

運用志工調查資料結合 GIS 監測台灣蛙類生態¹

Ecological Monitoring of Taiwan Anuran by Using Investigative Data of Volunteers and GIS

楊懿如* 龔文斌** 施心翊***
Yang, Yi-Ju Gong, Wun-Bin Shih, Hsin-Yi

摘要

自2003年開始，農委會林務局補助培訓台灣兩棲調查志工，在全台各地區建立志工團隊，志工調查後將環境基礎資料與生物資料上傳至台灣兩棲資源調查資料庫，經過審核正確後納入有效資料進行分析。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，計算有調查資料網格的總物種豐度、保育物種豐度、特有物種豐度，並繪製蛙類分布圖、歸納整理蛙類的分布型態。並使用有效資料中的基礎資料，分析蛙類在出現、鳴叫、配對時偏好的溫度、濕度與海拔範圍。研究結果顯示，志工共調查到32種蛙類，平均每網格物種總豐度為 5.5 ± 3.7 種、保育物種豐度為 0.21 ± 0.53 種、特有物種豐度為 1.63 ± 1.58 種。蛙種的分佈型態可分為全島性分佈與非全島性分佈二大類群。全島分佈類群中，有15種屬於全島普遍分佈型態，5種為全島零星分佈型態。非全島分佈類群中，又可分為西部、中北部、中南部、南部及點狀分佈型態。

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，已可作為兩棲類分佈預測模式及棲地變化預警機制的基礎。未來將持續培訓兩棲類調查志工參與野

¹ 本文部分內容曾發表在2009年動物行為暨生態研討會及2009年自然資源保育暨應用學術研討會。

* 東華大學生態與環境教育研究所副教授。
Associated Professor of Graduate Institution of Ecology and Environmental Education, National Dong Hwa University

** 東華大學生態與環境教育研究所研究生。
Graduate Student of Graduate Institution of Ecology and Environmental Education, National Dong Hwa University

*** 東華大學生態與環境教育研究所研究助理。
Research Assisnant of Graduate Institution of Ecology and Environmental Education, National Dong Hwa University

外調查，並運用地理資訊系統每年分析及公布台灣兩棲類分佈情況，以協助監測台灣蛙類生態，並推廣教育。

關鍵字：志工調查、地理資訊系統、兩棲類、生態監測

Abstract

Since 2003, Forestry Bureau of Council of Agriculture Executive Yuan has started sponsoring the volunteer research program on Taiwan amphibians and organized volunteer research team all over Taiwan. The volunteers upload the environmental and biological data to Taiwan Amphibians Database. After examining and interpreting the data, we will use the correct ones for further research. By using the software “ESRI ArcMap”, we may put investigative data on $1 \times 1 \text{ km}^2$ grids and then calculate the abundance of the total species, conservation species, endemic species on each grid. The software will also illustrate the distribution pattern of frogs. Afterwards, we can use the results to analyze the preferred temperatures at which the frogs appear, call, and mate. We will also study the preferred humidity and altitudes of the frogs.

According to the results out of the 32 species of frogs found by the volunteers, the average number of species in each grid is 5.5 ± 3.7 ; the number of conservation species in each grid is 0.21 ± 0.53 , and the number of endemic species in each grid is 1.63 ± 1.58 . The distribution of frogs can be divided into two types, island-wide and non-island-wide. Among the species which distribute all over the island, 15 species can be found in most corners, while 5 species scatter around the island. As to the species which don't distribute all over the island, they can respectively be found in the west, mid-north, mid-south, and southern parts of Taiwan; some of them can only be seen in some certain spots.

The data in Taiwan Amphibians database, of which the contents include weather conditions, altitudes, habitats, and other amphibian-related information, can be used to predict the changes among amphibian distributions in Taiwan. With consistent training program provided, more and more volunteers will take part in the field research to collect the primary data related to the amphibians. The GIS will be used to analyze and publicize the distribution of Taiwan amphibians. Not only can the volunteer research program monitor the ecology of

frogs in Taiwan, it can also help provide ready and practical educational materials.

Key words: Volunteer Research Program, GIS, Amphibians, Ecological monitoring

一、前言

近年來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，就必須對兩棲類進行監測。然而在進行調查時，常會因為時間、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，有助於建立當地兩棲類的基礎資料，因此為了因應大尺度的監測，許多研究團隊便開始運用志工進行調查（郭炳村，2007）。NAAMP（North American Amphibian Monitoring Program）自 1995 年開始培訓志工並製作許多培訓教材，至今志工已進行墨西哥、美國與加拿大等地大尺度的監測，每年調查成果並運用地理資訊系統為平台公佈於網站（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 也是一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）。

地理資訊系統（Geographic Information System，簡稱 GIS）為一套電腦軟體與硬體的組合，可以儲存與運算龐大的空間資訊，依空間及其屬性資訊建立資料庫，並以輸入、處理、分析及輸出四大部分功能，作為決策與管理的參考。對生物進行監測時，必須有系統且長期的針對某些特定的事或物進行追蹤，觀察其變化並予以評估。而依照監測對象的不同，監測時間的長短、尺度的大小也會有所不同；例如選取某一特定的物種，在某一地區研究其生活史、族群生態，這屬於小尺度與短時間的監測；但如果要研究一廣大地區的環境變遷、動植物的分布等空間性生態問題，則必需靠遙感探測（Remote Sensing）和地理資訊系統的支援（李培芬，1996）。志工進行調查的尺度通常較大，資料量多，因此若能結合地理資訊系統進行分析，對於後續進行大尺度、長時間的監測而言，可以節省許多成本與時間。

在臺灣，運用地理資訊系統進行生態研究逐漸增加。何麗君（2005）運用 GIS 為平台，比較多個挑選東亞鳥類生物多樣性熱點的方法，結果發現互補法可以以最小的範圍，涵蓋最多的物種；巫桂菁（2002）以繁殖鳥類、特有種鳥類以及大型哺乳類三類的生物多樣性熱點為基礎，規劃出熱點地區，並運用 GIS 將熱點地區與現有保護區套疊，結果顯示熱點地區有 53% 成為間隙地區（gap）；廖倩瑜（1996）使用 GIS 為運算平台，使用邏輯迴歸（Logistic Regression）配合 28 個環境變數，從現有的畫眉亞科物種分佈圖來預測畫眉亞科在全島的分佈，結果顯示各鳥種的預測準確率在 71% 至 92% 之間；潘彥宏（1996）運用 GIS 建立台灣無尾目兩生類的空間分佈模式，結果顯示多數種類預測準確率高於 75%。由此可知 GIS 除了呈現物種實際分佈的情形外，也可以對無調查紀錄的地方進行預測，然而環境資料的多寡、尺度的大小、基礎資料的完整性，皆會影響預測的準確度。地理資訊系統的另一項運用於生態研究的部份為緩衝區（buffer zone）的概念。針對生物多樣性熱點設置保護區進行保護，雖能確實保護生物多樣性較高的地區，但野生動物皆有活動範圍，只保護熱點所在地方其實並不能完全確保野生動物的生存與繁衍，緩衝區為設置於環繞保護區周圍，緩衝干擾可能對保護區產生的衝擊，也提供保護區內野生動物族群可擴展的生存範圍。Griffin（1989）在麻塞諸塞州內，符合大小、容積且兩棲類生物多樣性高的池塘周圍，劃設了 30m 的緩衝區，並在這區域內建議不進行任何影響野生動物的活動。Semlitsch（1998）計算五種鈍口螈屬（Ambystomatidae）的鈍口螈繁殖期的遷移距離，建議於鈍口螈繁殖的池塘周圍劃設 164m 的緩衝區，可以保護到 95% 以上的鈍口螈族群。巫桂菁（2003）計算臺灣繁殖鳥類、特有種鳥類、大型哺乳動物的生物多樣性熱點作為核心保護區，並劃設在核心保護區周圍，生物多樣性略低的區域為緩衝區。

東華大學兩棲類保育研究室自 2003 年開始，在農委會林務局補助之下，進行臺灣兩棲調查志工的培訓，2005 年至 2006 年在花東地區、2006 至 2007 年在嘉南地區進行兩棲調查志工培訓及調查計畫；並於 2007 年至 2008 年在北部及高屏地區同時進行兩棲調查志工培訓及調查計畫。每個地區皆進行兩個年度的培訓調查計畫，第一年度以人員訓練及規劃調查方法及地點為主，第二年度開始組成志工團隊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資料庫（<http://tad.froghome.org/>），由各志工團隊組長進行初審，初審通過後再由東華大學兩棲保育研究室進行複審，審核無誤後納入資料庫（楊懿如等，2008）。除了兩棲類調查資訊網提供志工上傳資料，賞蛙情報網（<http://www.froghome.info/>）、青蛙小站討論區（<http://photo.froghome.tw/>）則提供非志工團隊成員上傳資料與分享心得，資料確認無誤後納入資料庫（楊懿如，2008a）。

自 2003 年 1 月起至 2008 年 12 月，累計共有 37 個志工團隊分佈於全台，共上傳 35853 筆，133792 隻次、1595 個樣區的調查記錄。由於資料量多、各樣區物種數差異大（最低 1 種，最高 1 種），因此運用地理資訊系統進行分析台灣 32 蛙類分佈情形，並挑選生物多樣性熱點，以協助監測台灣蛙類生態，並進行推廣教育。

二、材料與方法

（一）樣區概述

新樣區的地點為志工自行選定，在到達新樣區調查時，會先劃設一條 500m 的穿越線，並於穿越線中心記錄一個二度分帶，TWD97 的座標，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這個座標，不需重覆標定。本研究樣區為志工於台灣本島調查的樣區，共計 1627 個樣區（志工團隊 1595 個樣區，非志工團隊 32 個樣區），各縣市皆有調查樣區，調查樣區最多的縣市為花蓮縣，有 525 個，調查樣區最少的縣市為苗栗縣，有 6 個，平均每個縣市有 95.7 ± 110.62 個。

（二）調查方法

2003 年至 2007 年屬於普查性質，志工團隊調查頻度不固定，2008 年起調查的頻度原則上為每季調查一次，於每年的 1、4、7、10 月各進行一次野外調查工作，調查開始時間以日落後半小時到午夜 24 時為止。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）互相搭配紀錄蛙種、數量以及停棲位置於規格化的表格中。在到達樣區後，選定一條約 500m 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，並在穿越帶的中心紀錄座標，由於兩棲類鳴叫聲音傳播距離約 500m，因此樣區周邊 500m 的環域皆為調查的範圍（郭炳村，2007）。

同一樣區、同一時間、同一物種視為同一筆資料，而一筆資料包含基礎資料（地點、日期、時間、GPS 座標、物種、數量）以及環境資料（棲地類型、溫度、溼度、海拔）。環境因子的測定以 wisewind 公司 5334 型號的溫濕度計測量溫溼度，Garmin 公司 60CX 型號測量 GPS 二度分帶 T97 座標。調查資料於紀錄完畢後，上傳至台灣兩棲類資源調查資訊網，由東華大學兩棲保育研究室進行審核，確認資料無誤後納入有效資料進行分析。

(三) 資料狀況

志工調查資料屬於普查性質的資料，調查樣區多，但是調查頻度較不固定，適合探討物種分佈的情形（郭炳村，2007）。本研究使用 2003 年 1 月至 2008 年 12 月志工調查上傳的有效資料，用 Microsoft excel 2003 進行資料整理，選取有 GPS 座標、物種及海拔的資料整理後進行分析，共計 36119 筆資料，其中 35853 筆為各縣市志工團隊調查資料，266 筆來自賞蛙情報網及青蛙小站非志工團隊成員上傳資料，資料主要來自志工團隊。

(四) 資料分析

將 36119 筆有效志工資料使用 Microsoft excel 2003 進行檔案格式轉換後，配合使用 ESRI ArcMap 軟體，將台灣劃分成 36173 個 $1 \times 1 \text{km}^2$ 的網格，並將志工調查資料與網格進行疊合，並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。使用網格系統的優點為能將調查範圍相近或重疊的樣區進行結合。

本研究以兩種尺度分別挑選蛙類生物多樣性熱點：台灣全島尺度與縣市尺度。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，例如新竹市併入新竹縣、台中市併入台中縣、嘉義市併入嘉義縣、台南市併入台南縣、高雄市併入高雄縣，重新劃分成 17 個縣市。

物種豐富度法（species richness）、互補法（complementary method）是常用來挑選生物多樣性熱點方法。以下針對 2 種使用方法進行說明：

1. 物種豐富度法

使用 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。

2. 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。

楊懿如、龔文斌（2009a、2009b）運用地理資訊系統挑選各縣市蛙類的生物多樣性熱點，挑選方法為先計算全島（各縣市）每個有調查資料網格中的種豐富度，使用物種豐富度法與互補法挑選生物多樣性熱點，結果發現使用兩種方法所選出來的熱點在空間分佈上有所差異，因此結合兩種挑選方法：先以物種豐富度法選出第一批的熱點，接著找出第一批熱點中未涵蓋到的物種，再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富度高的區域，也涵蓋了該區域所有的物種。

挑選出全島蛙類生物多樣性熱點，視為核心棲息地（core habitat），使用 ArcGIS 9.0 為操作平台，劃設核心棲息地周圍 100m 為緩衝區，並疊合內政部經建版 2 萬 5 千分之一地圖以清楚呈現緩衝區之範圍，提供志工後續監測參考。

三、結果

（一）志工調查資料分佈概況

運用 ArcGIS 9.0 軟體為操作平台，將志工調查資料與台灣本島 36,173 個 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格系統疊合，以網格方式呈現資料分佈的情形（圖 1）。台灣本島共計有 1170 個網格有調查資料，佔全島所有網格比例 3.23%（1170/36173）。以個別縣市來看，基隆市有調查資料的網格比例最高（11.41%，17/149），苗栗縣有調查資料的網格比例最低（0.22%，4/1829），平均每縣市有調查資料的網格比例為 $3.1\% \pm 3.65$ 。

依據兩棲類野外調查手冊（楊懿如，2008b），不同蛙種出現的海拔皆有差異，將台灣全島海拔分為平原地區、低海拔森林（0-800m）、中海拔森林（800-2500m）、高海拔森林（2500m 以上），結果顯示有調查資料的樣區，以分佈在低海拔森林最多（55.3%），其餘為平原地區（25.2%）、中海拔森林（19.5%）。

(二) 總物種豐度

計算志工在臺灣本島調查到的蛙種，32 種蛙類皆有紀錄，其中以澤蛙的紀錄筆數最多(4416 筆)，牛蛙的紀錄筆數最少(11 筆)；分佈的網格比例以澤蛙最高(58.18%)，豎琴蛙最低(0.24%)。計算每個網格的物種豐度，最高的物種豐度為 18 種，最低的物種豐度為 1 種，平均每個網格的物種豐度為 5.5 ± 3.7 種。各縣市網格中出現的最高物種數以宜蘭縣、台北縣及桃園縣最高(18 種)；最低為彰化縣(7 種)。

(三) 保育類分佈

依據 2008 年行政院農業委員會公告新修訂保育類名錄，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。分析保育類分佈的情形，每個網格保育類種數最多 3 種，平均每個網格保育類種數為 0.21 ± 0.53 種。

(四) 特有種分佈

依據 2008 年兩棲類野外調查手冊所列之台灣特有種兩棲類，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。每個網格最多 7 種，平均每個網格特有種數為 1.63 ± 1.58 種。

(五) 蛙種分佈型態

從 32 種蛙類物種網格分佈比例(有分佈網格數/總調查網格數)的統計結果顯示，澤蛙(58%)、拉都希氏赤蛙(52%)、日本樹蛙(47%)、黑眶蟾蜍(45%)、白頰樹蛙(44%)、小雨蛙(42%)、盤古蟾蜍(42%)等 6 種兩棲類是分佈最為廣泛的物種。從各蛙種在全台網格分佈的情況，約可將蛙種的分佈型態區分為全島性分佈(北、中、南、東等地區皆有分佈)與非全島性分佈(分佈於全島某些區域)二大類群。全島分佈類型中，澤蛙、拉都希氏赤蛙等 15 種屬於全島普遍分佈型態(普遍：該物種分佈網格佔全部調查網格 15%以上)，中國樹蟾等 5 種則是全島零星分佈型態。非全島分佈類型中，又可分為西部、中北部、中南部、南部及點狀的分佈型態：面天樹蛙、古氏赤蛙等 2 種侷限分佈於花東地區以外的西半部地區；翡翠樹蛙、台北樹蛙、長腳赤蛙等 3 種分佈於台灣中北部地區，其中，翡翠樹蛙則只分佈於北部地區；巴氏小雨蛙、諸羅樹蛙、

史丹吉氏小雨蛙、黑蒙西氏小雨蛙等 4 種分佈於台灣中南部地區；海蛙、花狹口蛙分佈於南部地區；豎琴蛙僅呈現點狀分佈南投蓮華池與桃園北橫山區（表 1）。

（六）環境分析

分析各蛙種與環境資料的關係。部分資料由於沒有記錄環境因子，所以環境因子的筆數會比總筆數來的少。藉由這些長期累積的環境資料，並依據各物種行為資料，分為「出現紀錄」、「鳴叫紀錄」及「配對紀錄」等三大類，分析各物種於三大類行為表現時的環境容許值。

從溫度與蛙種行為的分析結果顯示，出現溫度以出現溫度以日本樹蛙最廣（7°C – 34°C），配對溫度以拉都希氏赤蛙最廣（15.9°C – 34°C），其他蛙種如諸羅樹蛙、台北赤蛙等都是溫度較高時活動的較頻繁。記錄各物種於上述三種行為模式下的最高、最低水溫記錄之結果顯示，日本樹蛙為對於水溫的容許範圍最廣，最高溫可超過 35°C。以相同方式選取各物種於三種行為模式下的最高、最低溼度記錄，結果顯示多數的蛙種於濕度較高時，活動較頻繁。從各物種的海拔分佈與行為模式作分析，分佈海拔最廣的蛙種為盤古蟾蜍、梭德氏赤蛙及莫氏樹蛙，分佈海拔皆可超過 2300m。

（七）各縣市蛙種數分析

將本研究各縣市有調查到的蛙種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）及特有生物保育中心林春富研究員（2009，私人通訊）提供的資料比較，結果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。本研究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 7 月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 2）。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%（45%），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 70% 以上，有 13 個縣市區域達到近 90%（1 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，但仍須配合生態熱點之監測調查，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。

(八) 蛙類生物多樣性熱點－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，共選取 135 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% (4/4) 的網格，台東縣最低，需挑選 4.9% (16/326) 的網格，平均每縣市需從有調查資料的網格中挑選 $26.51\% \pm 21.37$ 的網格為熱點，變異數平均數比值為 17.22。在選取熱點的個數方面，各縣市挑選的網格數介於 2-43 格之間。

(九) 蛙類生物多樣性熱點－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 4 結果顯示台灣全島共計挑選 49 個生物多樣性熱點，物種數最低 2 種，最高 18 種，平均每個熱點物種數為 14.67 ± 2.22 種。

(十) 緩衝區

使用地理資訊系統為操作平台，將全島尺度蛙類生物多樣性熱點周圍劃設 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，方便志工日後進行監測 (圖 2)。

表 1 台灣 32 蛙類分佈型態檢索表

全島分佈	普遍	澤蛙—普遍分佈於全島平地
		黑眶蟾蜍—普遍分佈於全島平地
		拉都希氏赤蛙—普遍分佈於全島平地及山區
		日本樹蛙—普遍分佈於全島平地及山區
		白領樹蛙—普遍分佈於全島平地及山區
		小雨蛙—普遍分佈於全島平地及山區
		盤古蟾蜍—普遍分佈於全島平地及山區
		莫氏樹蛙—普遍分佈於全島平地及山區
		斯文豪氏赤蛙—普遍分佈於全島平地及山區
		艾氏樹蛙—普遍分佈於全島平地及山區
		褐樹蛙—普遍分佈於全島平地及山區
		貢德氏赤蛙—普遍分佈於全島平地及山區
腹斑蛙—普遍分佈於全島平地及山區		
非全島分佈	不普遍	中國樹蟾—零星分佈於全島平地
		金線蛙—零星分佈於全島平地
		牛蛙—零星分佈於全島平地
	西部	橙腹樹蛙—侷限分佈於全島山區
		面天樹蛙—普遍分佈於花東以外全島平地
		古氏赤蛙—普遍分佈於花東以外之全島低海拔山區
	中北部	台北赤蛙—侷限分佈於西部地區
		翡翠樹蛙—侷限分佈於北部地區
		台北樹蛙—侷限分佈於西部南投以北地區
	中南部	長腳赤蛙—侷限分佈於西部之中北部地區
		巴氏小雨蛙—侷限分佈於中南部地區
		諸羅樹蛙—侷限分佈於雲嘉南地區
南部	史丹吉氏小雨蛙—侷限分佈於中南部地區	
	黑蒙西氏小雨蛙—侷限分佈於中南部地區	
	海蛙—侷限分佈於屏東地區	
點狀分佈—	花狹口蛙—侷限分佈於台南、高雄、屏東地區	
	豎琴蛙—僅分佈於南投蓮華池、桃園北橫山區	

註：全島分佈—北、中、南、東等地區皆有分佈。

非全島分佈—分佈於全島某些區域。

普遍—該物種分佈網格佔全部調查網格 15%以上。

非普遍—該物種分佈網格佔全部調查網格 15%以下。

表 2 2006 年至 2009 年 7 月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%	91%	
南投縣	73%	81%	88%	
桃園縣	75%	83%		
宜蘭縣	77%	100%	105%	
新竹縣市	82%	82%		
屏東縣	83%	87%		
台北縣市	84%	84%	88%	92%
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 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	熱點涵蓋的物種數
基隆	6	5-11
北縣	5	7-18
北市	3	5-12
桃縣	9	6-18
新竹	4	9-15
苗栗	4	1-8
台中	3	12-15
彰化	3	1-7
南投	7	2-15
雲林	2	13-14
嘉義	8	4-13
台南	6	1-15
高雄	5	4-11
屏東	6	3-13
宜蘭	5	3-18
花蓮	43	7-17
台東	16	9-14
總計	135	

表 4 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數

縣市	熱點數	熱點涵蓋的物種數
台北縣	4	12-17
桃園縣	6	14-18
新竹縣	2	15-17
宜蘭縣	3	14-17
台中縣	2	14
南投縣	2	14-15
雲林縣	1	14
台南縣	2	14
台東縣	1	14
花蓮縣	24	14-17
屏東縣	2	3-11
總計	49	

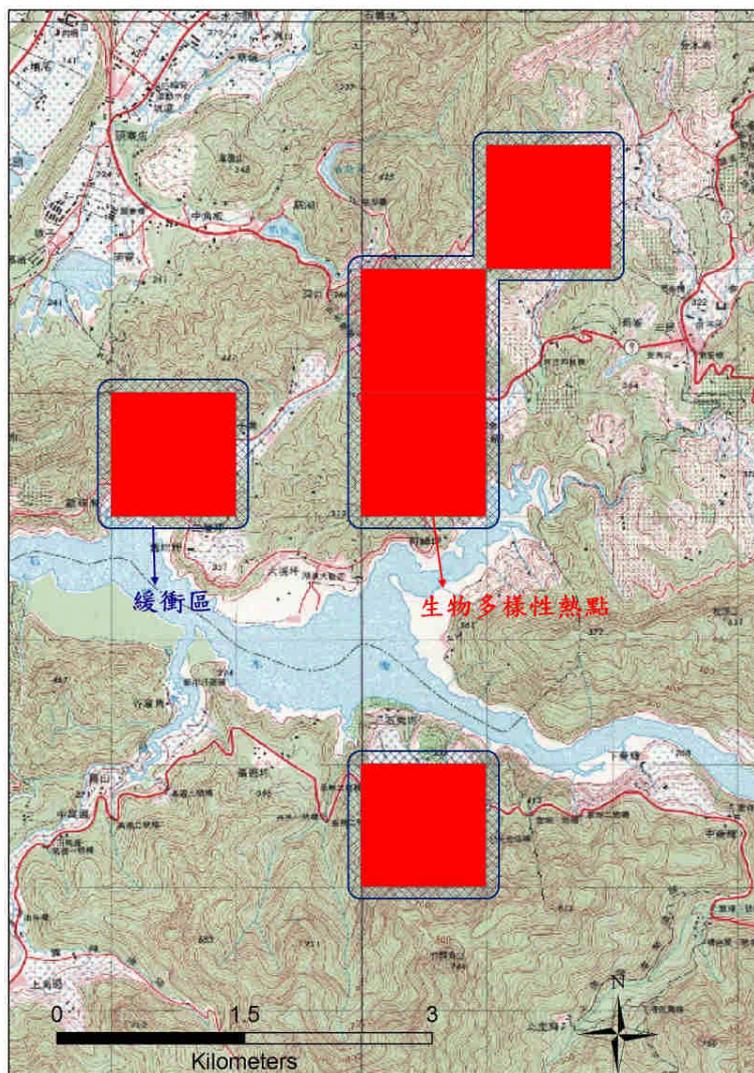


圖 2 桃園縣生物多樣性熱點及緩衝區分布圖

四、討論及建議

至 2008 年為止，累計已調查全台灣 36,173 個網格中的 1170 個網格(佔總網格數 3.29%)，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布型態及分布熱點，則要擴大調查普查的網格數及建立長期監測的機制。

在現有的志工組織的規模上，除現有團隊志工持續進行固定樣點之長期監測外，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，蒐集更多隨機樣點的蛙類分佈資料，以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，從而擴大調查普查的網格數及建立長期監測的機制。

在有蛙類調查資料之樣區型態中，以低海拔森林（55.3%），其餘為平原地區（25.2%）、中海拔森林（19.5%）。顯示現有蛙類調查志工團隊之調查網格多呈現於平面分佈網格，對於縱向的蛙類物種海拔分佈調查監測上則相對缺乏。因此，在未來的監測調查重點上，將著重在台灣中央廊道的蛙類物種分佈網格上，藉由成立高海拔兩棲類資源調查志工團隊，以建立各蛙類物種的分布海拔概況，提供未來相關單位在擬定保育策略及生物資源預警機制之參考。

本研究運用 2003 年至 2008 年志工調查資料，挑選出全島尺度與各縣市尺度的蛙類生物多樣性熱點，並依據不同尺度的熱點給予不同的監測標準。在全島尺度的部份，規定每年 1、4、7、10 月皆需進行調查，每個熱點的調查資料必須紀錄完整，以供後續進行長期的監測分析。志工除了持續針對熱點進行調查外，若要新增調查樣區則可考慮符合以下條件的樣區：1.新樣區的物種豐富度，大於或等於該縣市用物種豐富度法挑選熱點的標準；2.新樣區有該縣市尚未調查到的物種。除了基隆市、台北市、桃園縣、台南縣、花蓮縣、台東縣以外，其餘 11 個有調查的比例低於平均值（3.18%）的縣市則建議志工持續進行普查，增加樣點。本研究期望藉由長期、穩定的蛙類調查資料為基礎，挑選蛙類生物多樣性熱點視為核心棲息地（core habitat），並以此基點劃設 100m 的緩衝區，提供兩棲類調查志工持續監測的樣區範圍。此外，也希望藉由生物多樣性熱點劃設緩衝區進行長期監測，瞭解劃設緩衝區對於蛙類保育的成效。

地理資訊系統除了進行分析外，未來也將使用 Google Map API 的概念，嵌入 Google Map 於志工兩棲類回報系統，志工回報時便可同步瞭解上傳資料的地點、物種是否正確，提升志工回報資料的準確度，如此便可大幅減低後端資料庫審核的成本。另外運用地理資訊系統進行資料分析，每年定期於志工大會發表台灣兩棲類分布現況，並公布於兩棲類調查資訊網，藉此協助監測台灣兩棲類變化的趨勢，並進行推廣教育。

致謝

感謝國科會經費補助(計畫編號 98-2631-H-259-001)、農委會經費補助(計畫編號 98-林管-02.1-保-1915)及所有參予調查的志工夥伴。

參考文獻

DNR 網站：<http://www.michigan.gov/dnr/>，查詢日期 2009 年 9 月。

Frogwatch 網站：<http://frogs.org.au/frogwatch/event.php>，查詢日期 2009 年 9 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.

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.

何麗君 (2005) 東亞鳥類生物多樣性熱點之選擇與分析，台北：國立台灣大學森林環境暨資源學系碩士論文。

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。

巫桂菁 (2002) 台灣本島以生物多樣性熱點為基礎之自然保護區規劃，台北：國立台北大學自然資源管理研究所碩士論文。

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、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。

廖倩瑜（1996）臺灣產畫眉亞科鳥種之空間分布與預測模式，台北：台灣大學動物學研究所碩士論文。

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。