10平方公尺，終年有水並且水量穩定，水流的流速極緩，該點下方即為分所前暫時性溪流。一年四季皆有不同蛙類在此繁殖。主要的植被組成有烏心石、大頭茶、台灣杪欏、山櫻花、燈心草、狗牙根、芒萁等。該點後文稱為『森林教室』。

(三) 實驗設計

(a) 穿越線調查法 (line transect sampling)

每一樣點固定選擇一長度100m的穿越線，時間自傍晚的19:00開始，使用頭燈盡力搜尋路線兩側各1m範圍內的個體，並記錄鳴叫的種類數量，每一地點約30分鐘完成。調查順序是由四個樣區隨機變換開始。記錄包括日期、時間、地點、溫度、濕度、蛙的停棲位置、生物因子記錄蛙種、性別、生活形態（卵、蝌蚪、幼蛙、成蛙）。

(b) 自動錄音法 (automated recording systems)

在穿越線法路線的起點和終點各放置一部定時錄音裝置，裝置包括錄音機（AIWA牌的V-sensor，型號為TP-VS480）、麥克風（AIWA牌，型號為Stereo的立體聲麥克風）、電池（Plot牌12V、1.2Ah的蓄電池）和定時裝置（CEC牌，型號為Type-ctw）；錄音帶是使用TDK牌AE-120的120分鐘錄音帶；將電池、錄音機、定時器組裝在30×20×15cm的鐵箱中，並放置一包乾燥劑（防潮），麥克風擺在離地2m處。定時器設定為每12分鐘錄1分鐘（即每間隔11分鐘錄1分鐘），時間由17:00開始，循環一夜12小時，每一裝置一夜共紀錄資料60筆（每一錄音帶只使用單面）。

(c) 陷阱法 (side-flap pail trap)

利用5m長，60cm高的帆布當做檔版，使用5根鐵條將帆布豎起，並將帆布埋入土中5cm(Bury & Corn, 1987)，並於兩端使用新式掉落式陷阱(長60cm，寬30cm，深35cm，容量75升的置物箱埋入地下8cm，具有蓋子，在與地面齊高處開2個8×8cm的開口，裝置有如蟑螂屋一般單向開口的門，在背面開1個10×10cm的開口，裝上紗網，以利呼吸，內置有濕海綿一塊，避免被捕捉的動物失水過多，並放置石頭兩塊，增加重量，避免下雨時陷阱浮起)(Nadorozny & Barr, 1997; Casazza et al, 2000; Crawford & Kurta, 2000; How, 1998; Enge, 1997);

檔板和陷阱的連接是使用紗網，將 60 × 45 cm 的紗網折成漏斗狀來連接(圖 2-1)。陷阱是自傍晚 19:00 打開，至隔日清晨 7:00 清算掉落動物並關閉。

(四) 實驗分析

穿越線法在調查後將數據輸入電腦，包括種類、數量、鳴叫、性別、狀態和棲地類型。定時錄音法的資料分析，是在隔日將錄音帶拿出，使用 AIWA 牌隨身聽接上耳機來分析，記錄鳴叫的種類。陷阱法是在隔日早上 7:00 時打開，記錄所捕捉蛙類的名稱、數量、性別和生活形態。獲得的資料先以 Excel 軟體建檔，然後以 SAS 統計軟體，在 PC 個人電腦中進行分析。不同調查方法的比較是用卡方檢定 (Chi-square) 來分析。鳴叫活動和氣象因子的關係是用複回歸分析來進行。陷阱法捕捉成功率計算方式是將當夜一陷阱有捕捉到一隻蛙類，即定義為成功，將每一夜成功比例平均，即為所求。單一陷阱--夜的捕捉率計算方式是將有捉到蛙類的陷阱個數統計相加，除以 216 (27 夜×8 陷阱)，即為所求。

結果

(一) 技術的敏感度

調查結果發現在蓮華池地區總共有 5 科 22 種蛙類被紀錄，佔台灣地區已知 31 種蛙類的 71%，包括雨蛙科 1 種、樹蛙科 7 種、赤蛙科 10 種、狹口蛙科 2 種及蟾蜍科 2 種 (表 2-1，圖 2-2)。其中包括 5 種台灣特有種 (盤古蟾蜍、褐樹蛙、面天樹蛙、莫氏樹蛙、台北樹蛙) 和 6 種保育類 (台北樹蛙、莫氏樹蛙、褐樹蛙、黑蒙西氏小雨蛙、虎皮蛙、貢德氏赤蛙)。蓮華池出現的蛙類在保育類及特有種的數目上都超過台灣地區蛙類的一半以上 (台灣的兩生類特有種共有 8 種，保育類共有 10 種)。在三種取樣方法中，穿越線法共發現 22 種蛙類 (表 2-1，圖 2-2)，每次調查平均種數 12.3 ± 3.2 種；錄音法共發現 20 或 21 種，每次調查平均種數 10.4 ± 3.5 種；陷阱法共發現 11 種，每次調查平均種數 2.1 ± 1.5 種。

由以上可知，穿越線法所調查到的蛙種最多，已將目前發現的 22 種蛙類都調查到；錄音法所調查到的蛙種次多，也調查出 20 或 21 種蛙類，佔該地蛙種的 91% 以上，但卻沒有記錄到金線蛙。錄音法共有 11481 筆紀錄點，記錄了 21503 筆資料，記錄最多的是腹斑蛙 (4441 筆)，而對於不叫或較少鳴叫種類就無法發現。亦發現有些種類有明顯的時間區隔，例如：台北樹蛙在冬天 (11-隔年 4 月) 才有鳴叫紀錄，貢德氏赤蛙在夏天才有鳴叫紀錄 (4-8 月)。但也有全年都可紀錄到聲音的種類，例如：拉都西氏赤蛙。陷阱法在 107 次陷阱--夜中 (有 1 次故障) 共捕捉到蛙類 81 隻次，捕捉成功率為 20.37%，單一陷阱--夜的捕捉率為 31%，其中蟾蜍科調查出 50% 的物種 (缺少黑眶蟾蜍)，赤蛙科調查出 90% 的物種 (僅缺少虎皮蛙)，但樹蛙科和雨蛙科的蛙類則完全未被發現。不同調查法所能調查

到的種類不盡相同，調查得到的種數是以穿越線法最佳，錄音法次之，陷阱法最差。以卡方分析發現有顯著不同 ($X^2=14.15$, $P=0.001$)，表示不同調查法所能調查到的種類不盡相同。

比較採樣方法在每個分類類群中的種類豐富來看，穿越線法對於台灣出現的五科無尾類都有一定的調查能力，能察覺最多種類(圖 2-2)。錄音法對於五科無尾類也幾乎都能調查完全，但對於不鳴叫的金線蛙就無法察覺。陷阱法對於大部分的赤蛙科蛙類能察覺(除了稀有的虎皮蛙)，但對於樹棲性的蛙類就無法察覺。

由不同蛙種被不同方法調查次數統計來看(表 2-1)，穿越線法調查發現，每種出現次數除了中國樹蟾、日本樹蛙、小雨蛙等 3 種在蓮華池地區較少見的種類，其出現次數較少(1-3 次)。錄音法對於金線蛙無法發現，並對於稀少種類(中國樹蟾、日本樹蛙、小雨蛙)或很少鳴叫的種類(蟾蜍)效率差；陷阱法只有對赤蛙科、黑蒙西氏小雨蛙及盤古蟾蜍有效，其餘種類則無法捕獲。針對不同樣點來看，三種取樣方法所能調查的種類和次數是有差異的，在積水潭莫氏樹蛙只有被錄音法發現，金線蛙反而只有錄音法無法發現，腹斑蛙在別的樣點可用陷阱法發現，而積水潭無法發現。在大蓮華居，利用錄音法可以比穿越線法多發現莫氏樹蛙、貢德氏赤蛙和豎琴蛙，而穿越線法可以發現不鳴叫或較少鳴叫的金線蛙、梭得氏赤蛙和盤古蟾蜍。

在不同地點看來，穿越線法在單一地點最多調查到 12 種蛙類(2000.08.02 在森林教室及 2001.04.14 在森林教室)，最少 1 種(2000.09.15 在大蓮華居)；錄音法在單一地點最多紀錄 12 種蛙類(2001.04.14 在森林教室)，最少 1 種(2000.10.28 在積水潭)，陷阱法在單一地點最多捕捉 3 種(2000.07.05 在森林教室和積水潭、2001.05.26 在積水潭)，但有 53 個陷阱--夜沒有捕獲。

以調查的時間來看，三種方法都在 4 至 8 月有調查到最多種類，在 10 月至隔年 1 月調查到的種類最少，顯示三種調查方法在時間上有穩定性，當該地蛙類出現的種類和數量多時，調查到的結果也較多，即三種調查方法都不會因時間不同而有不同的結果。穿越線法除了第八次調查(10/14)外，每次都有三科以上蛙類被調查到；錄音法在第六次到第十八次調查(9/15~隔年 3/3)幾乎都只調查到兩科(赤蛙科和樹蛙科)。

在調查中隨時間所累積的種數，可以顯示出調查區域內所出現的總種數，由種類累積來看，發現三種方法種數的累積都是持續增加的，其中以穿越線種類累積最快，再度證明穿越線法是較快能察覺所有種類的的方法。穿越線法在調查 6 次後達到穩定，在第 25 次調查到全部種類；錄音法是次佳的方法，在每 1-2 次的調查中就會增加 1 種，約在 10 次後達到穩定，這可能和蛙類鳴叫行為在不同時間有關，並在第 21 次調查時達到最大種數；陷阱法在 7 次調查後穩定，而在第 14 次

調查後就不再增加種類了。

(二) 取樣方法的穩定性

就三種取樣方法的誤差情形來看，穿越線法幾乎沒有錯誤發生；錄音法在 216 次錄音中共發生 13 次人為或是機械故障，造成沒有資料，失敗率為 6%；陷阱法在 108 次陷阱一夜中只有一次故障，但是在 2001.04.12 的調查前，有發生整組陷阱被破壞的情形。整體而言，三種取樣方法發生失誤的機會是很低的。

在四個地點使用三種方法採樣時，雖然調查到的蛙種不同，但是採樣方法有類似的結果（表 2-2），即該地的蛙種多時，三種方法所調查到的種類也較多，並由卡方測驗結果發現 3 種取樣方法是有一致性的結果（ $X^2=0.260$ ， $P=0.9978$ ）。

關於不同調查方法是否和氣象因子有關，利用蓮華池分所提供的氣象資料，以不同調查方法所得蛙種數和氣象因子作線性回歸分析和複回歸分析（表 2-3）。發現三種方法都受到前四日雨量累積的影響最大，其他有後一天的溫度、濕度、濕度和最高溫度都有些許影響；逐步複回歸分析，結果發現三種方法仍然是受到前四日雨量累積的影響最大，但能解釋的比重不高。

(三) 不同方法間的互補性

我們由三種取樣方法中發現，錄音法無法發現的金線蛙可以由陷阱法捕捉。而陷阱法無法捕捉的種類，例如黑眶蟾蜍、小雨蛙、虎皮蛙、中國樹蟾及樹蛙科的蛙類，可以由錄音法來調查。所以，若將穿越現當作可以完全調查出該地蛙種的辦法，則錄音法和陷阱法似乎是可以互補的調查方法。

討論

(一) 調查的敏感度

本實驗發現穿越線法的調查效果最好，可調查到實驗區最多的 22 種蛙類。前人研究結果也都顯示了夜間的穿越線法是最常用，也是能調查最多種類的方法（Pearman et al., 1995; Parris 1999; Parris et al., 1999）。在大部分地區，兩棲類最活躍的時候，通常是在溫暖的雨季（Aichinger 1987; Bertoluci 1998），所以若在雨季時進行短時間的穿越線調查，應可迅速調查到大部分物種。在蓮華池地區，雨季集中在 3-7 月，使用穿越線法可調查到 20 種，幾乎 91% 的物種都調查到了。

自動錄音法是本實驗次佳的方法，它可以發現 20 種蛙類，佔了實驗區 95% 的蛙種。在澳洲 Parris (1999) 使用錄音法發現了 14 種蛙類中的 10 種(71%)，在台灣目前使用過錄音法只有侯 (2000) 在南仁山使用，也發現能偵測大多數兩生類之出現。本實驗由錄音法中只調查到 20 種蛙種，是因為黑蒙西氏小雨蛙和小雨蛙的鳴叫聲音類似，不易由錄音帶中分辨，因此將之歸類為一種，但是由穿越線調查法的結果顯示，黑蒙西氏小雨蛙的數量卻是絕對多數（黑蒙西氏小雨蛙：

小雨蛙=973:3)，所以應將聲音記錄為黑蒙西氏小雨蛙。另外，在台灣有一些是屬於較少鳴叫或是鳴叫小聲的蛙種，例如：盤古蟾蜍、梭德氏赤蛙、金線蛙，但在蓮華池只有金線蛙沒有被錄音記錄。

很多兩生類調查都只有在入夜後進行，幾乎很少在黎明前的時刻進行調查(Aichinger 1987; Vandewalle et al., 1996; Garcia-Rutledge & Narins 2001)，對於一些在調查時間外的蛙類也容易被忽略。Bridges & Dorca (2000) 由錄音法發現某些蛙類並不是整夜都在鳴叫，而是會在一些特定時段才會大聲鳴叫。例如北美洲的 *Rana sphenoccephala* 是在午夜 12:00 後才開始鳴叫，若是在午夜前調查，就會被忽略，但若使用自動錄音機來調查時則可以輕易的發現後半夜鳴叫的蛙種，所以自動錄音法非常適用於調查擅長鳴叫或是隱蔽性佳的種類。在我的研究結果中也發現，分所前只有錄音法記錄到日本樹蛙，積水潭只有錄音法發現莫氏樹蛙，大蓮華居這個樣區，只有錄音法能紀錄到中國樹蟾、莫氏樹蛙和貢德氏赤蛙，另外兩種方法（穿越線法和陷阱法）都沒有調查到這些物種（表 2-1）。

陷阱法在本實驗中發現物種最少的方法，只有對於地面活動的蛙類有較佳調查效果(Dodd 1991; Greenberg et al., 1994)，但對於樹蛙科、雨蛙科（樹棲類）和黑眶蟾蜍、虎皮蛙、小雨蛙（數量較稀少）是無法調查到的，顯示這可能和蛙類生活息性和數量有關。Parris et al.(1999)在澳洲使用陷阱法進行實驗只有捕捉到兩隻蛙類，他們推測這是因為樹棲性蛙類鮮少至地面活動，並且它們具有吸盤，可能會脫逃出陷阱，所以以陷阱法調查這類物種的困難度較高。但是樹棲性蛙類如果至地面生殖時，還是有機會被捕捉到，本人曾於實驗時間之外，將陷阱連續打開 14 天，就有捕捉過台北樹蛙母蛙的紀錄。

陷阱法雖是調查到最少的種類，但和前人的結果相較，蛙類捕捉率已算是相當高的（31%）。Friend (1989) 所設計的陷阱只有 9.3% 的捕捉率，Parris (1999) 只有 0.56% 的捕捉率，Greenberg et al. (1994) 在北美的實驗，捕捉率為 16.5% 至 12%，由上述這些比較，顯示本實驗所使用的陷阱有較佳的捕捉率，原因可能是本實驗使用改良式下陷式陷阱，掉入陷阱的蛙類無法再脫逃（本人曾將 4 科 8 種蛙類放置陷阱 3 天，無一逃脫）。並且陷阱位在生殖地附近，蛙類有較多機會掉入陷阱。

由以上可知，穿越線法是調查最多種類的方法，錄音法是次佳的方法，若將自動錄音法和穿越線法的調查結果相比較，自動錄音法會缺少不鳴叫或鳴叫不明顯的種類，顯示錄音法可能會受蛙類生殖時間的影響，在蛙類鳴叫活動頻繁時較易調查。本實驗所使用的陷阱對地面活動蛙類有相當好的捕捉功效，但對樹棲性的蛙類則效果不彰，這和 Nadorozny & Barr (1997) 的實驗結果略有不同，他們提出這種改良式下陷式陷阱對於擅長跳躍和攀爬的蛙類都有極佳的效果，但在本

實驗結果中，卻沒有樹棲性蛙類的紀錄，我認為這可能和陷阱的開放時間有關。本實驗限於實驗設計要與另兩種調查法相比較，因此設定的陷阱開放的時間只有夜間的12小時，Nadorozny & Bar的研究中則開放了196天，因此，若延長陷阱的開放時間，或許更能提升陷阱捕獲的效率。

(二) 取樣方法穩定性

三種調查方法在不同的地點是有穩定性的，不會因為棲地的變化而方法變得特別有效或無效，當該地的蛙種多時，三種方法所調查到的種類也較多，調查方法並不會在不同地點傾向調查到某些物種。這和Parris et al (1999)在澳洲的研究結果不同。這種差異可能是因為本實驗所選擇的樣區較少，且四個樣區的蛙種組成都很類似，所以變成三種取樣方法都很穩定。

三種取樣方法調查出的物種數和前四日累積雨量有顯著的相關性，有很多研究都顯示蛙類的活動主要是受到雨量因子的影響(Aichinger 1987; Gascon 1991; Bertoluci 1998)，所以當蛙類活動變動時，能被調查出的種類和族群大小也隨之變動。相反的，Parris et al (1999)在澳洲的研究則是發現氣象因子並不影響蛙類活動，這可能是因為他們的調查時間較短(連續調查20日)，所以受氣象因子的影響較小所致。而本實驗在蓮華池地區進行了長達一年時間的調查，其間氣象變動相當大(月均溫15.3~25.6°C、月雨量4.3~641.3mm等)，因此可明顯的察覺出蛙類群聚受雨量影響的變化。

(三) 取樣方法的異同、優缺點、互補性

對於三種不同調查方法所花費的金錢和時間的計算，發現以錄音法所花費的金額最多，穿越線法和陷阱法所花費的金額相近，錄音法調查所需的費用是其他兩種方法的十多倍(表2-4)。比較調查時所需的時間，錄音法和陷阱法在每次調查時，都只需1小時左右的時間，即可完成；若以穿越線法進行時，則每次調查都至少需要耗費2~3個小時以上，且必須同時有三位具備分辨蛙種能力的調查員同時進行，所需的人力較多、也較不易獲得。若比較三種調查方法事後所需的資料處理時間，錄音法則需耗費較多的時間(表2-4)。Parris(1999)的研究也發現穿越線法是最花時間的方法，錄音法的事後處理最費時。

不同的兩生類取樣方法，有不同的優點和缺點。穿越線法優點是能在最少的晚上調查到最多種類，缺點是調查的時間有限容易有遺漏，並會干擾蛙類的活動。錄音法優點是可減少對蛙類活動的干擾，延長調查時間並能獲得蛙類鳴叫模式的詳細資料，缺點是無法調查到不鳴叫或鳴叫聲音細小的種類。陷阱法優點是可延長調查的時間，並捕捉到地面活動的種類，缺點是較不靈敏且施工時的勞力最高。

總和來說，這三種調查法可歸為兩類，穿越線法屬於省錢費力的調查法，並且同時需有經驗的調查員三名參與，才可達到效果。而錄音法和陷阱法是花錢省力的調查方法，只要事先準備好器材，在野外所需的時間和人力皆較節省。錄音法加上陷阱法所調查到的種類會和穿越線法所得的種類有顯著的相關性，顯示錄音法加上陷阱法有很高的互補性，這個發現對台灣的兩生動物資源調查有很大的意義。

結論

由本實驗發現穿越線法能發現最多蛙種，也是調查速率最快的方法。錄音法也能發現大部分蛙類，只有對於鳴叫小聲的金線蛙，不能調查到。陷阱法對於地面活動的蛙類能調查到，但對於樹棲性蛙類無法捕獲。三種調查方法的效率不同，但在時間及空間上都有穩定性。未來在台灣進行兩生類調查時，當人力不足又需調查大面積的區域，可以使用錄音法加上陷阱法即可以很有效地調查到當地的蛙類，這種合併法對於許多在夜裡不適宜調查的山區進行兩生動物資源調查時有不錯的功效。

參考文獻

- Aichinger, M. 1987. Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment. *Oecologia*, 71: 583-592.
- Barinaga, M. 1990. Where have all the froggies gone? *Science*, 247: 1033-1034.
- Bertoluci, J. 1998. Annual patterns of breeding activity in atlantic rainforest anurans. *Journal of Herpetology*, 32(4): 607-611.
- Bridges, A. S. and Dorcas, M. E. 2000. Temporal variation in anuran calling behavior: Implications for surveys and monitoring programs. *Copeia*, 2000(2): 587-592.
- Bury, R. B. and Corn, P. S. 1987. Evaluation of pitfall trapping in northwestern forests: Trap arrays with drift fences. *The Journal of Wildlife Management*, 51(1): 112-119.
- Casazza, M. L., G. D. Wylie, and Gregory, C. J. 2000. A funnel trap modification for surface collection of amphibians and reptiles. *Herpetological Review*, 31(2): 91-92.
- Crawford, E. and Kurta A. 2000. Color of pitfall affects trapping success for anurans and shrews. *Herpetologica Review*, 31(4): 222-224.
- Dells, R. P., R. H. Mushinsky, and McCoy, E. D. 1996. "Decline of some west-central Florida anuran populations in response to habitat degradation. *Biodiversity and Conservation*, 5: 1579-1595.
- Dodd, Jr. C. K. 1991. Drift fence-associated sampling bias of amphibians at a Florida

- sandhills temporary pond. *Journal of Herpetology*, 25(3):, 296-301.
- Enge, K. M. 1997. "Use of silt fencing and funnel traps for drift fence. *Herpetological Review*, 28(1): 30-31.
- Friend, G. R., G. T. Smith, D. S. Mitchell, and Dickman, C. R. 1989. Influence of pitfall and drift fence design on capture rates of small vertebrates in semi-arid habitats of western Australia. *Australian Wildlife Research*, 16: 1-10.
- Garcia-Rutledge, E. J. and Narins, P. M. 2001. Shared acoustic resources in an old world frog community. *Herpetologica*, 57(1), 104-116.
- Gascon, C., Lovejoy, T. E., Bierregaard Jr., R. O., Malcolm, J. R., Stouffer, P. C., Vasconcelos, H. L., Laurance, W. F., Zimmerman, B., Tocher, M. and Borges, S. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation*, 91:, 223-229.
- Greenberg, C. H., D. G. Neary, and Harris, L. D. 1994. A comparison of herpetofaunal sampling effectiveness of pitfall, single-ended, and double-ended funnel traps used with drift fences. *Journal of Herpetology*, 28(3): 319-324.
- Heyer W. R., R.W. McDiarmid, M. Donnelly and Hayek, L. 1994. Measuring and monitoring biological diversity—Standard methods for amphibians. Smiths. Inst. Press, Washington, DC.
- How, R. A. 1998. Long-term sampling of a herpetofaunal assemblage on an isolated urban bushland remnant, Bold Park, Perth. *Royal Society of Western Australia*, 81: 143-148.
- Nadorozny, N. D. and Barr, E. D. 1997. Improving trapping success of amphibians using a side-flap pail-trap. *Herpetological Review*, 28(4): 193-194.
- Parris, K. M. 1999. Review; amphibian surveys in forests and woodlands. *Contemporary Herpetology*, 1999(1): 1-16.
- Parris, M. K., W. T. Norton, and Cunningham, B. R. 1999. A comparison of techniques for sampling amphibians in the forests of south-east Queensland, Australia. *Herpetologica*, 55(2): 271-283.
- Pearman, P. B., A. M. Velasco, and Lopez, A. 1995. Tropical amphibian monitoring: A comparison of methods for detecting inter-site variation in species composition. *Herpetologica*, 51(3): 325-337.
- Vandewalle, T. J., Sutton, K. K. and Christiansen, J. L. 1996. Pseudacris crucifer an Iowa case history of an amphibian call survey. *Herpetological review* 27: 183-185.
- 盧堅富 1995 南投縣的兩棲類. 台灣省特有生物研究保育中心.

表 2-1：在四個樣區調查到蛙種的次數。

	積水潭			大蓮華居			分所前			森林教室			總和		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
中國樹蟾	1	1		1									1	2	
日本樹蛙							1			1	2		1	3	
台北樹蛙	8	10		10	11		2	8		10	11		12	12	
白領樹蛙	11	15		12	15					1	3		14	15	
艾氏樹蛙	6	9		8	16		17	25		15	24		23	27	
莫氏樹蛙		3		2			8	8		22	20		23	19	
面天樹蛙	18	19		9	15		7	5		14	18		18	22	
褐樹蛙	2	11		1	4		4	4		2			8	12	
古氏赤蛙	2	2		5	8		25	12		27	17	7	27	18	7
拉都希氏赤蛙	22	18	1	22	21	8	25	20	11	26	16	2	27	27	15
貢德氏赤蛙	12	10	3		1								12	11	3
斯文豪氏赤蛙							27	27	4	6	18		27	27	4
梭德氏赤蛙				2		1	8	5	1	2			9	5	2
腹斑蛙	15	20		24	26	2	19	20	2	17	24	3	25	27	6
澤蛙	7	8	3	3	6	1				14	10		19	13	4
虎皮蛙	4	6		3	6								6	9	
豎琴蛙					1					12	13	1	12	13	1
金線蛙	18		4	1									19		4
黑眶蟾蜍	5	1								1	1		6	2	
盤古蟾蜍	11			4			11	1	1	23		3	24	1	4
黑蒙西氏小雨蛙	13	13*7		13	14*1		5	5*		13	13*2		15	14*8	
小雨蛙	1			2									3		
總計													22	20	11

註 1：*表示可能為黑蒙西氏小雨蛙+小雨蛙

註 2：最大值為 27，表示每次調查皆有發現其鳴叫聲

註 3: A：穿越線法；B：錄音法；C：陷阱法

表 2-2：三種調查方法在不同地點所調查到的種數

方法	地點			
	積水潭	大蓮華居	分所前	森林教室
穿越線法	17	12	15	17
錄音法	16	15	13	14
陷阱法	5	5	5	6

表 2-3：不同調查方法和氣象因子的相關性及逐步迴歸分析結果

方法	氣象因子	單因子相關	逐步迴歸 (R square)
穿越線法	溫度	0.44*	
	最高溫	0.28	
	最低溫	0.37	
	前四日溫度平均	0.36	
	後一日溫度	0.49**	
	濕度	-0.4*	0.1*
	雨量	0.28	
	前四日雨量累積	0.63***	0.39***
	後一日雨量	0.26	
P=0.0005			
錄音法	溫度	0.29*	
	最高溫	0.35	
	最低溫	0.3	
	前四日溫度平均	0.33	
	後一日溫度	0.47*	0.07
	濕度	-0.34	0.07
	雨量	0.23	
	前四日雨量累積	0.63***	0.4***
	後一日雨量	0.13	0.07
P=0.0004			
陷阱法	溫度	0.45*	
	最高溫	0.4*	
	最低溫	0.49**	0.12*
	前四日溫度平均	0.38	

後一日溫度	0.46*	
濕度	-0.17	
雨量	0.16	
前四日雨量累積	0.49**	0.24**
後一日雨量	0.09	0.07

P=0.004

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

表 2-4：三種調查方法所需花費比較表

	工具	人力	花費金錢	調查花費時 資料處理時	
				間間	間
穿越線	頭燈、蓄電池、雨鞋	3	3400	243	27
錄音法	定時器、錄音機、麥克風、錄音帶、鐵箱	1	48000	27	216
陷阱法	置物箱、帆布、鐵棍、砂網	1	3000	27	27



圖 1-1. 攔截籬掉落桶裝置圖(莊銘豐 攝)。



圖 1-2. 蛙類的主要特徵名稱，赤蛙科(A)，蟾蜍科(B)、樹蛙科(C)與狹口蛙類(D)(巫奇勳 攝)。



圖 1-3. 常見蜥蜴的體態，飛蜥科(A)、壁虎科(B)、蜥蜴科(C)與石龍子科(D) (巫奇勳 攝)。

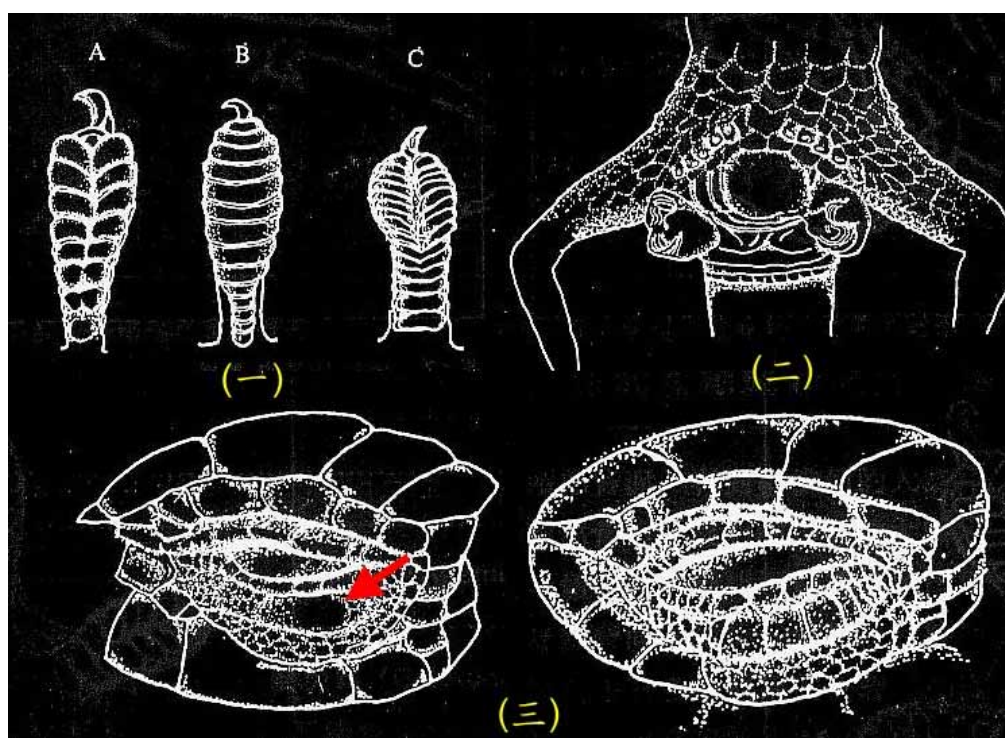


圖 1-4. 蜥蜴的皮瓣(一)、鼠蜥孔(二)與瞼窗與非瞼窗(三)。圖取自林與鄭(1990)的台灣蜥蜴誌。



圖 1-5. 盲蛇科(A)、黃領蛇科(B)、蝙蝠蛇科(C)與蝮蛇科(D) (巫奇勳 攝)。

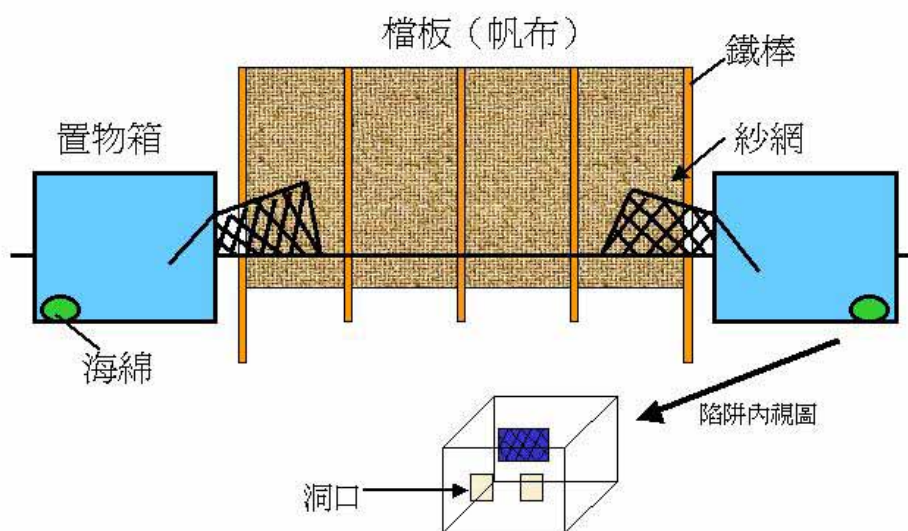


圖 2-1. 改良式陷阱裝置圖。陷阱是由兩個置物箱及 5 公尺長的帆布組成，帆布用 5 支鐵棒固定立起當作檔板，置物箱埋在地面下，在檔板兩側各有一個紗網製的漏斗狀結構，以引導蛙類進入陷阱的洞口，在洞口的對面有一個紗網製的窗口，以保持陷阱內的空氣流通。

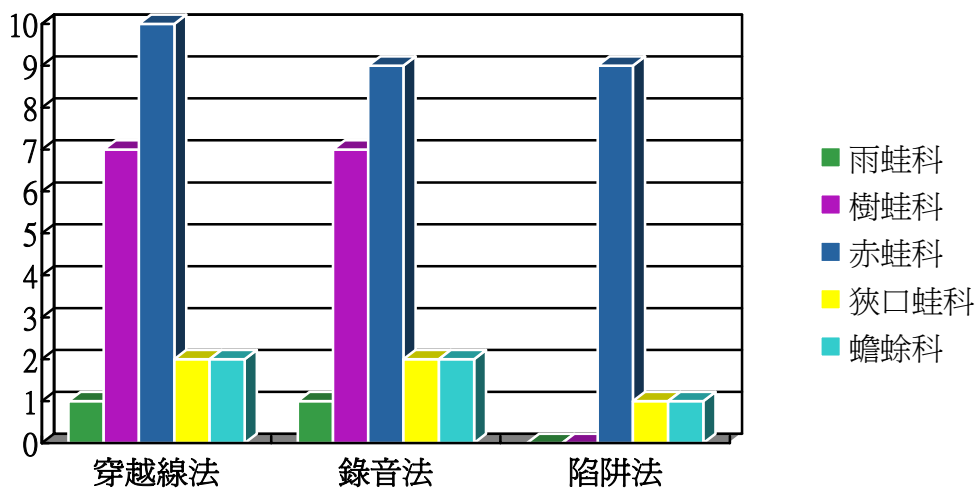


圖 2-2. 種調查方法所得各科種的數量圖。