

98年度行政院農業委員會林務局農業科技計畫

建立特定生物類族群變化監測模式

兩棲類監測期末報告

計畫編號：98農科-8.2.1-務-e2

計畫主持人：楊懿如

執行單位：國立東華大學生態與環境教育研究所

中華民國 98 年 12 月



摘要

2001 年起由計畫團隊開始在花蓮測試運用志工團隊進行兩棲類調查之可行性，至 2009 年為止累計成立 46 個志工團隊(本年度計有 29 個志工團隊持續進行調查)，累計進入兩棲類資源調查資訊網之野外調查有效資料計有 19,000 多筆有效資料。

使用 ESRI ArcMap 軟體將調查資料與 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格疊合後，以網格方式呈現資料分佈，志工調查網格共計 1299 格，平均每網格物種豐度為 5.64 ± 3.82 、保育類 0.19 ± 0.52 種、特有種 1.60 ± 1.60 種。從 15 個縣市區域 2008 年與 2009 年之生物多樣性均勻度指數比較結果顯示，均勻度指數介於 0.62~0.92 之間，且二年間之生物多樣性均勻度指數均無明顯的消長。在生物多樣性熱點的挑選上，運用地理資訊系統結合物種豐度法與互補法等二種挑選方法，挑選出全島尺度兩棲類生物多樣性熱點 40 個及各縣市尺度兩棲類生物多樣性熱點 187 個。在全島尺度兩棲類生物多樣性熱點中，平均每個熱點物種數為 15.43 ± 2.42 種，可作為兩棲類生物多樣性的永久調查樣區，分析各年間兩棲類群聚變化趨勢、棲地改變等資訊；各縣市尺度兩棲類生物多樣性熱點的挑選上，平均每縣市需從有調查資料的網格中挑選 $30.78\% \pm 22.73$ 的網格為熱點，而熱點內的涵蓋物種數，可作為各縣市團隊挑選調查樣區之準則，凡新增調查樣區符合各縣市尺度生物多樣性熱點之標準，均可作為長期監測兩棲類的樣點，以完整記錄各縣市兩棲類群聚組成及分佈情況。

在現有兩棲類調查志工的組織規模上，除持續進行志工招募與培訓團體志工，也將納入個人志工體系於兩棲類資源調查資訊網中，以蒐集更多隨機樣點的蛙類分佈資料，從而擴大長期監測的網格數，建立兩棲類長期監測的模式。

目錄

一、前言.....	1
二、材料與方法.....	6
2.1 志工培訓.....	6
2.2 樣區規劃.....	9
2.3 調查方法.....	9
2.4 調查資料彙整.....	9
2.5 資料分析.....	10
三、兩棲類資源調查結果分析.....	13
3.1 志工調查資料分佈概況.....	13
3.2 兩棲類分佈概況.....	16
3.3 各縣市兩棲類調查資料分析.....	17
3.4 兩棲類生物多樣性熱點之挑選.....	29
3.5 生態棲位寬度與生態棲位重疊度分析.....	32
四、結論及建議.....	39
五、參考文獻.....	41

表目錄

表 1-1 台灣兩棲類調查志工執行現況表.....	5
表 3-1 各團隊於各年度所建置之調查資料筆數表.....	14
表 3-2 各縣市調查網格數佔各縣市網格比例表.....	15
表 3-3 各縣市兩棲類調查志工與台灣大學鳥類監測計畫之調查網格重疊程度	15
表 3-4 各網路資料回報系統與特生中心調查蛙種比較.....	19
表 3-5 2006 年至 2009 年間各縣市志工團隊累計蛙種調查完成率.....	26
表 3-6 2008 及 2009 年各縣市蛙種調查隻次、豐度及生物多樣性均勻度指數分析表.....	27
表 3-7 以各縣市尺度使用物種豐度法與互補法所選取之熱點數及涵蓋物種數..	30
表 3-8 以全島尺度使用物種豐度法與互補法所選取之熱點數及涵蓋物種.....	31
表 3-9 2008 年至 2009 年間生物多樣性熱點各兩棲類微棲地利用之生態棲位寬度.....	34
表 3-10 2008 年至 2009 年間生物多樣性熱點各兩棲類微棲地利用之生態棲位重疊度.....	35
表 3-11 2008 年至 2009 年間生物多樣性熱點各兩棲類出現月份之生態棲位寬度.....	37
表 3-12 2008 年至 2009 年間生物多樣性熱點各兩棲類出現月份之生態棲位重疊度.....	38

圖目錄

圖 2-1 台灣兩棲類保育網首頁.....	8
圖 2-2 兩棲類資源調查資訊網首頁.....	8
圖 2-3 兩棲部落首頁.....	8
圖 4-1 以桃園縣生物多樣性熱點為例，劃設熱點及緩衝區分布圖.....	40

一、前言

近年來，由於全球暖化及氣候變遷的影響，全球生物均遭受前所未有的生存壓力，如何監控生物多樣性的變化趨勢及大幅降低生物多樣性的損失速度，則是生物多樣性保育的重要目標。為加強現有生物的保育工作，各國均採取許多必要的生物長期監測計畫，以分析物種群聚的變化趨勢，作為擬定生物多樣性保育及永續發展之基礎。

日本環境省自 1973 年起，便開始執行自然環境保全基礎調查，進行五年一期的 30 年計畫。調查內容包括自然環境及生物資源的基礎調查，包括淡水及陸域之動植物、地形、地貌、海岸地等，參與人員有學者、專家、志工等人力資源，而調查所得的相關資訊除可繪製各類物種的分佈概況圖外，也提供政府作為環境開發、劃設國家公園及制訂相關環境保育策略之參考。在自然環境保全基礎調查中的陸域動物的調查工作項目上，第一階段(1973 年至 1977 年)先以自然區域內的物種為首要調查重點，以瞭解實際的生息狀況；第二階段(1978 年至 1979 年)則進行重點生物的分佈調查工作，以瞭解其生態資訊及其分佈概況；第三、四階段(1983 年至 1987 年、1988 年至 1992 年)執行全國性所有物種的分佈調查工作，呈現日本境內所有物種的分佈情況；第五、六階段(1993 年至 1998 年、1999 年至 2004 年)則因應全球生物多樣性保育的重要目標，進行生物多樣性的調查監測工作，並於 2003 年開始建立長期的生態系監測樣點，以蒐集、分析生物豐度及特有種生物分佈等資訊。同時，藉由不同階段的物種分佈情況，可即時分析各生物類群族群的變化趨勢，提供各生物類群族群波動預警的功能(Biodiversity Center of Japan, 2004)。

在我國，行政院農委會鑑於生物多樣性公約簽署以來，世界各地在鼓吹生物普查(inventory)工作的重要性，且生物資源之調查與研究更是保育及經營管理的基礎。但台灣地區生態資源豐富卻缺乏有系統地、持續地、長期地生物資源調查，無法累積足夠資料進行生物多樣性研究，以提供保育及管理上之應用。因此，在 1999 年至 2003 年間，進行為期五年的台灣生物資源調查及研究計畫，將台灣分為北、中、南、東等四個地理區塊，並統合各區域的專家學者執行動植物的物種普查工作，以完整建置台灣北、中、南、東等四個地理區塊之植物、昆蟲、兩棲爬蟲動物、鳥類、哺乳類動物、淡水魚類等物種名錄及其分佈概況，並呈現出示

台灣各地理區的生態特色。2008 年起，為追蹤、瞭解生物多樣性現況及族群變化趨勢，以擬訂具體的生物多樣性保育策略及行動，由行政院農委會林務局委託執行三年期的特定生物類群族群變化的監測計畫，執行包括物種豐度趨勢在內的 14 項生物多樣性指標之調查分析。物種豐度趨勢之調查內容包含蝴蝶、兩棲類、鳥類、蝙蝠等物種。在蝴蝶的調查方法上，係於全島各地設置若干長期監測穿越線，長度以 1 至 2 公里為限，以緩慢步行 45 至 60 分鐘，記錄穿越線左右各 2.5 公尺寬、目視 5 公尺長的範圍內之所有蝴蝶種類、隻次。在兩棲類的調查方法上，則於全島劃設若干半徑 250 公尺的調查樣點或穿越線，以鳴叫計數法或目視遇測法記錄特定樣區之兩棲類物種及數量。在鳥類的調查方法上，以棲地環境狀況較佳、鳥類相較為完整的各級保護區、國家公園作為優先調查區域，遴選出 428 個調查區域，再依逢機取樣、國家公園與重要鳥類棲地等條件，各選定 150 個及 146 個監測調查樣區，以圓圈法、穿越線進行鳥類的調查工作。在蝙蝠的監測調查上，依高度蝙蝠多樣性、單一物種分佈的邊界、生殖棲所、遷徙棲所等四項標準，於全台各地依不同海拔梯度選定 33 處監測地點，利用網具捕捉及超音波調查蝙蝠種類及數量。本計畫的目的，係藉由不同物種豐度變化之監測，擇定各生物類群的可長期執行的監測模式，以分析各生物類群族群變化趨勢，作為後續生物多樣性保育之參考。

從上述各類生物長期監測的過程顯示，生物的長期監測調查會因時間、經費、人力的因素，限制調查的尺度與時間。若能有效運用志工來進行調查，相較於聘請專業的研究人員，同樣的花費可以進行更大尺度及更長時間的調查，有助於建立物種的基礎資料；因此，為因應大尺度的監測，許多研究團隊便開始運用志工進行調查(郭炳村，2007)。

以兩棲類為例，區域性兩棲類族群大量減少已成為全球重要的課題，為了解兩棲類族群變動的趨勢，就必須對兩棲類全面性的監測工作，而這些工作是需要龐大的人力來執行。

加拿大安大略地區自 1992 年起便開始運用志工人運進行兩棲類的監測工作。BFS(Backyard Frog Survey)自 1992 年起開始進行蛙類普查工作(每年執行之調查樣點為 4 至 126 處)，每組參與調查的志工人員每年需至少進行一個樣點的調查工作，以三月底至蛙類繁殖鳴叫活動結束為止作為調查期，調查頻度為每天一次，以監測各調查樣點蛙類之季節及年間的族群變動情況，而這些基礎的調查

資料則提供後續如 ARCC(Amphibian Road Call Count)執行相關調查所需之參考數據。ARCC(Amphibian Road Call Count)也是 1992 年開始執行的監測計畫，採行穿越線的調查方式(每年執行之穿越線為 11 至 62 條不等)，每組調查志工人員每年執行一條穿越線(每一穿越線設置 10 個調查樣點)的蛙類調查工作，於每年四月初至七月中旬期間共計進行三次蛙類鳴叫計數的調查工作，以調查蛙類求偶鳴叫的物種、數量及其棲地。1995 年起，MMP(Marsh Monitoring Program)在沼澤、溼地執行穿越線的蛙類調查工作(每年執行之穿越線為 103 至 186 條不等)，並依據不同緯度的氣候條件，由每組調查志工人員於每年三月下旬至六月下旬期間進行三次穿越線調查(每一穿越線最多設置 8 個調查樣點)，以反應各沼澤、溼地之蛙類族群變化情況。2000 年起，FWC(FrogWatch Canada)推行全年期的蛙類普查計畫，每組調查人員至少執行一處樣點的調查(每年執行之調查樣點為 54 至 157 處)，以持續關注蛙類的族群變動概況。藉由 1995 年至 2006 年間 BFS、ARCC 及 MMP 等三個監測計畫所累積的長期蛙類資料，已可分析不同監測計畫間所呈現出的各種蛙類族群變化趨勢，作為後續保育工作的參考。但在分析結果中，也發現各項監測計畫所採用的方法不同，使得某些蛙種在各項監測計畫間的族群變化趨勢有所差異，而這些差異多來自於調查資料無法涵蓋所有蛙種的棲息環境(例如：MMP 係以沼澤、溼地為調查重點，對於非棲息於溼地環境蛙種而言，所統計出的族群變化趨勢，勢必無法反應真實的現況)(FrogWatch, 2009)。

NAAMP(North American Amphibian Monitoring Program)自 1995 年起，結合州政府、大學院校、非營利組織等區域性的資源，製作許多教材培訓兩棲類調查志工；至今，NAAMP 志工已進行墨西哥、美國與加拿大等地大尺度的監測，每年調查成果以地理資訊系統平台公佈於網站內(Weir *et al.*, 2005)。MFTS(The Michigan Frog and Toad Survey)監測計畫在運用志工進行兩棲類的調查上也有不錯的成效，計畫團隊並寄發錄有兩棲類鳴叫聲音的光碟以及問卷給志工，藉著計算志工在兩棲類外觀特徵辨識、蛙類鳴叫聲音辨識上的得分，來判斷志工是否能準確的判斷物種。MFTS 也依據志工上傳的資料，除了每年皆發表年報外，每 5 年也統整一次，以看出兩棲類在這 5 年間族群變化的情形(DNR, 2009)。Frog Watch 也是 1 個運用志工進行調查相當成功的長期監測計畫，由美國最大的保育組織 NWF(National Wildlife Federation)所發起，鼓勵一般民眾成為蛙類的調查志工，協助專家保育逐漸減少的兩棲類，也可以藉此了解自家社區與週遭的兩棲

類；NWF 也將志工調查成果呈現於地理資訊系統平台上，方便一般民眾查詢。

運用志工進行調查有其優劣，優點為能迅速累積資料，缺點為志工的調查資料一致性與嚴謹程度不像專門工作人員具有較高品質，如何讓志工的資料品質獲得提升也是一項需要努力的課題(郭炳村，2007)。

因此，在全面運用志工人員調查監測台灣兩棲類資源分佈現況前，2001 年起由計畫團隊開始在花蓮測試運用志工團隊進行兩棲類調查之可行性。2003 年在行政院農委會林務局補助之下，計畫團隊開始進行臺灣兩棲調查志工的招募與培訓工作，以推動志工人員參與兩棲類資源監測調查工作。2005 年至 2006 年在花東地區招募及培訓兩棲類調查志工，2006 至 2007 年在嘉南地區招募及培訓兩棲類調查志工，2007 年在北部、高屏地區招募及培訓兩棲類調查志工，2008 年及 2009 年則進行全台灣兩棲類調查志工的招募與培訓工作，期望藉由標準化的培訓課程，使參與的志工人員具備一定的野外調查能力，以執行標準化的野外調查流程，進行兩棲類長期性監測計畫，使所得的調查資料具備後續分析的要求。

在志工團隊的組訓上，每個地區皆進行兩個年度的培訓及輔導調查計畫，第一年度以人員訓練、規劃地點及輔導調查為主，第二年度由志工團隊開始進行有系統的調查及收集資料，並定期回傳到兩棲類調查資訊網(<http://tad.froghome.org/>)。在兩棲類資源調查資訊網所登錄的資料分別經過初審、複審等程序，審核無誤後納入資料庫，作後續統計、分析的基礎資料。

截至 2009 年 10 月為止，累計成立 46 個志工團隊(各志工團隊執行區域及參與狀況如表 1-1 所示)，2009 年度持續參與調查的志工團隊計有 29 個志工團隊(本年度至 2009 年 10 月為止，新加入的團隊計有 8 隊)，累計進入兩棲類資源調查資訊網之野外調查有效資料計有 19,000 多筆資料。

根據 2001 年至 2009 年兩棲類調查資訊網之各兩棲類志工團隊調查資料，結合賞蛙情報網、青蛙小站之等相關蛙類回報資料，將所有臺灣本島的調查資料與 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格疊合後，挑選出長期監測的生物多樣性熱點，以作為每年兩棲類族群變化的監測樣區及新加入志工團隊優先執行調查的樣區。此外，也依據每年新加入之志工團隊的調查樣點及資料中，挑選具備生物多樣性熱點條件的樣區，持續納入長期監測的樣區，以涵蓋台灣兩棲類的分佈熱點，有利於監測兩棲類的族群動態。在兩棲類族群變化的資料分析上，結合 GIS 統計各兩棲類物種的分佈現況，並藉由這些長期監測樣區的累積資料，分析生物多樣性熱點內兩棲類的

生物多樣性指數年間變化、生態棲位寬度、生態棲位重疊度，以作為分佈預測、兩棲類保育之參考。

表 1-1 台灣兩棲類調查志工執行現況表

團隊名稱	執行縣市	執行年度
北部	基隆烏會	基隆市
基隆綠自然工作小組	基隆市、台北縣	2008 年至今
台北小雨蛙	台北縣	2008 年至今
台北牡丹心志工隊	台北縣	2006 年至今
台北新生呱呱叫	台北市	2009 年加入
台北關渡自然公園蛙蛙小組	台北市、台北縣	2009 年加入
桃園長興國小	桃園縣	2003 年至 2004 年
桃園百吉國小	桃園縣	2003 年至 2004 年加入
桃園光華國小	桃園縣	2003 年至 2004 年
桃園德龍國小	桃園縣	2003 年至 2004 年
桃園蚵間國小	桃園縣	2003 年至 2004 年
桃園高坡國小	桃園縣	2003 年至 2004 年
桃園白石圍隊	桃園縣	2008 年至今
桃園藍鵲家族	桃園縣	2009 加入
新竹大眼蛙	新竹縣	2008 年至今
新竹深井社區	新竹縣	2008 年至今
新竹荒野	新竹縣	2008 年至今
中部	台中蛙蛙蛙	台中縣
台中烏榕頭	台中縣	2008 年至今
彰化蛙蛙蛙	彰化縣	2007 年至今
南投新豐	南投縣	2008 年至今
雲林幽情谷	雲林縣	2007 年至 2008 年
雲林自然讀書會	雲林縣	2007 年至今
嘉義阿里山導覽志工隊	嘉義縣	2007 年至 2008 年
南部	台南真理大學	嘉義縣、台南縣
台南楠螢	台南縣	2007 年至今
台南龍崎	台南縣	2007 年至今
台南昕佑景安	台南縣	2008 年至今
台南荒野	台南縣	2009 年加入
高雄烏會	高雄縣	2009 年加入
高雄母樹林	高雄縣	2007 年至 2008 年
高雄法布爾	高雄縣	2007 年至今
高雄龍肚卡蛙依	高雄縣	2007 年至今
屏東『許』我一個生態地球	高雄縣	2009 年加入
屏東大社區林業研究室	屏東縣	2008 年至今
東部	宜蘭李佳翰	宜蘭縣
花蓮烏會	花蓮縣	2007 年至今
花蓮明廉明禮	花蓮縣	2006 年至 2007 年
花蓮玉里	花蓮縣	2006 年至 2007 年
台東萬安	台東縣	2006 年至今
台東三間	台東縣	2006 年
台東延平	台東縣	2006 年至 2008 年
台東烏會	台東縣	2006 年至 2008 年
台東日昇	台東縣	2006 年至今
台東利嘉生態農場	台東縣	2006 年至今
東華大學兩棲類保育研究室	花蓮縣、台東縣	2009 年加入
		2001 年至今

二、材料與方法

為使兩棲類調查志工所調查之兩棲類資料可作為相關保育措施及分佈預測之用，在招募兩棲類調查志工團隊的過程中，計畫團隊會藉由數位網路資訊及實體培訓課程來進行志工的培訓工作。

藉由累積多年來培訓、輔導兩棲類調查志工的經驗與過程，針對調查樣區選定、執行時間、調查方法與記錄方式、資料彙整等項目製作詳細的『台灣兩棲類調查志工野外調查作業手冊』，內容除了教導兩棲類外部特徵外，也詳述各兩棲類物種的微棲環境特徵，以期達到標準化作業流程的目的，使調查資料具備相同的品質，利於資料庫後端分析之用。

以下針對計畫團隊所規劃之培訓課程、相關調查規劃及資料彙整等程序，簡述如後：

2.1 志工培訓

為使加入更多關心兩棲類生態人士加入兩棲類資源調查的行列，除定期舉辦實體培訓課程招募新的調查志工外，也配合國科會及林務局其他補助計畫，規劃相關的數位網路課程與資訊，以加強現有兩棲類調查志工的線上學習資源，強化志工人員的野外調查能力。相關網路資訊與培訓課程簡述如後：

(1) 數位網路資訊

為協助志工團隊建置兩棲類資源調查資料庫，由林務局於 2006 年補助設立台灣兩棲類保育網(<http://www.froghome.org/>) (圖 2-1)作為兩棲類調查志工入口網。另配合由國科會與林務局之其他計畫補助設立之蛙蛙數位學院、兩棲類資源調查訊網(<http://tad.froghome.org/>)(圖 2-2)、蛙聲辨識網、台灣兩棲類保育論壇、兩棲部落等兩棲類調查志工相關網站，協助志工取得更多有關於蛙類生態與學習資訊，輔助志工培訓、調查及資料回傳等工作。其中，兩棲類資源調查資訊網提供各地兩棲類調查志工團隊建置野外調查資料庫，將各地調查資料建檔並作有系統的管理，作為後續資料分析的基礎。另外，兩棲部落(<http://tad.froghome.tw/>)(圖 2-3)提供各志工團隊建置專屬部落格的網路介面，提供各志工團隊進行數位影像、資訊交流的網路空間，藉此維繫志工團隊間的合作關係，作為志工聯繫平台。

(2) 實體培訓課程

為培訓調查志工認識計畫執行內容及增進野外調查能力，本年度於

7/11~7/13 假花蓮縣西寶國小舉行『2009 年兩棲類資源調查培訓課程研習營』，共計招收 26 名學員。本系列課程在強化兩棲類調查志工之野外調查能力，期望藉由理論學習與實務操作相結合，達到強化志工調查能力的目的。

課程內容包括九堂室內的理論學習與三堂戶外的實務操作課程：

理論學習

台灣兩棲類保育網簡介

介紹兩棲類調查志工專屬的數位學習平台。

台灣的兩棲類生態

認識台灣無尾目兩棲類的生活習性與生態環境。

台灣的兩棲類辨識

介紹台灣 32 種無尾目兩棲類及 5 種有尾目兩棲類。

我的青蛙圖鑑-如何製作我的青蛙圖鑑

介紹如何運用蛙蛙世界學習網(<http://learning.froghome.org/>)之網路資源，製作個人野外調查所需的青蛙圖鑑，及記錄個人野外觀察心得。

我的青蛙圖鑑-蛙類攝影簡介

學習應用相機進行兩棲類影像記錄，以協助進行物種辨識。

兩棲類野外調查工具之介紹與使用

介紹兩棲類調查中所需的各項器材，及其操作說明。

兩棲類資源調查資訊網之操作與使用

介紹現行資料庫的上傳步驟與登錄項目，並進行資料上傳練習。

Google Earth 應用於兩棲類資源資料庫

介紹使用免費的網路資源，進行簡單的分析、統計。

志工評量

進行網路數位化的野外模擬調查，以評量本次課程的學習成果。

實務操作

夜間兩棲類觀察與辨識

讓學員熟悉夜間調查的過程，講述兩棲類的辨識訣竅。

夜間調查實習與野外攝影

實際執行野外的調查程序，作為調查實習課程。



圖 2-1 台灣兩棲類保育網首頁。



圖 2-2 兩棲類資源調查資訊網首頁。



圖 2-3 兩棲部落首頁。

2.2 樣區規劃

當完成兩棲類調查志工培訓課程後，新成立團隊的調查樣區地點為志工自行選定，以志工團隊所在之周圍鄰近區域為主，依人力與時間，選擇 2 至 5 個調查區域，而這些調查區域盡可能位處不同鄉鎮、山系、水系、海拔，並包含各種兩棲類的分佈區域。為避免遺漏棲息於特定棲地的兩棲類，各區域內再選擇 1 至 3 個樣點，以涵蓋這個區域內的環境特徵為選擇樣點數量的依據。在到達新樣點調查時，會先劃設一條 500 公尺的穿越線或 250 公尺半徑的調查點，並於穿越線或調查點中心記錄一個二度分帶座標(TWD97 座標系統)，此座標即為新樣區的固定座標，之後再到同樣區調查時皆使用同一座標。

2.3 調查方法

2003 年至 2007 年屬於普查性質，志工團隊之調查地點、調查頻度皆不固定。2008 年起，為使調查資料具有分析比較的基礎及建立兩棲類的長期監測機制，各志工團隊在成立之時，便輔導選定數個固定樣區作為兩棲類長期監測樣點，採以「每季調查一次」為準，於每年一、四、七、十月各進行一次野外調查工作，以便於分析各兩棲類季節分佈的趨勢。調查方式使用目視遇測法(visual encounter method. VEM)與穿越帶鳴叫計數法(audio strip transects. AST)(呂光洋等，1996)互相搭配記錄蛙種、數量以及停棲位置於規格化的表格中，調查開始時間以日落後半小時到午夜 24 時為止。在到達樣區後，選定一條約 500 公尺的穿越帶，步行使用目視遇測法搭配穿越帶鳴叫計數法進行調查(郭炳村，2007)。

調查資料的記錄準則以同一樣區、同一時間、同一物種視為同一筆資料，而記錄項目分為「基礎資料」，包括地點、GPS 座標(TWD97 系統)、海拔、環境(高山草原、針葉林、混生林、闊葉林、墾地、草原、裸露地)、日期、時間、調查者、氣溫、水溫、相對濕度、天氣(晴、多雲、陰、小雨、大雨)等物理條件；「生物資料」，包含兩棲類物種、記錄方式(目視/鳴叫)、生活型態(卵塊、蝌蚪、幼體、雄蛙、雌蛙、成蛙)、成體行為(聚集、鳴叫、築巢、領域、配對、打架、護幼、單獨、覓食、休息、屍體)、棲息微棲地(流動水域、水溝、靜止水域、暫時性水域、樹林、草原、開墾地)。

2.4 調查資料彙整

2006 年由林務局相關計畫支持、建置的「台灣兩棲類資源調查資訊網」作

為各地兩棲類調查志工彙整兩棲類野外調查資料之資料庫。在兩棲類資源調查資訊網內，各志工團隊均設有專屬的權限，可登錄各團隊的野外調查資料，並由各隊組長進行資料的初審程序，初審通過後再由東華大學兩棲類保育研究室進行複審，審核無誤後納入資料庫，作為後續統計、分析的基礎資料。自 2006 年至 2009 年 10 月為止，累計進入兩棲類資源調查資訊網之野外調查有效資料計有 19,000 多筆資料(2009 年 1 月至 10 月為止，計有 5,600 多筆資料)。

2.5 資料分析

為瞭解歷年來兩棲類調查資料的分佈資訊，本研究結合 GIS 統計各兩棲類物種的分佈現況，並藉由這些長期累積的調查資料作為生物多樣性熱點挑選的依據，從而分析生物多樣性熱點內兩棲類的生物多樣性指數、生態棲位寬度、生態棲位重疊度。

(1)各兩棲類物種的網格分佈

為瞭解台灣兩棲類在全台各地區的分佈現況，本計畫依照行政院農委會林務局自然資源與生態資料庫的 $1 \times 1 \text{km}^2$ 網格資料，將台灣劃分為 36,713 個網格(不包含外島地區)，利用 ESRI ArcMap 軟體將將志工調查資料與網格系統結合，將無調查資料的網格刪除，有調查資料的網格呈現在內政部出版臺灣行政界線圖上，以瞭解各兩棲類物種在全台的網格分佈現況，及生物多樣性熱點的分佈位置。

(2)生物多樣性熱點之挑選

為建立生物多樣性熱點的長期監測機制，本研究統計東華大學兩棲類保育研究室歷年調查資料、兩棲類資源調查資訊網、賞蛙情報網、青蛙小站討論區、行政院農委會特有生物保育中心野生動物資料庫之兩棲類物種分佈資料，以台灣全島與縣市等二種不同尺度挑選蛙類生物多樣性熱點。在全島尺度的部份，不分別討論各個縣市，直接挑選全島蛙類生物多樣性熱點；在縣市尺度的部份，內政部民政司資料將台灣本島劃分為 22 個行政區域，但本研究考慮部分都市行政區面積過小，因此將部分都市行政區併入縣行政區討論，例如：台北市併台北縣為台北縣市、新竹市併新竹縣為新竹縣市、台中市併台中縣為台中縣市、嘉義市併嘉義縣為嘉義縣市、台南市併台南縣為台南縣市、高雄市併高雄縣為高雄縣市，重新劃分成 17 個縣市。

目前，選取生物多樣性熱點最普遍的方法，是以當地的物種豐富度代表當地生物多樣性的高低，而物種豐富度又可針對不同的條件，計算不同類型的物種豐

富度，常見的條件有以下三項：1.所有物種總豐度、2.狹佈種(特有種)種數、3.瀕危種(保育種)種數(Reid,1998)。在選定代表生物多樣性的物種豐富度類型後，挑選熱點的方式有：simple greedy method、progressive rarity method、種豐富度法(species richness)、互補法(complementary method)；其中，以種豐富度法與互補法是常用來挑選生物多樣性熱點方法。以下針對 2 種使用方法進行本研究之生態點挑選說明：

物種豐富度法

以 ArcGIS 9.0 為操作平台，計算全島(各縣市)有調查資料的網格中，最高的物種數，將此物種數分成 4 個等段，取物種數最高的那一段做為熱點的標準，該縣市其餘的網格中，若有網格出現的物種數落在此段，此網格就可視為熱點(Andre, 2006)。使用物種豐富度法的優點為挑選方便，著重於物種的豐富度，選取的熱點皆為物種數較高的地方，在空間分佈上也較具有連續性；缺點則為對於只分佈於特定地區的物種，種豐富度法則可能無法選取到。

互補法

使用 ArcGIS 9.0 為操作平台，先選出物種豐富度最高的區域，再將其所包含的物種自名單中全數刪去，再從其他區域中找出有最多物種的區域，再自名單中剔除其所包含的物種，如此一直重複直至所有的物種都被剔除為止(何麗君, 2005)。使用互補法的優點為可涵蓋每種物種，樣區內所調查到的蛙種皆包含於熱點中；缺點則為部份選取到的地區可能物種種數較低，物種種數較高的地區反而無法選取到。

(3)生物多樣性指數分析

本研究擬從兩棲類資源調查資訊網 2008 年至 2009 年之有效資料中，計算各縣市的生物多樣性指數，以呈現各縣市的兩棲類物種組成現況。此外，也從上述方式所挑選的生物多樣性熱點，分析、比較 2008 年及 2009 年二年間各熱點的物種變化趨勢。

生物多樣性指數的分析方式，係以 Shannon-Wiener's index 計算各生物多樣性熱點的生物多樣性指數。其公式如下：

$$H = -\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln\left(\frac{n_i}{N}\right)$$

H ：多樣性指數 S ：種數 n_i ：調查樣本中第 i 種之個體數

N ：調查樣本之所有個體數

其分配的均勻度指數(Evenness index)公式為 $E = H/H_{max}$ ； $H_{max} = \ln S$

(4)生態棲位寬度及生態棲位重疊度分析

為瞭解兩棲類物種對於各種棲地類型利用的廣泛程度，以 2008 年及 2009 年二年之生物多樣性熱點之兩棲類資料為基礎作為分析，以 Levins (1968) 所推導生態棲位寬度來表示。其公式如下：

$$B_i = 1 / \sum_{j=1}^n P_{ij}^2 \quad B_i : i \text{ 物種的生態棲位寬度}$$

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)推導之生態棲位重疊度表示，公式如下：

$$\alpha_{yx} = \left(\sum_{j=1}^n P_{xj} \times P_{yj} \right) / \left(\sqrt{\sum_{j=1}^n P_{xj}^2 \times P_{yj}^2} \right)$$

α_{yx} ：x 與 y 物種間的生態棲位重疊度

$P_{xj \text{ or } yj}$ ：x(or y)物種於所有棲地類型中，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。

三、兩棲類資源調查結果分析

3.1 志工調查資料分佈概況

為瞭解台灣兩棲類在全台各地區的分佈現況，本計畫依照行政院農委會林務局自然資源與生態資料庫的 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格資料，將台灣劃分為 36,713 個網格(不包含外島地區)，利用 ESRI ArcMap 軟體將各調查樣區與網格系統結合，以瞭解各蛙種在全台的網格分佈現況。同時，為加強高海拔山區之有尾目兩棲類的調查工作，易於本年度成立高海拔兩棲類調查志工隊，專職進行有尾目兩棲類的調查工作。

本次研究資料來自兩大類的調查資料，主要分析資料為兩棲類調查志工團隊在 2001 年至 2009 年 10 月間所登錄的調查資料及東華大學兩棲類保育研究室歷年野外調查資料，其他調查資料則為賞蛙情報網、青蛙小站的回報資料(表 3-1)，總計台灣兩棲類資源調查資訊網與東華大學兩棲類保育研究室歷年野外調查資料(2001 年至 2009 年 10 月共計 40,405 筆資料；2001 年至 2008 年為 34,797 筆資料、2009 年至 10 月為止有 5,608 筆有效資料)、台灣賞蛙情報網與青蛙小站討論區(2008 年 266 筆資料)等蛙種網格分佈點資料，因部分團隊調查到相同的網格，因此累計網格為 1299 個網格具有蛙類分佈的資料，佔全島所有網格比例 3.54%(1299/36173)。以個別縣市來看，基隆市有調查資料的網格比例最高(18.12%，27/149)，苗栗縣有調查資料的網格比例最低(0.33%，6/1829)，平均每縣市有調查資料的網格比例為 $3.96\% \pm 4.77$ 。本年度新增 173 個調查網格中，以台北縣市(26 個)、南投縣(20 個)、台南縣市(17 個)、台東縣(13 個)、宜蘭縣(12 個)新增的網格最多(表 3-2)。

為瞭解兩棲類調查志工之監測樣點選區是否與鳥類監測子計畫樣點有相重疊處，以作為後續物種共同監測之參考。本計畫將各縣市兩棲類調查志工之網格與台灣大學鳥類監測計畫之網格相套疊，由於鳥類監測之網格多以鳥類相完整之各級保護區作為優先調查區域，並依海拔高度、植被型態等資訊作為網格挑選的依據，而兩棲類調查之網格多為志工團隊所在之鄰近區域，且以低海拔地區居多；因此，在 489 個鳥類監測網格內，僅有 62 處與兩棲類調查監測網格相重疊。其中，在重疊網格中有 29 處位於花蓮縣中橫公路台八線路段(表 3-3)。此結果顯示，若未來需建立兩棲類與鳥類的物種族群變化之監測樣區，中橫公路應可作為

長期共同監測的參考樣區。

表3-1 各團隊於各年度所建置之調查資料筆數表

地區	團隊名稱	年度		總計	
		2009	2001-2008		
北區	台北新生呱呱叫	60		60	
	台北牡丹心志工隊	170		170	
	台北小雨蛙	211	549	760	
	台北關渡自然公園蛙蛙小組	83		83	
	基隆烏會	136	141	277	
	基隆綠自然工作小站	318	144	462	
	桃園藍鵲家族	226		226	
	桃園白石團隊	100	142	242	
	桃園光華國小		1361	1361	
	桃園百吉國小	278	1803	2081	
	桃園長興國小		2746	2746	
	桃園高坡國小		364	364	
	桃園蚵間國小		1881	1881	
	桃園德龍國小		1097	1097	
	新竹大眼蛙	58	43	101	
	新竹荒野	632	531	1163	
	新竹深井社區	49	118	167	
	中區	台中烏榕頭	154	180	334
		台中蛙哇哇		147	147
雲林幽情谷		89	27	116	
西螺自然讀書會			311	311	
南投新豐			248	248	
彰化蛙蛙蛙		84	53	137	
南區		嘉義阿里山導覽志工隊	146	430	576
	台南楠螢		135	135	
	台南真理大學		1200	1200	
	台南龍崎小隊	120	127	247	
	台南昕佑景安小隊	343		343	
	台南荒野	54		54	
	高雄法布爾	26	70	96	
	高雄母樹林		39	39	
	高雄烏會		258	258	
	高雄龍肚卡蛙依	107		107	
	屏東許我一個生態地球團隊	351	146	497	
	屏科大社區林業研究室團隊	197	307	504	
	東區	宜蘭李佳翰	551	280	831
東華大學兩棲類保育研究室		637	14505	15142	
花蓮烏會			929	929	
台東日昇		402	1571	1973	
台東三間			886	886	
台東烏會			581	581	
台東延平			418	418	
台東萬安			1029	1029	
台東利嘉生態農場		26		26	
其他		賞蛙情報網、青蛙小站		266	266
		總計	5608	35063	40671

表 3-2 各縣市調查網格數佔各縣市網格比例表

縣市別	2001-2008 調查網格數	2009 新增	2001-2009 調查網格數	總網格	比例
基隆市	17	10	27	149	18.12%
花蓮縣	436	5	441	4652	9.48%
台東縣	321	13	334	3686	9.06%
桃園縣	100	9	109	1240	8.79%
台南縣市	73	17	90	2288	3.93%
台北縣市	30	26	56	2399	2.33%
嘉義縣市	34	9	43	2036	2.11%
新竹縣市	15	10	25	1530	1.63%
彰化縣	9	9	18	1127	1.60%
宜蘭縣	16	12	28	2249	1.24%
台中縣市	15	9	24	2232	1.08%
屏東縣	19	11	30	2871	1.04%
高雄縣市	20	9	29	2995	0.97%
雲林縣	11	2	13	1345	0.97%
南投縣	6	20	26	4085	0.64%
苗栗縣	4	2	6	1829	0.33%
總計	1126	173	1299	36713	3.54%

表 3-3 各縣市兩棲類調查志工與台灣大學鳥類監測計畫之調查網格重疊程度

縣市	台灣大學鳥類監測網格	與兩棲類志工調查重複網格數
基隆市	0	0
台北縣市	38	0
桃園縣	10	3
新竹縣	8	1
苗栗縣	25	0
台中縣市	39	3
彰化縣	7	0
雲林縣	7	1
嘉義縣市	23	2
台南縣市	24	7
高雄縣市	45	2
屏東縣	44	0
南投縣	67	3
宜蘭縣	13	2
花蓮縣	113	29
台東縣	26	9
總計	489	62

3.2 兩棲類分佈概況

(1) 蛙種總豐度

2001 年至 2009 年志工調查網格共 1299 格，平均每網格有 5.64 ± 3.82 種，網格內出現最高物種數為 19 種，最低為 1 種。本年度亦完整調查全台灣 32 種無尾目兩棲類之分佈情況，另增加高海拔地區之 5 種有尾目兩棲類的調查工作。在歷年的兩棲類網格分佈上，出現最高物種數的網格位於台北縣新店市四崁水(19 種，保育類 3 種，特有種 7 種)，為低海拔闊葉林，僅有輕微人為干擾的環境。

(2) 保育類與特有種

依據 2008 年行政院農業委員會公告新修訂保育類名錄，無尾目蛙類共計 7 種，分別為：赤蛙科的金線蛙、台北赤蛙、豎琴蛙，樹蛙科的台北樹蛙、翡翠樹蛙、橙腹樹蛙、諸羅樹蛙；有尾目山椒魚共計 5 種，分別為台灣山椒魚、阿里山山椒魚、楚南氏山椒魚、南湖山椒魚、觀霧山椒魚。台灣特有種兩棲類，蛙類共有 10 種特有種，分別為：蟾蜍科的盤古蟾蜍；赤蛙科的梭德氏赤蛙、斯文豪氏赤蛙，樹蛙科的褐樹蛙、面天樹蛙、諸羅樹蛙、橙腹樹蛙、莫氏樹蛙、翡翠樹蛙、台北樹蛙；有尾目山椒魚共計 5 種，分別為台灣山椒魚、阿里山山椒魚、楚南氏山椒魚、南湖山椒魚、觀霧山椒魚。

分析 2001 年至 2009 年保育類物種分佈情形，每個網格保育類種數最多 3 種，平均每網格 0.19 ± 0.52 種保育類；2001 年至 2008 年平均每個網格保育類為 0.18 ± 0.48 種，而 2009 年平均每個網格有保育類 0.28 ± 0.54 種。2001 年至 2009 年特有種物種分佈情況，每個網格特有種最多為 7 種，平均每網格 1.60 ± 1.60 種特有種；2001-2008 年平均每個網格有特有種 1.54 ± 1.56 種，2009 年平均每個網格有特有種 1.80 ± 1.72 種。根據上述結果，2009 年所調查到的保育類、特有種均有所增加，此結果與本年度新增加 5 種特有種、保育類有尾目物種之調查，並依照歷年調查資料增加兩棲類調查志工團隊在特有種、保育類蛙類生物多樣性熱點之調查有關。

根據歷年的調查結果統計從各保育類物種的分佈情況顯示：金線蛙零星分佈於台灣全島平地，在台北縣市、桃園縣、新竹縣市、台中縣市、南投縣市、嘉義縣市、台南縣市、屏東縣、花蓮縣、台東縣等 10 個縣市區域均有發現。台北赤蛙侷限分佈於台灣西部地區，僅在台北縣、桃園縣、台南縣級屏東縣等四個縣市區域有發現。豎琴蛙僅分佈於南投蓮花池、桃園北橫山區等二處。台北樹蛙侷限

分佈於西部南投以北地區，分佈於基隆市、台北縣市、桃園縣、新竹縣市、苗栗縣、宜蘭縣等 6 個縣市。翡翠樹蛙侷限分佈於台灣北部地區，出現在台北縣市、宜蘭縣、桃園縣等 3 個縣市區域。橙腹樹蛙侷限分佈在台灣全島山區，宜蘭福山、台東利嘉等地具有較多的族群量。諸羅樹蛙的原分佈區域侷限在雲嘉南地區，但在志工團隊的調查中，已在台北縣新店市、台北縣新莊市、宜蘭縣員山鄉發現其個體，顯示諸羅樹蛙遭人為捕捉及野放的情況頗為嚴重。阿里山山椒魚主要分佈於阿里山及玉山山系，往南達北大武山，海拔高度介於於 1,800 至 3,650 公尺之間。台灣山椒魚在中央山脈(南由能高山最北至雲稜山莊)及雪山山脈南段(最北至伊澤山)都有記錄，海拔高度介於 2,100 至 3,000 公尺之間。楚南氏山椒魚主要分佈於於中央山脈之合歡山及奇萊山山系一帶，海拔高度介於 2,600 至 3,100 公尺。觀霧山椒魚主要於分佈於雪山山脈北段及鄰近區域，海拔高度介於 1,300 至 1,720 公尺。南湖山椒魚僅侷限分佈於南湖大山鄰近區域，海拔高度介於 3,000 至 3,500 公尺。

3.3 各縣市兩棲類調查資料分析

(1) 各縣市志工兩棲類調查完成率分析

整理 2001 年至 2009 年台灣兩棲類資源調查資訊網、東華大學兩棲類保育研究室歷年野外調查資料與賞蛙情報網、青蛙小站討論區蛙種分佈資料，列出各縣市有調查到的蛙種，並與行政院農委會特有生物保育中心野生動物資料庫(2009 年 3 月更新)及林春富(2009,私人通訊)之蛙種資料進行比較(表 3-4)，一個星號(*)為特生中心無記錄，但志工有調查到的蛙種；兩個星號(**)為特生中心有記錄，志工尚未調查到的蛙種。

統計兩棲類調查志工與特生中心皆有調查的縣市資料顯示，兩者所調查到的蛙種差異不大，顯示目前的志工組織及相關網頁的蛙種回報系統所調查之網格已能涵蓋各縣市大部分的蛙種。為更確認統計、分析各縣市經有系統培訓的兩棲類調查志工團隊之逐年累計蛙種調查完成率，即志工團隊需至少進行多少年的長期監測才可含括該縣市所有蛙種的分佈資料。本計畫以行政院農委會特有生物保育中心野生動物資料庫及林春富(2009,私人通訊)的蛙種資料為基礎，統計 2006 年至 2009 年間兩棲類資源調查資訊網內各年度、各縣市之志工團隊累計蛙種調查完成率(表 3-5)。結果顯示：在可相互比對資料的 14 個縣市區域中，第一年之累計蛙種調查完成率，僅台南縣市<50%(41%)，其餘各縣市區域均可達 60% 以上；

至第二年的所累計蛙種調查完成率均達 75% 以上，有 13 個縣市區域達到近 90% (2 個縣市區域達到 100% 的調查完成率)；若志工團隊持續調查三年以上 (9 個縣市區域)，有 2 個縣市區域達到 100% 的完成率，其餘 7 個縣市區域也達近 90% 的完成率。此結果可說明：運用各縣市的調查志工團隊進行兩棲類資源調查時，可採以二至三年為基準之長期監測調查，便可含括各縣市區域之大部分的蛙種資料，但仍須配合生物多樣性熱點之監測調查，以含括各縣市區域的所有蛙種。如此，才具有足夠的長期野外調查資料，有助於建立監測模式及族群分佈預測模式。

(2) 各縣市兩棲類群聚組成、物種豐度比較及生物多樣性指數

分析 2008 年與 2009 年間各縣市兩棲類 (以無尾目為分析基礎) 組成，及豐度、生物多樣性指數之變化顯示 (表 3-6)：

在 2008 年及 2009 年均有調查資料的 15 個縣市區域中，物種豐度上以台北縣市 (24 種) 最高，屏東縣及宜蘭縣 (23 種)、南投縣 (22 種)、台南縣市 (21 種) 次之，彰化縣 (9 種) 最少；而二年間之各縣市區域之物種豐度雖有增有減 (8 個縣市區域豐度增加、1 個縣市區域持平、6 個減少)，此結果應與各縣市調查志工團隊因加入、退出而變更調查樣區有關。若以未變動縣市區域內志工團隊數量之新竹縣市、台中縣市、彰化縣、雲林縣、屏東縣、宜蘭縣等 6 個縣市區域為對象，分析二年間物種豐度的變化情況，結果顯示：除宜蘭縣減少 (2008 年的 22 種減為 2009 年的 21 種)、彰化縣 (9 種) 不變外，其餘 4 個縣市區域或因志工團隊新增調查樣點、或因增加生物多樣性熱點之調查工作使得各縣市所調查到之物種豐度有所增加。

從 15 個縣市區域 2008 年與 2009 年之生物多樣性均勻度指數比較結果，均勻度指數介於 0.62~0.92 之間。其中，除雲林縣因 2008 年與 2009 年樣本數差異過大，高雄縣因 2008 年在扇平森林遊樂區記錄到拉都希氏赤蛙大量發生的情況，致使二年間之生物多樣性均勻度指數有巨大改變外，各縣市之生物多樣性均勻度指數均無明顯的消長。

表 3-4 各網路資料回報系統與特生中心調查蛙種比較

縣市	志工調查蛙種	特生調查蛙種
台北縣市	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾
	小雨蛙	小雨蛙
	古氏赤蛙	古氏赤蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	長腳赤蛙	長腳赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	腹斑蛙	腹斑蛙
	澤蛙	澤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	金線蛙	金線蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	台北赤蛙	台北赤蛙
	牛蛙	牛蛙
	台北樹蛙	台北樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	艾氏樹蛙	艾氏樹蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	翡翠樹蛙	翡翠樹蛙
	橙腹樹蛙	橙腹樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
	諸羅樹蛙*	
	基隆市	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	
	中國樹蟾	
	小雨蛙	
	古氏赤蛙	
	拉都希氏赤蛙	
	長腳赤蛙	
	貢德氏赤蛙	
	斯文豪氏赤蛙	
	腹斑蛙	
	牛蛙	
	澤蛙	
	虎皮蛙	
	台北樹蛙	
	白領樹蛙	
	艾氏樹蛙	
	面天樹蛙	
	莫氏樹蛙	
	褐樹蛙	

表 3-4(續) 各網路資料回報系統與特生中心調查蛙種比較

縣市	志工調查蛙種	特生調查蛙種
桃園縣	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	小雨蛙	小雨蛙
	中國樹蟾	中國樹蟾
	古氏赤蛙	古氏赤蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	長腳赤蛙	長腳赤蛙
	金線蛙	金線蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	腹斑蛙	腹斑蛙
	澤蛙	澤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	牛蛙	牛蛙
	台北赤蛙	台北赤蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
	台北樹蛙	台北樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	艾氏樹蛙	艾氏樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	翡翠樹蛙	翡翠樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
	豎琴蛙*	
	橙腹樹蛙*	
	新竹縣市	盤古蟾蜍
黑眶蟾蜍		黑眶蟾蜍
中國樹蟾		中國樹蟾
小雨蛙		小雨蛙
古氏赤蛙		古氏赤蛙
虎皮蛙		虎皮蛙
金線蛙		金線蛙
拉都希氏赤蛙		拉都希氏赤蛙
貢德氏赤蛙		貢德氏赤蛙
斯文豪氏赤蛙		斯文豪氏赤蛙
長腳赤蛙		長腳赤蛙
梭德氏赤蛙		梭德氏赤蛙
澤蛙		澤蛙
日本樹蛙		日本樹蛙
台北樹蛙		台北樹蛙
白領樹蛙		白領樹蛙
艾氏樹蛙		艾氏樹蛙
面天樹蛙		面天樹蛙
褐樹蛙		褐樹蛙
莫氏樹蛙		莫氏樹蛙
		腹斑蛙**
		牛蛙**

表 3-4(續) 各網路資料回報系統與特生中心調查蛙種比較

縣市	志工調查蛙種	特生調查蛙種
苗栗縣	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾
	小雨蛙	小雨蛙
	古氏赤蛙	古氏赤蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	金線蛙	金線蛙
	長腳赤蛙	長腳赤蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	澤蛙	澤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	台北樹蛙	台北樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
		艾氏樹蛙**
		日本樹蛙**
	腹斑蛙**	
台中縣市	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾
	小雨蛙	小雨蛙
	黑蒙西氏小雨蛙	黑蒙西氏小雨蛙
	史丹吉氏小雨蛙	史丹吉氏小雨蛙
	巴氏小雨蛙	巴氏小雨蛙
	古氏赤蛙	古氏赤蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	腹斑蛙	腹斑蛙
	澤蛙	澤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	艾氏樹蛙	艾氏樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
	貢德氏赤蛙*	長腳赤蛙**
金線蛙*	橙腹樹蛙**	
牛蛙*		

表 3-4(續) 各網路資料回報系統與特生中心調查蛙種比較

縣市	志工調查蛙種	特生調查蛙種
彰化縣	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	小雨蛙	小雨蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	澤蛙	澤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
	中國樹蟾*	金線蛙**
	腹斑蛙*	黑蒙西氏小雨蛙**
	莫氏樹蛙*	盤古蟾蜍**
		斑腿樹蛙**
雲林縣	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾
	小雨蛙	小雨蛙
	史丹吉氏小雨蛙	史丹吉氏小雨蛙
	黑蒙西氏小雨蛙	黑蒙西氏小雨蛙
	古氏赤蛙	古氏赤蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	腹斑蛙	腹斑蛙
	澤蛙	澤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	艾氏樹蛙	艾氏樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
	諸羅樹蛙	諸羅樹蛙
巴氏小雨蛙*		
金線蛙*		
南投縣	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾
	小雨蛙	小雨蛙
	黑蒙西氏小雨蛙	黑蒙西氏小雨蛙
	史丹吉氏小雨蛙	史丹吉氏小雨蛙*
	古氏赤蛙	古氏赤蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	長腳赤蛙	長腳赤蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	金線蛙	金線蛙
	澤蛙	澤蛙
	腹斑蛙	腹斑蛙
	豎琴蛙	豎琴蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙

表 3-4(續) 各網路資料回報系統與特生中心調查蛙種比較

縣市	志工調查蛙種	特生調查蛙種
南投縣	台北樹蛙	台北樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	艾氏樹蛙	艾氏樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
		巴氏小雨蛙**
	牛蛙**	
嘉義縣市	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾
	小雨蛙	小雨蛙
	黑蒙西氏小雨蛙	黑蒙西氏小雨蛙
	史丹吉氏小雨蛙	史丹吉氏小雨蛙
	古氏赤蛙	古氏赤蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	澤蛙	澤蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	艾氏樹蛙	艾氏樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
	諸羅樹蛙	諸羅樹蛙
	金線蛙*	巴氏小雨蛙**
台南縣市	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾
	小雨蛙	小雨蛙
	黑蒙西氏小雨蛙	黑蒙西氏小雨蛙
	史丹吉氏小雨蛙	史丹吉氏小雨蛙
	巴氏小雨蛙	巴氏小雨蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	澤蛙	澤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	金線蛙	金線蛙
	台北赤蛙	台北赤蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
	諸羅樹蛙	諸羅樹蛙
	花狹口蛙*	古氏赤蛙**
斯文豪氏赤蛙*	艾氏樹蛙**	
高雄縣市	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾

表 3-4(續) 各網路資料回報系統與特生中心調查蛙種比較

縣市	志工調查蛙種	特生調查蛙種
高雄縣市	小雨蛙	小雨蛙
	黑蒙西氏小雨蛙	黑蒙西氏小雨蛙
	巴氏小雨蛙	巴氏小雨蛙
	史丹吉氏小雨蛙	史丹吉氏小雨蛙
	花狹口蛙	花狹口蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	澤蛙	澤蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	艾氏樹蛙	艾氏樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
		金線蛙**
	梭德氏赤蛙**	
	古氏赤蛙**	
屏東縣	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	小雨蛙	小雨蛙
	史丹吉氏小雨蛙	史丹吉氏小雨蛙
	黑蒙西氏小雨蛙	黑蒙西氏小雨蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	金線蛙	金線蛙
	澤蛙	澤蛙
	台北赤蛙	台北赤蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
褐樹蛙	褐樹蛙	
艾氏樹蛙	艾氏樹蛙	
橙腹樹蛙	橙腹樹蛙	
花狹口蛙*	巴氏小雨蛙**	
海蛙*	腹斑蛙**	
橙腹樹蛙*	牛蛙**	
宜蘭縣	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾
	小雨蛙	小雨蛙
	古氏赤蛙	古氏赤蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	長腳赤蛙	長腳赤蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	腹斑蛙	腹斑蛙
	澤蛙	澤蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
台北樹蛙	台北樹蛙	
白領樹蛙	白領樹蛙	

表 3-4(續) 各網路資料回報系統與特生中心調查蛙種比較

縣市	志工調查蛙種	特生調查蛙種
宜蘭縣	艾氏樹蛙	艾氏樹蛙
	面天樹蛙	面天樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
	翡翠樹蛙	翡翠樹蛙
	橙腹樹蛙	橙腹樹蛙
	牛蛙*	
	諸羅樹蛙*	
花蓮縣	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾
	小雨蛙	小雨蛙
	黑蒙西氏小雨蛙	黑蒙西氏小雨蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	金線蛙	金線蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	腹斑蛙	腹斑蛙
	澤蛙	澤蛙
	牛蛙	牛蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	艾氏樹蛙	艾氏樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
	橙腹樹蛙*	古氏赤蛙**註1
	面天樹蛙**註1	
	長腳赤蛙**註1	
台東縣	盤古蟾蜍	盤古蟾蜍
	黑眶蟾蜍	黑眶蟾蜍
	中國樹蟾	中國樹蟾
	小雨蛙	小雨蛙
	黑蒙西氏小雨蛙	黑蒙西氏小雨蛙
	史丹吉氏小雨蛙	史丹吉氏小雨蛙
	拉都希氏赤蛙	拉都希氏赤蛙
	貢德氏赤蛙	貢德氏赤蛙
	斯文豪氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙
	虎皮蛙	虎皮蛙
	金線蛙	金線蛙
	梭德氏赤蛙	梭德氏赤蛙
	腹斑蛙	腹斑蛙
	澤蛙	澤蛙
	牛蛙	牛蛙
	日本樹蛙	日本樹蛙
	白領樹蛙	白領樹蛙
	艾氏樹蛙	艾氏樹蛙
	莫氏樹蛙	莫氏樹蛙
	褐樹蛙	褐樹蛙
橙腹樹蛙	橙腹樹蛙	
	巴氏小雨蛙**	
	古氏赤蛙**註2	
	面天樹蛙**註2	

註:

- 1.特生中心在花蓮縣多調查古氏赤蛙、面天樹蛙及長腳赤蛙，經研究團隊長期調查結果，確認花蓮縣無此三種蛙類分佈。
- 2.特生中心在台東縣多調查的古氏赤蛙、面天樹蛙，經研究團隊長期調查結果，確認台東縣無此二種蛙類的分佈。

表 3-5 2006 年至 2009 年間各縣市志工團隊累計蛙種調查完成率

縣市區域	第一年	第二年	第三年	第四年
	累計蛙種調查 完成率	累計蛙種調查 完成率	累計蛙種調查 完成率	累計蛙種調查 完成率
台南縣市	41%	95%	95%	105%
彰化縣	67%	75%		
高雄縣市	68%	82%	86%	
台中縣市	68%	86%	105%	
南投縣	73%	81%	92%	
桃園縣	75%	88%		
宜蘭縣	77%	100%	105%	
新竹縣市	82%	86%		
屏東縣	83%	91%		
台北縣市	84%	84%	88%	104%
花蓮縣	84%	84%	89%	89%
嘉義縣市	90%	95%		
台東縣	91%	91%	91%	91%
雲林縣	95%	95%	105%	

註：本資料比值=縣市區域之志工團隊逐年度累計調查蛙種數/特生中心調查之蛙種數

表 3-6 2008 及 2009 年各縣市蛙種調查隻次、豐度及生物多樣性均勻度指數分析表

縣市/年 物種	基隆市		台北縣市		桃園縣		新竹縣市		台中縣市		南投縣		彰化縣		雲林縣	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
盤古蟾蜍	30	40	17	45	64	136	62	23	147	47	18	120				
黑眶蟾蜍	125	109	9	222	12	13	191	238	152	25	35	10	60	164		38
小雨蛙	39	38	10	303	1	8	186	210	224	55	85	20	22	24	3	165
黑蒙西氏小雨蛙									114	18	158	15				5
巴氏小雨蛙																
史丹吉氏小雨蛙										370	55					4
花狹口蛙																
中國樹蟾	67	4	19	124		1	9	4	43	73		15	3	6		6
日本樹蛙			19	44	20	25	134	77	106	42	48	15				10
艾氏樹蛙	29	16	29	20	5	29	13	33	3		34	18				
面天樹蛙	59	100	107	95	142	326	225	463	187	113	191	55			8	80
褐樹蛙	16	45	1	86	3	65	30	97	42	40	1					1
白領樹蛙	28	16	43	59	36	66	66	60	59	14	8	6	2	12	4	7
莫氏樹蛙	2	3	4		2	39			48	12	24	59				4
台北樹蛙	34	23	19	91	17	146	59	30			3	15				
諸羅樹蛙				4												112
翡翠樹蛙			36	37		14										
橙腹樹蛙																
台北赤蛙				100												
豎琴蛙											25	16				
腹斑蛙	3	23	139	101	28	86			27	20	142	24	13	11		
拉都希氏赤蛙	48	56	56	200	64	211	452	351	315	75	59	28	6	23	11	52
長腳赤蛙	2	2		21	17	24	16	9								
梭德氏赤蛙							127	231	67	88						8
金線蛙				20			13	81		1	29	25				
貢德氏赤蛙	46	25	11	271	1	27	138	135	51	34	40	20	45	58	4	39
古氏赤蛙	23	21	36	107	14	94	170	159	124	4	48	11				
澤蛙	33	55	24	338	17	46	188	304	33	33	85		23	33		29
海蛙																
虎皮蛙	1			12	2	4		1		6	6		1	6	2	3
斯文豪氏赤蛙	31	64	3	65	15	233	62	61	1		7	15				2
牛蛙	1			9								50				
調查總隻次	617	640	582	2374	460	1593	2141	2567	1743	1070	1101	537	175	337	32	565
種數	19	17	18	23	18	19	18	19	18	19	21	19	9	9	6	17
均勻度指數	0.87	0.89	0.84	0.87	0.78	0.84	0.87	0.85	0.88	0.79	0.86	0.89	0.77	0.74	0.91	0.74

表 3-6 (續) 2008 及 2009 年各縣市蛙種調查隻次、豐度及生物多樣性均勻度指數分析表

縣市/年 物種	嘉義縣市		台南縣市		高雄縣市		屏東縣		宜蘭縣		花蓮縣		台東縣	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
盤古蟾蜍	688	29	29		12	1	85	26	155	199	210	207	22	33
黑眶蟾蜍	1	19	134	588	53	56	611	324	40	247		14	126	410
小雨蛙			200	497	136	48	451	830	115	163	11	11	100	204
黑蒙西氏小雨蛙	81	23	140	55	324	67	61	106				44	96	110
巴氏小雨蛙			31	42	51	1								
史丹吉氏小雨蛙			50		4	2		2						
花狹口蛙				46			3	14						
中國樹蟾				25	7		319		97	146				
日本樹蛙	133	187	318	8	39	1		582	175	245	1177	842	191	450
艾氏樹蛙	482	73					21	35	288	403	69	220		1
面天樹蛙	184	62	66		45	23	54	2	764	462				
褐樹蛙	16	8	193		2	11	171	173	160	330	594	176	16	4
白領樹蛙	13		96	13	162	12	79	1002	6	105	103	84	22	89
莫氏樹蛙	158	35	11		44		23	8	138	139	137	284	1	14
台北樹蛙									14	113				
諸羅樹蛙			27	103					26					
翡翠樹蛙									59	50				
橙腹樹蛙									14					
台北赤蛙								3						
豎琴蛙														
腹斑蛙									178	104	28	46		19
拉都希氏赤蛙	766	261	348	109	1120	139	187	162	94	327	180	295	118	190
長腳赤蛙									2	52				
梭德氏赤蛙	35		14				55		216	22	5	6		
金線蛙	1						239	124						5
貢德氏赤蛙		3	43	151	92	80	21	11	116	162	22	41		
古氏赤蛙	21	6							45	52				
澤蛙	11	4	61	238	29	33	270	380	79	258	8	30	23	65
海蛙							40	28						
虎皮蛙			8	18	19		45	106		2		1		13
斯文豪氏赤蛙	256	52	39		33	11	154	78	129	152	706	376	14	21
牛蛙								1						
調查總隻次	2846	762	1808	1893	2172	485	2889	3997	2910	3733	3250	2677	729	1628
種數	15	13	18	13	17	14	19	21	22	21	13	16	11	15
均勻度指數	0.73	0.75	0.85	0.75	0.62	0.78	0.84	0.72	0.84	0.92	0.70	0.77	0.82	0.73

3.4 兩棲類生物多樣性熱點之挑選

運用 ArcGIS 9.0 軟體為操作平台，以賞蛙情報網、青蛙小站討論區、2001 年至 2008 年之東華大學兩棲類保育研究室歷年調查資料與志工調查資料、2006 年至 2009 年之兩棲類資源調查資訊網等兩棲類調查資料為基礎，挑選各縣市生物多樣性熱點。

根據楊懿如等(2009a、2009b)以 2008 年為止之兩棲類調查資料為基礎，運用物種豐度法挑選各縣市蛙類分佈熱點上，考量各縣市熱點的種豐度標準，各縣市的標準介於 6-14 種之間，以 12 種為眾數，可挑選出 104 個熱點；各縣市挑選的熱點網格數介於 1-42 格之間。由於採用種豐度較高的地方為熱點，因此除了台中縣、雲林縣、台東縣外，其餘 14 個縣市所選取的熱點並未涵蓋該縣市所有的蛙種。以互補法挑選各縣市蛙類分佈熱點上，則可挑選出 76 個熱點，每一縣市挑選的網格數介於 2-7 格之間，但互補法挑選之熱點變異性大，而且選取到的部份熱點物種數偏低。依照物種豐度法與互補法等二種不同方法挑選生物多樣性熱點結果顯示，所挑選出來的熱點在空間分佈上有所差異。

因此，本研究運用地理資訊系統結合物種豐度法與互補法等二種挑選方法，分析至 2009 年為止之兩棲類調查資料，挑選出兩棲類的生物多樣性熱點。先以物種豐度法選出第一批的熱點，再找出第一批熱點中未涵蓋到的物種，而從剩下的網格中用互補法觀念挑選熱點，直到各縣市第一批熱點未涵蓋到的物種都被挑選完畢，這些使用互補法挑選的熱點為第二批的熱點，綜合這兩批的熱點就是兩種方法搭配使用所選出的各縣市熱點。使用此方法挑選的熱點除了包含了物種豐度高的區域，也涵蓋了該區域所有的物種。

再者，可依照縣市及全島等二種不同尺度所挑選生物多樣性熱點，作為不同監測目的之調查網格。依照物種豐度法與互補法所挑選出的全島尺度網格，可作為永久監測樣區，以長期監測兩棲類族群變化趨勢，做為生物多樣性的監測標的；而以縣市尺度利用物種豐度法與互補法所挑選出的生物多樣性熱點，則可作為各縣市地區挑選調查樣區的準則，凡新增之調查樣區符合各縣市尺度生物多樣性熱點標準的樣區，均可作為各縣市長期監測兩棲類的樣點，以呈現各縣市區域兩棲類群聚組成與分佈現況。以下針對全島及縣市尺度所挑選出來生物多樣性熱點進行說明：

(1)兩棲類生物多樣性熱點—縣市尺度

運用物種豐度法搭配互補法選取各縣市蛙類生物多樣性熱點(選取結果如表 3-7)，共選取 187 個熱點。結果顯示在選取熱點的比例方面，以苗栗縣為最高，需從有調查資料的網格中挑選 100%(6/6)的網格，台南縣市(5.56%，5/90)、台東縣(5.99%，20/334)最低，平均每縣市需從有調查資料的網格中挑選 $30.78\% \pm 22.73$ 的網格為熱點。在選取熱點的個數方面，各縣市挑選的網格數介於 3-46 格之間。

(2)兩棲類生物多樣性熱點—全島尺度

各縣市的生物多樣性熱點尺度較小、數量較多，熱點所能涵蓋的物種數較少，適合各縣市志工持續監測調查。若進行台灣大尺度的保育規劃，則必須挑選尺度較大、熱點所能涵蓋物種數較多的地方，因此本研究運用物種豐度法搭配互補法的概念，挑選全島尺度的生物多樣性熱點。表 3-8 結果顯示台灣全島共計挑選 40 個生物多樣性熱點，物種數最低 3 種，最高 19 種，平均每個熱點物種數為 15.43 ± 2.42 種。

表 3-7 以各縣市尺度使用物種豐度法與互補法所選取之熱點數及涵蓋物種數

縣市	熱點數	每一熱點涵蓋蛙種數	每一熱點涵蓋山椒魚種數
基隆市	9	8-12	
台北縣市	12	3-19	1
桃園縣	9	6-19	1
新竹縣市	7	6-16	1
苗栗縣	6	1-8	1
台中縣市	8	9-15	1
彰化縣	8	2-8	
南投縣	12	2-15	1
雲林縣	3	13-16	
嘉義縣市	11	4-13	1
台南縣市	5	4-15	
高雄縣市	8	4-11	1
屏東縣	12	1-13	1
宜蘭縣	11	3-17	1
花蓮縣	46	7-17	1
台東縣	20	11-13	1
總計	187		

表 3-8 以全島尺度使用物種豐度法與互補法所選取之熱點數及涵蓋物種

縣市	鄉鎮	地點	物種數	保育種數	特有種數	盤古蟾蜍◎	黑眶蟾蜍	小雨蛙	黑蒙西氏小雨蛙	巴氏小雨蛙	史丹吉氏小雨蛙	花狹口蛙	中國樹蟾	日本樹蛙	艾氏樹蛙	面天樹蛙◎	褐樹蛙◎	白領樹蛙	莫氏樹蛙◎	台北樹蛙※◎	諸羅樹蛙※◎	翡翠樹蛙※◎	橙腹樹蛙※◎	台北赤蛙※	豎琴蛙※	腹斑蛙	拉都希氏赤蛙	長腳赤蛙	梭德氏赤蛙◎	金線蛙※	貢德氏赤蛙	古氏赤蛙	澤蛙	海蛙	虎皮蛙	斯文豪氏赤蛙◎	牛蛙					
台北縣	三芝鄉	三板橋	15	1	5	✓		✓				✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓						✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓						
台北縣	新店市	四崁水	19	3	7	✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓					
台北縣	瑞芳鎮	旭子上天	16	1	4	✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓					✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓					
桃園縣	龍潭鄉	高種山	17	2	4	✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓					
桃園縣	復興鄉	長興國小	16	2	4	✓		✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓					✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓					
桃園縣	大溪鎮	百吉國小	18	1	5	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓				
桃園縣	大溪鎮	石龜坑	18	2	7	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓				
新竹縣	北埔鄉	上大湖	16	2	6	✓		✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓				
台中縣	霧峰鄉	桐林村北坑溪	15	0	5	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓							✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓				
台中縣	東勢鎮	東勢林場	15	0	5	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓				
南投縣	魚池鄉	蓮華池	15	2	6	✓		✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓				
雲林縣	斗六市	樣子坑	16	1	5		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓				
台南縣	楠西鄉	梅嶺風景區	15	0	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓								✓							✓	✓	✓	✓	✓	✓				
屏東縣	佳冬鄉	佳冬農會	3	0	0		✓																											✓	✓							
屏東縣	內埔鄉	屏科大後山	11	0	2		✓	✓	✓			✓		✓	✓	✓	✓									✓								✓	✓							
宜蘭縣	員山鄉	福山植物園	14	3	7	✓						✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓				
宜蘭縣	員山鄉	雙連埤	20	2	7	✓		✓				✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
宜蘭縣	冬山鄉	新寮瀑布步道	19	2	8	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
宜蘭縣	頭城鎮	福德坑溪	15	2	7	✓	✓					✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
花蓮縣	富里鄉	安通溫泉	15	1	4	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓							✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
花蓮縣	吉安鄉、壽豐鄉、鳳林鎮、光復鄉	193 縣道北段沿線 19 點	18	1	4	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓							✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
花蓮縣	秀林鄉	白鮑溪	16	0	4	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓							✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		

註：※為保育類，◎為特有種

3.5 生態棲位寬度與生態棲位重疊度分析

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，求得其生態棲位寬度。而生態棲位寬度正可代表某一生物對於環境的耐受及適應能力，生態棲位重疊度則可用以估算在相同生態棲位尺度下，兩棲類的相對豐富程度 (Dash and Mahanta, 1993)。

本節係以 2008 年至 2009 年間各縣市尺度生物多樣性熱點之蛙類調查資料為基礎，分析二年間各蛙類空間(棲地)棲位寬度及空間(棲地)棲位重疊度。由於 2008 年至 2009 年已採用固定頻度(至少每季之 1 月、4 月、7 月、10 月調查一次)的調查方式，亦可分析二年間各蛙類時間(月份)棲位寬度及時間(月份)棲位重疊度。因資料來源以其生殖鳴叫為主，故兩棲類棲地利用類型及季節分佈亦針對其生殖季而言。

(1) 蛙類之微棲地利用棲位寬度與重疊度

生態棲位寬度

在全島所調查到的 32 種兩棲類，於各縣市尺度之生物多樣性熱點內調查到 29 種兩棲類，依其對於流動水域(<5m、>5m、山澗瀑布等微棲地)、水溝(水溝、水溝邊坡、乾溝等微棲地)、靜止水域(水域、岸邊、岸邊植物等微棲地)、暫時性水域(暫時性水域、暫時性水邊植物等微棲地)、樹林(喬木、灌叢、底層、樹洞等微棲地)、草地(短草、高草等微棲地)、開墾地(水田、竹林、旱田、果園、廢耕、住宅、車道、步道、空地、其他等微棲地)等不同微棲地類型的利用程度，分析各兩棲類物種的生態棲位寬度(表 3-9)。其中，以白領樹蛙的生態棲位最寬($B_i = 10.35$)，莫氏樹蛙($B_i = 9.65$)、澤蛙($B_i = 8.56$)、小雨蛙($B_i = 8.20$)次之，顯示白領樹蛙、莫氏樹蛙、澤蛙、小雨蛙等分布於各種不同的微棲地類型中；生態棲位最窄者為橙腹樹蛙($B_i = 1$)、豎琴蛙($B_i = 1.18$)、花狹口蛙($B_i = 1.80$)、古氏赤蛙($B_i = 1.84$)，顯示四者對於微棲地的利用，具有某些程度的專一性。但除古氏赤蛙具有較多調查隻次(493 隻次)外，橙腹樹蛙、豎琴蛙、花狹口蛙之調查隻次均不足 30，是以在空間棲位的分析結果尚不能完全反應其真實的微棲地利用情況。

白領樹蛙廣泛分布於全台灣中、低海拔地區，普遍分布於溪流、水溝、靜水域、樹林、開墾地等不同型態的棲地環境中，是以白領樹蛙具有最大的生態棲位，

古氏赤蛙則是本研究中生態棲位較小的兩棲類，古氏赤蛙常見於全島低海拔山區，屬水棲型蛙類。在本研究的野外調查分析結果中，古氏赤蛙對於對於水溝

環境的利用率頗高，在水溝的微棲環境內所調查到的古氏赤蛙佔總調查隻次的 72.6 %。

生態棲位重疊度

本研究以估算空間(棲地)棲位寬度的 29 種兩棲類，作為分析生態棲位重疊度的資料依據。結果顯示(表 3-10)，金線蛙與虎皮蛙 ($\alpha_{yx} = 0.97$)、翡翠樹蛙與橙腹樹蛙 ($\alpha_{yx} = 0.97$)、虎皮蛙與腹斑蛙 ($\alpha_{yx} = 0.94$)、翡翠樹蛙與艾氏樹蛙 ($\alpha_{yx} = 0.94$)、腹斑蛙與貢德氏赤蛙 ($\alpha_{yx} = 0.93$)、艾氏樹蛙與橙腹樹蛙 ($\alpha_{yx} = 0.93$) 等生態棲位重疊度較高；其中，台北樹蛙與花狹口蛙 ($\alpha_{yx} = 0.94$) 之生態棲位重疊度也很高，但台北樹蛙分佈於南投以北地區，而花狹口蛙則分佈在台南以南的地區，二者對於微棲地的利用上並無相重疊的可能。

從棲地利用的關係顯示，虎皮蛙、金線蛙、貢德氏赤蛙及腹斑蛙均以靜止水域(水域、岸邊、岸邊植物等微棲地)為主要的棲息地(虎皮蛙 70%、金線蛙 95%、貢德氏赤蛙 72%、腹斑蛙 77%)，屬共棲性的蛙種，是以四者具有較大的生態棲位重疊度。艾氏樹蛙、翡翠樹蛙、橙腹樹蛙同以樹林(喬木、灌叢、底層、樹洞等微棲地)為主要棲地類型(艾氏樹蛙 69%、翡翠樹蛙 72%、橙腹樹蛙 100%)，是以三者具有較大的生態棲位重疊度。

從平均生態棲位重疊度顯示：諸羅樹蛙、橙腹樹蛙與其他蛙種間的重疊度最低($\bar{\alpha}_{yx} = 0.08$)，顯示諸羅樹蛙、橙腹樹蛙之棲息環境與其他蛙種有很大的差異。根據諸羅樹蛙和其他兩棲類生態棲位重疊度的結果顯示，諸羅樹蛙與面天樹蛙的生態棲位重疊度是所有組合中最高 ($\alpha_{yx} = 0.75$)，其原因在於二者皆以樹林之灌叢為主要的微棲環境。而橙腹樹蛙僅出現在樹林之喬木微棲環境中，與同樣多出現在喬木的翡翠樹蛙及艾氏樹蛙的重疊度最高(分別為 $\alpha_{yx} = 0.97$ 、 $\alpha_{yx} = 0.93$)。

根據 Lin and Lue (2004) 的研究指出，若一物種具有較寬的生態棲位寬度，該物種與其共棲物種間也擁有較大的生態棲位重疊度。本研究之各物種平均生態棲位重疊度顯示，澤蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.44$)、拉都希氏赤蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.43$)、白領樹蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.40$) 與其他物種的生態棲位重疊度最大；而諸羅樹蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.08$)、橙腹樹蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.08$)、梭德氏赤蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.09$) 和其他物種的生態棲位重疊度最小。分析各物種生態棲位寬度 B_i 與平均生態棲位重疊度 $\bar{\alpha}_{yx}$ 間的相關性，結果顯示二者間具有顯著正相關 ($r = 0.578$, $df = 28$, $p < 0.01$)。

表 3-9 2008 年至 2009 年間生物多樣性熱點各兩棲類微棲地利用之生態棲位寬度
(括號內為各物種之調查隻次)

物種	生態棲位寬度
白領樹蛙	10.35(858)
莫氏樹蛙	9.65(873)
澤蛙	8.56(882)
小雨蛙	8.20(1771)
黑眶蟾蜍	7.06(1388)
盤古蟾蜍	6.40(652)
拉都希氏赤蛙	6.32(3403)
面天樹蛙	6.18(2424)
日本樹蛙	6.02(1587)
貢德氏赤蛙	4.98(507)
中國樹蟾	4.75(318)
斯文豪氏赤蛙	4.25(430)
黑蒙西氏小雨蛙	4.00(1024)
虎皮蛙	3.86(167)
史丹吉氏小雨蛙	3.57(591)
巴氏小雨蛙	3.57(63)
台北樹蛙	3.54(347)
腹斑蛙	3.18(641)
長腳赤蛙	3.08(58)
褐樹蛙	2.97(768)
梭德氏赤蛙	2.77(344)
諸羅樹蛙	2.71(203)
艾氏樹蛙	2.47(884)
翡翠樹蛙	2.33(102)
金線蛙	2.02(449)
古氏赤蛙	1.84(493)
花狹口蛙	1.80(3)
豎琴蛙	1.18(24)
橙腹樹蛙	1(14)
牛蛙	*
台北赤蛙	*
海蛙	*

*在生物多樣性熱點內未調查到之物種。

表 3-10 2008 年至 2009 年間生物多樣性熱點各兩棲類微棲地利用之生態棲位重疊度

物種	1-2-1	2-1-1	2-1-2	2-1-3	2-1-4	2-2-1	3-1-1	4-1-1	4-1-2	4-1-3	4-2-1	4-2-2	4-3-1	4-3-2	4-4-1	4-4-2	4-4-3	5-1-2	5-1-3	5-1-4	5-1-5	5-1-6	5-2-1	5-2-2	5-3-1	5-3-2	5-4-1	5-4-2	平均
1-1-1	0.73	0.19	0.13	0.13	0.06	0.19	0.05	0.32	0.01	0.20	0.33	0.25	0.19	0.22	0.00	0.05	0.00	0.09	0.22	0.49	0.23	0.45	0.24	0.24	0.13	0.38	0.27	0.22	0.22
1-2-1		0.37	0.15	0.30	0.08	0.07	0.09	0.27	0.03	0.17	0.24	0.55	0.42	0.18	0.01	0.08	0.00	0.23	0.60	0.72	0.39	0.24	0.72	0.60	0.13	0.71	0.72	0.14	0.31
2-1-1			0.89	0.80	0.36	0.14	0.57	0.20	0.04	0.25	0.05	0.67	0.47	0.26	0.01	0.10	0.00	0.34	0.46	0.49	0.27	0.03	0.38	0.55	0.22	0.71	0.03	0.12	0.31
2-1-2				0.73	0.28	0.08	0.52	0.16	0.02	0.23	0.04	0.34	0.24	0.16	0.00	0.05	0.00	0.18	0.21	0.25	0.12	0.04	0.13	0.26	0.12	0.45	0.25	0.13	0.21
2-1-3					0.16	0.00	0.70	0.09	0.01	0.17	0.04	0.65	0.23	0.15	0.01	0.03	0.00	0.57	0.55	0.49	0.09	0.00	0.41	0.71	0.08	0.60	0.49	0.02	0.28
2-1-4						0.15	0.13	0.37	0.06	0.19	0.03	0.31	0.45	0.30	0.00	0.11	0.00	0.23	0.25	0.25	0.18	0.02	0.08	0.19	0.23	0.41	0.21	0.15	0.18
2-2-1							0.00	0.52	0.00	0.12	0.09	0.20	0.24	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.44	0.81	0.10	0.00	0.11	0.88	0.35	0.09	0.35	0.21
3-1-1								0.06	0.15	0.22	0.01	0.40	0.15	0.03	0.19	0.09	0.03	0.00	0.02	0.09	0.04	0.01	0.00	0.29	0.01	0.31	0.06	0.00	0.15
4-1-1									0.01	0.13	0.80	0.27	0.27	0.60	0.01	0.03	0.00	0.09	0.20	0.45	0.58	0.34	0.08	0.20	0.62	0.40	0.19	0.42	0.26
4-1-2										0.19	0.03	0.16	0.18	0.01	0.42	0.94	0.93	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.01	0.11
4-1-3											0.07	0.37	0.77	0.20	0.75	0.17	0.03	0.09	0.10	0.18	0.13	0.06	0.04	0.13	0.11	0.22	0.09	0.42	0.20
4-2-1												0.13	0.09	0.12	0.01	0.04	0.03	0.07	0.07	0.21	0.12	0.35	0.03	0.11	0.14	0.11	0.09	0.23	0.13
4-2-2													0.70	0.40	0.10	0.24	0.12	0.60	0.77	0.76	0.42	0.06	0.64	0.86	0.31	0.82	0.26	0.32	0.40
4-3-1														0.38	0.43	0.23	0.04	0.30	0.42	0.47	0.34	0.06	0.33	0.43	0.29	0.57	0.43	0.41	0.33
4-3-2															0.01	0.02	0.00	0.24	0.35	0.63	0.85	0.11	0.15	0.32	0.94	0.52	0.75	0.46	0.32
4-4-1																0.23	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.08
4-4-2																	0.97	0.01	0.04	0.06	0.03	0.00	0.05	0.06	0.01	0.10	0.06	0.08	0.13
4-4-3																		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
5-1-2																			0.80	0.61	0.00	0.00	0.48	0.75	0.11	0.44	0.57	0.02	0.24
5-1-3																				0.87	0.39	0.02	0.89	0.93	0.28	0.81	0.94	0.09	0.36
5-1-4																					0.68	0.13	0.76	0.85	0.59	0.88	0.84	0.29	0.43
5-1-5																						0.12	0.40	0.37	0.90	0.67	0.45	0.44	0.31
5-1-6																							0.00	0.09	0.16	0.12	0.06	0.10	0.09
5-2-1																								0.83	0.12	0.80	0.97	0.04	0.30
5-2-2																									0.26	0.83	0.89	0.09	0.38
5-3-1																										0.49	0.22	0.39	0.27
5-3-2																											0.87	0.26	0.44
5-4-1																												0.08	0.34
5-4-2																													0.19

註：1-1-1 盤古蟾蜍、1-2-1 黑眶蟾蜍、2-1-1 小雨蛙、2-1-2 黑蒙西氏小雨蛙、2-1-3 巴氏小雨蛙、2-1-4 史丹吉氏小雨蛙、2-2-1 花狹口蛙、3-1-1 中國樹蟾、4-1-1 日本樹蛙、4-1-2 艾氏樹蛙、4-1-3 面天樹蛙、4-2-1 褐樹蛙、4-2-2 白領樹蛙、4-3-1 莫氏樹蛙、4-3-2 台北樹蛙、4-4-1 諸羅樹蛙、4-4-2 翡翠樹蛙、4-4-3 橙腹樹蛙、5-1-1 台北赤蛙、5-1-2 豎琴蛙、5-1-3 腹斑蛙、5-1-4 拉都希氏赤蛙、5-1-5 長腳赤蛙、5-1-6 梭德氏赤蛙、5-2-1 金線蛙、5-2-2 貢德氏赤蛙、5-3-1 古氏赤蛙、5-3-2 澤蛙、5-3-3 海蛙、5-4-1 虎皮蛙、5-4-2 斯文豪氏赤蛙、5-4-3 牛蛙

(2) 蛙類之繁殖季節棲位寬度

生態棲位寬度

在全島所調查到的 32 種兩棲類，於各縣市尺度之生物多樣性熱點內調查到 29 種兩棲類，依各物種被調查到的月份分析其生態棲位寬度（表 3-11）。其中，以斯文豪氏赤蛙的生態棲位最寬（ $B_i = 7.41$ ），盤古蟾蜍（ $B_i = 7.27$ ）、貢德氏赤蛙（ $B_i = 5.84$ ）、面天樹蛙（ $B_i = 5.48$ ）、拉都希氏赤蛙（ $B_i = 5.23$ ）、腹斑蛙（ $B_i = 5.17$ ）次之，顯示斯文豪氏赤蛙、盤古蟾蜍、貢德氏赤蛙、面天樹蛙、拉都希氏赤蛙、腹斑蛙等物種之繁殖季節較長；生態棲位最窄者為豎琴蛙（ $B_i = 1.41$ ）、梭德氏赤蛙（ $B_i = 1.45$ ）、花狹口蛙（ $B_i = 1.80$ ）、史丹吉氏小雨蛙（ $B_i = 2.10$ ）、橙腹樹蛙（ $B_i = 2.18$ ）、黑蒙西氏小雨蛙（ $B_i = 2.33$ ）、諸羅樹蛙（ $B_i = 2.76$ ）、中國樹蟾（ $B_i = 2.88$ ）、褐樹蛙（ $B_i = 2.88$ ），顯示其繁殖季節侷限於某一季節。但除古氏赤蛙具有較多調查隻次（493 隻次）外，橙腹樹蛙、豎琴蛙、花狹口蛙之調查隻次均不足 30，是以在繁殖季節棲位寬度的分析結果尚不能完全反應其真實繁殖季節長短。

生態棲位重疊度

分析各物種繁殖季節重疊度，結果顯示如表 3-12 所示。斯文豪氏赤蛙與盤古蟾蜍之繁殖季節重疊度最高（ $\alpha_{yx} = 0.97$ ），腹斑蛙與小雨蛙、日本樹蛙與白領樹蛙、日本樹蛙與褐樹蛙次之（ $\alpha_{yx} = 0.96$ ），腹斑蛙與面天樹蛙（ $\alpha_{yx} = 0.95$ ）、褐樹蛙與白領樹蛙（ $\alpha_{yx} = 0.93$ ）、褐樹蛙與澤蛙（ $\alpha_{yx} = 0.93$ ）金線蛙與古氏赤蛙（ $\alpha_{yx} = 0.93$ ）、金線蛙與翡翠樹蛙（ $\alpha_{yx} = 0.93$ ）等再次之。

從各月份之調查隻次顯示，斯文豪氏赤蛙與盤古蟾蜍以 10 月至隔年 4 月為主要的繁殖季節（此期間二蛙種佔全年調查隻次比例：斯文豪氏赤蛙 72.7%、盤古蟾蜍 79.9%），日本樹蛙、白領樹蛙、褐樹蛙、澤蛙則以 4 月至 7 月之春末至夏季為其主要的繁殖季節（此期間四蛙種佔全年調查隻次比例：日本樹蛙 76.6%、白領樹蛙 80.1%、褐樹蛙 84.7%、澤蛙 67.6%），金線蛙、翡翠樹蛙、古氏赤蛙除了寒冷的冬季外，幾乎全年（4 月至 10 月）皆為繁殖季節（此期間三蛙種佔全年調查隻次比例：金線蛙 90%、翡翠樹蛙 93%、古氏赤蛙 94%）。

從平均生態棲位重疊度顯示：古氏赤蛙（ $\bar{\alpha}_{yx} = 0.66$ ）、金線蛙（ $\bar{\alpha}_{yx} = 0.65$ ）、澤蛙（ $\bar{\alpha}_{yx} = 0.64$ ）、斯文豪氏赤蛙（ $\bar{\alpha}_{yx} = 0.64$ ）、盤古蟾蜍（ $\bar{\alpha}_{yx} = 0.64$ ）與其他蛙種的重疊度最高；史丹吉氏小雨蛙（ $\bar{\alpha}_{yx} = 0.23$ ）、梭德氏赤蛙（ $\bar{\alpha}_{yx} = 0.24$ ）、

諸羅樹蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.26$)、長腳赤蛙 ($\bar{\alpha}_{yx} = 0.27$) 與其他蛙種間的重疊度最低。分析各物種生態棲位寬度 B_i 與平均生態棲位重疊度 $\bar{\alpha}_{yx}$ 間的相關性，結果顯示二者間具有顯著正相關 ($r = 0.625, df = 28, p < 0.01$)。

表 3-11 2008 年至 2009 年間生物多樣性熱點各兩棲類出現月份之生態棲位寬度 (括號內為各物種之調查隻次)

物種	生態棲位寬度
斯文豪氏赤蛙	7.41(430)
盤古蟾蜍	7.27(652)
貢德氏赤蛙	5.84(507)
面天樹蛙	5.48(2424)
拉都希氏赤蛙	5.23(3403)
腹斑蛙	5.17(641)
古氏赤蛙	4.94(493)
艾氏樹蛙	4.86(884)
小雨蛙	4.84(1771)
黑眶蟾蜍	4.78(1388)
澤蛙	4.73(882)
金線蛙	4.22(449)
翡翠樹蛙	4.11(102)
虎皮蛙	3.84(167)
巴氏小雨蛙	3.66(63)
日本樹蛙	3.53(1587)
白領樹蛙	3.52(858)
台北樹蛙	3.52(347)
長腳赤蛙	3.48(58)
莫氏樹蛙	3.00(873)
褐樹蛙	2.88(768)
中國樹蟾	2.88(318)
諸羅樹蛙	2.76(203)
黑蒙西氏小雨蛙	2.33(1024)
橙腹樹蛙	2.18(14)
史丹吉氏小雨蛙	2.10(591)
花狹口蛙	1.80(3)
梭德氏赤蛙	1.45(344)
豎琴蛙	1.41(24)
牛蛙	—*
台北赤蛙	—*
海蛙	—*

*在生物多樣性熱點內未調查到之物種。

表 3-12 2008 年至 2009 年間生物多樣性熱點各兩棲類出現月份之生態棲位重疊度

物種	1-2-1	2-1-1	2-1-2	2-1-3	2-1-4	2-2-1	3-1-1	4-1-1	4-1-2	4-1-3	4-2-1	4-2-2	4-3-1	4-3-2	4-4-1	4-4-2	4-4-3	5-1-2	5-1-3	5-1-4	5-1-5	5-1-6	5-2-1	5-2-2	5-3-1	5-3-2	5-4-1	5-4-2	平均
1-1-1	0.84	0.69	0.47	0.52	0.17	0.35	0.69	0.81	0.91	0.62	0.70	0.77	0.65	0.62	0.17	0.77	0.54	0.33	0.66	0.75	0.62	0.47	0.81	0.74	0.85	0.68	0.65	0.97	0.64
1-2-1		0.75	0.58	0.38	0.13	0.58	0.74	0.89	0.89	0.54	0.82	0.91	0.50	0.58	0.21	0.59	0.33	0.47	0.66	0.62	0.23	0.16	0.71	0.87	0.82	0.85	0.73	0.83	0.59
2-1-1			0.85	0.52	0.55	0.64	0.76	0.86	0.67	0.84	0.90	0.88	0.26	0.17	0.56	0.65	0.49	0.69	0.96	0.56	0.10	0.12	0.80	0.92	0.89	0.91	0.83	0.74	0.64
2-1-2				0.54	0.26	0.84	0.42	0.75	0.45	0.84	0.87	0.74	0.15	0.07	0.28	0.52	0.52	0.92	0.89	0.50	0.03	0.01	0.76	0.67	0.75	0.89	0.89	0.57	0.55
2-1-3					0.09	0.49	0.10	0.43	0.27	0.71	0.52	0.34	0.16	0.05	0.31	0.86	0.90	0.54	0.61	0.32	0.39	0.75	0.81	0.33	0.70	0.61	0.64	0.54	0.46
2-1-4						0.15	0.43	0.13	0.12	0.53	0.15	0.22	0.05	0.01	0.76	0.21	0.13	0.16	0.55	0.26	0.01	0.00	0.18	0.56	0.23	0.28	0.26	0.20	0.23
2-2-1							0.13	0.53	0.29	0.70	0.70	0.56	0.12	0.24	0.22	0.41	0.47	0.94	0.67	0.35	0.03	0.01	0.60	0.56	0.54	0.85	0.87	0.42	0.46
3-1-1								0.78	0.78	0.43	0.68	0.86	0.24	0.20	0.34	0.44	0.11	0.13	0.65	0.45	0.01	0.01	0.50	0.85	0.73	0.58	0.38	0.68	0.45
4-1-1									0.87	0.61	0.96	0.96	0.45	0.35	0.23	0.62	0.39	0.58	0.76	0.60	0.21	0.11	0.81	0.83	0.92	0.86	0.79	0.84	0.62
4-1-2										0.46	0.71	0.83	0.73	0.66	0.12	0.55	0.26	0.26	0.58	0.80	0.42	0.18	0.68	0.77	0.76	0.64	0.61	0.88	0.56
4-1-3											0.69	0.62	0.25	0.18	0.44	0.75	0.75	0.74	0.95	0.63	0.30	0.39	0.83	0.70	0.77	0.80	0.82	0.68	0.61
4-2-1												0.93	0.25	0.19	0.25	0.62	0.47	0.75	0.82	0.47	0.08	0.09	0.83	0.80	0.91	0.93	0.86	0.75	0.61
4-2-2													0.29	0.30	0.24	0.57	0.32	0.55	0.79	0.54	0.05	0.03	0.73	0.90	0.89	0.88	0.73	0.79	0.59
4-3-1														0.86	0.05	0.30	0.15	0.11	0.21	0.85	0.73	0.19	0.42	0.36	0.32	0.25	0.45	0.63	0.34
4-3-2															0.01	0.18	0.02	0.10	0.13	0.73	0.70	0.08	0.26	0.40	0.23	0.29	0.37	0.63	0.30
4-4-1																0.25	0.13	0.24	0.49	0.12	0.01	0.00	0.24	0.53	0.33	0.40	0.31	0.23	0.26
4-4-2																	0.92	0.43	0.71	0.47	0.43	0.82	0.93	0.53	0.86	0.65	0.66	0.72	0.57
4-4-3																		0.52	0.62	0.34	0.40	0.84	0.85	0.28	0.68	0.54	0.63	0.51	0.45
5-1-2																			0.73	0.35	0.07	0.01	0.66	0.51	0.58	0.83	0.89	0.43	0.47
5-1-3																				0.60	0.15	0.24	0.83	0.84	0.86	0.88	0.83	0.72	0.63
5-1-4																					0.62	0.20	0.62	0.60	0.55	0.52	0.63	0.78	0.51
5-1-5																						0.51	0.41	0.11	0.27	0.11	0.30	0.64	0.27
5-1-6																							0.59	0.02	0.43	0.14	0.22	0.38	0.24
5-2-1																								0.65	0.93	0.82	0.86	0.80	0.65
5-2-2																									0.80	0.86	0.72	0.77	0.60
5-3-1																										0.88	0.79	0.86	0.66
5-3-2																										0.92	0.74	0.64	
5-4-1																												0.71	0.63
5-4-2																													0.64

註：1-1-1 盤古蟾蜍、1-2-1 黑眶蟾蜍、2-1-1 小雨蛙、2-1-2 黑蒙西氏小雨蛙、2-1-3 巴氏小雨蛙、2-1-4 史丹吉氏小雨蛙、2-2-1 花狹口蛙、3-1-1 中國樹蟾、4-1-1 日本樹蛙、4-1-2 艾氏樹蛙、4-1-3 面天樹蛙、4-2-1 褐樹蛙、4-2-2 白領樹蛙、4-3-1 莫氏樹蛙、4-3-2 台北樹蛙、4-4-1 諸羅樹蛙、4-4-2 翡翠樹蛙、4-4-3 橙腹樹蛙、5-1-1 台北赤蛙、5-1-2 豎琴蛙、5-1-3 腹斑蛙、5-1-4 拉都希氏赤蛙、5-1-5 長腳赤蛙、5-1-6 梭德氏赤蛙、5-2-1 金線蛙、5-2-2 貢德氏赤蛙、5-3-1 古氏赤蛙、5-3-2 澤蛙、5-3-3 海蛙、5-4-1 虎皮蛙、5-4-2 斯文豪氏赤蛙、5-4-3 牛蛙

四、結論及建議

至 2009 年為止，累計已調查全台灣 36,173 個網格中的 1299 個網格(佔總網格數 3.54%)，在調查網格的數量上仍有持續增加的空間；而在網格的廣佈程度上，除了桃園、花蓮、台東地區因已執行長期性的調查監測，網格涵蓋各縣市網格數的 5% 以上，其他地區的志工調查網格均呈現集中的情況，顯示大多的調查樣區多集中在同一個區域內。目前，資料庫內的兩棲類調查資料配合氣候、海拔、棲地等物候條件，已可作為台灣蛙類分布預測模式及棲地變化預警機制的基礎，但要更貼切的反應蛙類真實的族群分佈型態及分布熱點，則要擴大調查普查的網格數及建立生物多樣性熱點長期監測的機制。

本研究蒐集 2001 年至 2009 年 10 月間所登錄的調查資料及東華大學兩棲類保育研究室歷年野外調查資料，加上台灣賞蛙情報網、青蛙小站討論區等回報之兩棲類調查資料，挑選出全島尺度兩棲類生物多樣性熱點 40 個及各縣市尺度兩棲類生物多樣性熱點 187 個。全島尺度兩棲類生物多樣性熱點可作為兩棲類生物多樣性的永久調查樣區，藉由每年至少在 1、4、7、10 月進行調查，提供長期、穩定的兩棲類物種、數量、微棲地利用等調查資料，以分析各年間兩棲類群聚變化趨勢、棲地改變等資訊，供作後續生物多樣性保育之參考。此外，使用地理資訊系統將全島尺度兩棲類生物多樣性熱點網格視為核心棲息地(core habitat)，在其周圍劃設 100m 的緩衝區，將製作完成的熱點與緩衝區圖層套疊於內政部經建版 2 萬 5 千分之一地形圖，並製作小比例尺地圖，將各地區熱點及其緩衝區的位置清楚呈現，提供兩棲類調查志工持續監測的樣區範圍(圖 4-1)。希望藉由生物多樣性熱點劃設緩衝區進行長期監測，瞭解核心棲息地外的潛在熱點與劃設緩衝區對於蛙類保育的成效。

各縣市尺度兩棲類生物多樣性熱點，因屬於各縣市兩棲類豐度較高的區域，除建議各縣市團隊持續調查以記錄兩棲類群聚組成外，各生物多樣性熱點的涵蓋物種數，可作為各縣市團隊挑選調查樣區之準則，凡新增調查樣區符合各縣市尺度生物多樣性熱點之標準，均可作為長期監測兩棲類的樣點，以完整記錄各縣市兩棲類群聚組成及分佈情況。

在現有兩棲類調查志工的組織規模上，除持續進行志工招募與培訓，成立更多的兩棲類調查志工團隊進行各縣市固定樣區的長期調查外，也將納入賞蛙情報

網、青蛙小站討論區等個人志工體系於兩棲類資源調查資訊網中，以蒐集更多隨機樣點的蛙類分佈資料，建立更多元化的蛙種分布網格，使蛙類資源調查資料更貼切地反應兩棲類真實的族群分布型態及分布熱點，從而擴大長期監測的網格數，建立兩棲類長期監測的模式。

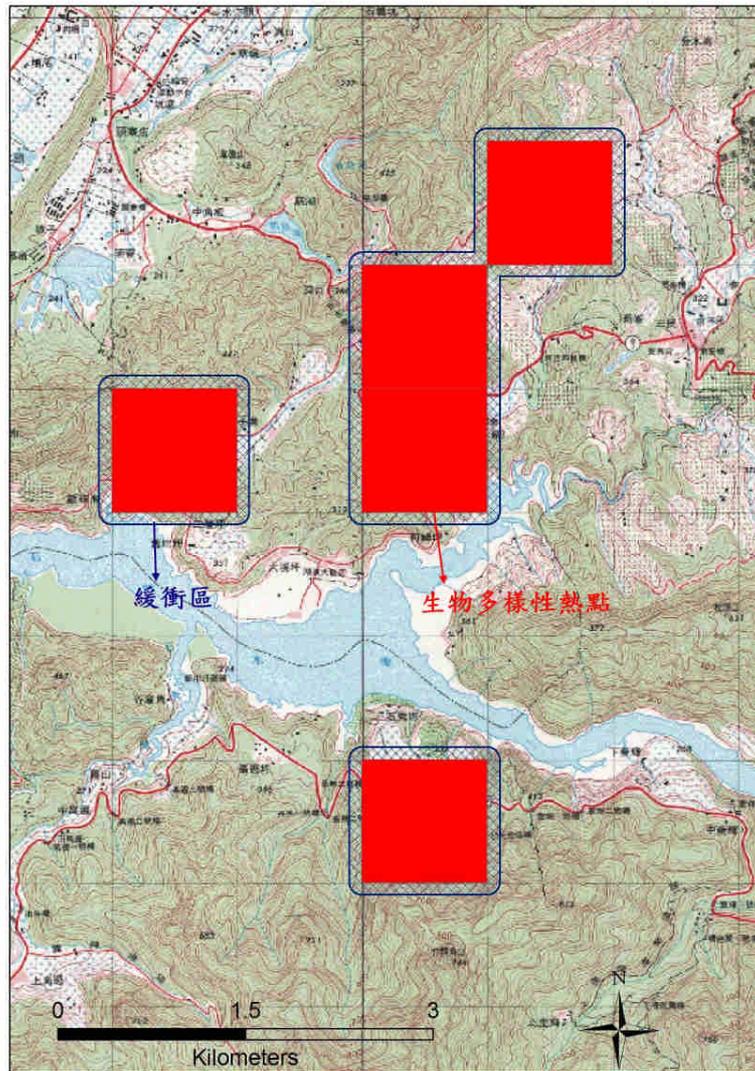


圖 4-1 以桃園縣生物多樣性熱點為例，劃設熱點及緩衝區分布圖。

五、參考文獻

- 行政院農業委員會 (2003), 台灣生物多樣性資源調查與研究研討會論文集, 台北: 行政院農業委員會。
- 呂光洋、陳添喜、高善、孫承矩、朱哲民、蔡添順、何一先、鄭振寬編 (1996), 台灣野生動物調查—兩棲動物資源調查手冊, 台北: 行政院農業委員會。
- 李培芬 (1996)〈遙測和地理資訊系統在生態學研究之應用〉, 生物科學, 第三十六卷, 第二期: 101-112。
- 郭炳村 (2007), 《運用志工調查資料進行桃園地區兩棲類分佈之研究》, 花蓮: 花蓮教育大學生態與環境教育研究所碩士論文。
- 楊懿如 (2008a), 《建立國家生物多樣性指標及特定生物類群族群變化監測機制 (兩棲類監測報告) 》, 台北: 行政院農業委員會。
- 楊懿如主編 (2008b), 台灣兩棲類動物野外調查手冊, 台北: 行政院農業委員會。
- 楊懿如、龔文斌 (2009a), 〈運用調查志工進行台灣蛙類生物多樣性熱點監測研究〉, 台南: 2009 年自然資源保育暨應用學術研討會。
- 楊懿如、龔文斌 (2009b), 〈運用志工調查資料進行台灣蛙類分佈之研究〉, 台中: 動物行為暨生態研討會。
- 楊懿如、龔文斌、施心翊 (2009c), 〈運用志工調查資料結合 GIS 監測台灣蛙類生態〉, 台北: 2009 數位典藏地理資訊學術研討會。
- 潘彥宏 (1996), 《台灣無尾目兩生類之空間分布模式》, 台北: 台灣大學動物學研究所碩士論文。
- Biodiversity Center of Japan (2004) Japan's National Survey on the Natural Environment. Biodiversity Center of Japan.
- 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.
- DNR 網站: <http://www.michigan.gov/dnr/>, 查詢日期 2009 年 9 月。
- FrogWatch 網站: http://www.naturewatch.ca/english/select_province.html, 查詢日期 2009 年 11 月。
- Griffin, C. R. (1989) Protection of wildlife habitat by state wetland regulations: the

- Massachusetts initiative. *In Transactions of the 54th North American Wildlife & Natural Resources Conference*, Washington, DC, USA, 22–31
- Levins, R. 1968. Evolution in changing environments: Some theoretical explorations. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Piankn, E. R. 1973. The structure of lizard communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4: 53-73.
- Semlitsch, R. D. (1998) Biological delineation of terrestrial buffer zones for pond-breeding salamanders. *Conservation Biology* 12:1113–1119.
- Weir, L. A., J. A. Royle, P. Nanjappa and R. E. Jung (2005) Modeling Anuran Detection and Site Occupancy on North American Amphibian Monitoring Program (NAAMP) Routes in Maryland, *Journal of Herpetology*, 39(4): 627–639.