

運用志工調查資料進行桃園地區兩棲類分佈之研究

楊懿如¹ 郭炳村²

¹國立花蓮教育大學生態與環境教育研究所／副教授／treefrog@mail.nhlue.edu.tw

²國立花蓮教育大學生態與環境教育研究所／碩士／89b1015@homecoming.nhlue.edu.tw

摘要

本研究以 2003 年至 2004 年進行「桃園縣國小教師兩棲類資源調查計畫」調查資料作為資料庫，探討桃園地區兩棲類的分布情形。並藉由進行資料分析的過程，提供未來運用志工進行兩棲類資源調查時的建議。調查的樣區共 361 個，位於新屋鄉、龜山鄉、大溪鎮、龍潭鄉、復興鄉等五個鄉鎮。樣區內共調查到 26 種兩棲類，22474 隻次。本研究將資料進行篩選，分為有效資料、每季至少調查一次資料與每季固定調查一次資料等 3 種不同類型，分別進行分析。結果發現，進行與兩棲類物種數有關的資料分析時，適合用調查次數高且調查範圍大的有效資料；而進行與兩棲類數量有關的資料分析時，適合用調查頻度一致的每季固定調查一次資料。

研究發現，桃園地區在 200~400 公尺的海拔範圍分布的兩棲類最多，其次為海拔 400~600 公尺的海拔範圍。迴歸分析發現，兩棲類的物種數及總數量與溫度、溼度均呈正相關；但針對各種兩棲類進行迴歸分析發現，不同的兩棲類對於溫度、溼度、海拔有不同的偏好性。將溫度、溼度、海拔、離河川距離、離保安林距離等 5 個環境因子與兩棲類的物種數及數量進行多元逐步迴歸分析，發現預測力都不高。進行群集分析發現兩棲類在時間生態區位、微棲地生態區位及樣區分布的群集都有所不同。

關鍵字：兩棲類分佈、環境因子、生物多樣性熱點、群集分析、志工調查

Study on the Distribution of Amphibians in Tao-Yuan by Using Investigative Data of Volunteers

Abstract

Purposes of this study is to understand amphibian's distribution in Tao-Yuan by analyzing database from investigation of amphibians in Tao-Yuan by elementary school's teachers project (2003-2004), and provide suggestions for volunteer's investigation of amphibians in the future. There were 361 sample plots in five town located in Shin-Wu, Guei-Shan, Dashi, Long Tan, and Fuxing. Altitudes of sample plots are between 7 m and 1162 m. The volunteers investigated 26 species of amphibians and 22474 individuals in these sample plots. We classified the records of database into available data, the data of at least one investigation per season, and the data of periodically one investigation per season from the database. Results show that if we want to analyze species richness, we had better use the available data. If we want to analyze species abundance, we had better use the data of periodically one investigation per season.

There are most amphibians distribute between 200-400 m altitude range in Tao-Yuan, and 400-600 m altitude range is secondary. There is a significant positive-correlation between species richness and temperature, species richness and humidity, species abundance and temperature, species abundance and humidity. However every species of amphibians have different preference from temperature, humidity, and altitude. Stepwise multiple regression was used to analyze the correlation between five environmental factors of temperature, humidity, altitude, the distance from the rivers, the distance from the protection forest and species richness. And the correlation between five environmental factors and species abundance was analyzed. The result of the analysis is that the five factors have low explanation power for species richness and species abundance. Cluster analysis was used to analyze the temporal niche cluster of amphibians, the environmental habitat cluster of amphibians, and the microhabitat cluster of amphibians. The results indicate that the clusters of amphibians are different in temporal niche and microhabitat.

Keywords: Amphibian Distribution, Biodiversity Hotspot, Environmental Factors, Cluster Analysis, Volunteer's Investigation

一、前言

台灣的兩棲類有37種，包括無尾目32種及有尾目5種。台灣兩棲類的海拔分布可以從海平面至3500公尺的山區，超過10種的兩棲類海拔分布範圍大於1500公尺(楊懿如，2005)，顯示台灣地區有著豐富的兩棲類資源。

兩棲類對環境相當敏感，Wilson(2001)曾舉例青蛙在自然界扮演的角色，就好比礦坑裡的金絲雀，很容易受到環境變化的影響；不論是水域或是陸域環境發生變化都會有所衝擊(Seburn, Seburn and Paszkowski, 1997)。兩棲類和其他脊椎動物相比，皮膚的結構較簡單；沒有鱗片或角質的保護，當環境因子發生變化，將會影響到其生理作用甚至是引起疾病(Duellman and Trueb, 1994)。目前兩棲類的疾病包括病毒、細菌、黴菌的感染，另外也包括結核病與癌症(Elkan, 1976; Marcus, 1981; Hoff et al., 1984)。Elkan(1976)指出在溼熱的環境，兩棲類易受到細菌及黴菌的感染。兩棲類的活動性不佳，環境產生變化時，逃避成功的機率較低。綜合來說，兩棲類較容易受到環境變化的影響，因此適合當做環境監測的物種(呂光洋等，1999)。

進行資源調查時，時間、經費、人力等三方面都必須考量，調查的尺度與監測時間也會因而被限制(Heyer et al., 1994)。若能有效運用志工來協助進行調查，相較於聘用專業的調查人員，同樣的花費可以進行更大尺度及長時間的調查，有助建立兩棲類的基礎資料，於是許多研究團隊開始運用志工進行調查，以利於大尺度的監測。DAPCAN(The Canadian Declining Amphibian Populations Task Force)就是加拿大一個運用志工進行兩棲類調查相當成功的計畫團隊，DAPCAN 自1992年開始招募志工，並有計畫的進行培訓及調查；且 DAPCAN 相當重視地區性的調查，因為許多區性的現象是當地居民才容易深入了解(Green, 1997)。許多地區性的團隊調查，也因為志工的加入，更利於研究計畫的執行。Hecnar(1997)在運用志工進行Ontario兩棲類分布的研究發現，池塘的數量對兩棲類多樣性的影響最大，池塘的數量越多，兩棲類多樣性就越高；而大範圍的伐木也會使得森林性的兩棲類變稀少。Bertram和Berrill(1997)也運用志工針對單一物種*Hyla versicolor*進行研究，發現除了8°C以下雄蛙不鳴叫之外，溫度的變化並不能解釋夜晚雄蛙鳴叫數量的變化，從鳴叫雄蛙的數量、生殖季長短、雄蛙的鳴叫天數等資料也無法預測出現在池塘的雄蛙比例。Seburn, Seburn和Paszkowski(1997)也同樣運用志工進行蛙類擴散的研究，發現蛙類擴散與棲地所在有關係。從上述研究可知，運用志工進行兩棲類調查不論是探討成蛙分布、蝌蚪群聚、或是單一物種行為研究都是可行的。其他如北美的 NAAMP、密西根州 MFTS、紐澤西 NJDEP 計畫團隊及一些學術單位的研究在運用志工進行兩棲類調查上也都有不錯的成效(Genet and Sargent, 2003; Lathrop et al., 2004; Weir et al., 2005)。MFTS(The Michigan Frog and Toad Survey)計畫團隊為了求得更一致性且高品質的調查數據，針對志工進行問卷調查研究，期能深入了解運用志工進行兩棲類資源調查的情形。研究中將兩

棲類鳴叫聲音的光碟與問卷一同寄給志工，藉計算志工在鳴叫辨識上的得分，並加入兩棲類外觀特徵辨識問題項目，判斷志工是否能準確的辨識物種。研究結果顯示，不同志工的背景與先備知識在辨識上有些許差異，而物種辨識對志工而言容易學習，反而是在估計數量方面，有較大的落差(Genet and Sargent, 2003)。運用志工進行兩棲類調查有其優劣所在，優點是能更迅速有效的累積資料，而缺點則是志工的調查資料一致性與嚴謹程度不像專門研究人員具有較高的品質，而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。

研究者等人於2003年至2004年在農委會林務局補助之下，進行「桃園縣國小教師兩棲類資源調查計畫」，且於2005年至2006年在花東地區、以及2006年至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，第二年度開始有系統的調查及收集資料，並定期回傳到資料庫。培訓方式為辦理三天兩夜兩棲類資源調查訓練班，上課內容包括台灣兩棲類的分類、生態習性及調查方法，包括室內課程12小時及夜間戶外實察8小時。在研究者實地輔導並協助勘查及確定調查區域之後，志工進行調查，並將資料回報，待研究者確認及整理之後，再上傳到農委會生物資源資料庫(楊懿如, 2004; 楊懿如等, 2007)。

桃園地區的兩棲類資源豐富，曾記錄到26種兩棲類(呂光洋等, 1990; 潘彥宏, 1996; 楊懿如等, 2007)，海拔範圍自海平面分布至2000公尺山區，是適合探討兩棲類分布的地區。本研究以2003年至2004年桃園兩棲類資源調查計畫的成果做為本研究的資料庫，針對資料庫進行資料分析，探討桃園兩棲類的分布情形。本研究主要目的在於運用資料庫瞭解桃園地區兩棲類時間與空間分布的情形，探討環境因子對其影響，並提供運用志工進行兩棲類調查方法的建議，作為未來監測及保育上的參考。

二、材料與方法

2.1 研究樣區描述

2.1.1 樣區空間分布

進行調查時，每到一個新的地點調查，就將該地點視為一個樣區，每個樣區會記錄一個固定的座標值，座標記錄採用TWD67座標系統。研究樣區位於桃園縣新屋鄉、龜山鄉、龍潭鄉、大溪鎮及復興鄉五個鄉鎮之內。新屋鄉的調查區域主要集中在蚵間村及後庄村兩個社區，龍潭鄉的調查區域為桃118線道羅馬公路沿線，大溪鄉為石門水庫四周，復興鄉主要集中於台 8 線北橫公路沿線，全部共有361個樣區。

2.1.2 樣區海拔分布

樣區海拔分布自海平面7公尺至1162公尺，海拔高度呈連續分布，有利於探討兩棲類分布海拔梯度的變化。除海拔100公尺至200公尺較缺少調查記錄外，從平地至1000公尺皆有密集的調查記錄，其中記有海拔資料的樣區共有321個，佔所有樣區的89%。

2.1.3 樣區面積

將所有樣區以GIS軟體ArcGIS 9.0計算調查面積，由於兩棲類的鳴叫的聲音傳播距離約500公尺(Heyer et al., 1994)，因此計算面積時以樣區所記錄的GPS座標值為中心，繪製半徑500公尺的環域，將樣區方圓500公尺內的範圍視為該樣區的調查面積，計算所有樣區的面積總合，結果得調查面積約為81平方公里，約佔桃園縣總面積的7%。

2.1.4 樣區氣象狀況

調查期間樣區的月均溫在14°C至30°C之間，年雨量的平均約為1500mm。資料庫中調查記錄到的最低溫度為北橫公路(海拔887m)2004年2月12.2°C，最高溫度為蚵間村家彰蓮園(海拔20m)2004年8月31.2°C，平均調查記錄的溫度為23.4±4.1°C。而調查記錄到的最低相對溼度為29%，最高相對溼度為100%，平均調查記錄的相對溼度為78%。

2.2 調查方法

2.2.1 調查時間與頻度

調查期間為2003年1月至2004年12月共兩年，調查時間為晚上6點至11點間蛙類活動的高峰期。調查日期由經過培訓之國小教師及荒野保護協會花蓮分會組成的七個志工團隊自訂，雖然於調查計畫進行期間，曾告知希望進行每個月至少調查一次的定期調查，但並沒有強迫規定調查頻度，故調查頻度並不規律。在進行資料分析時，將篩選出調查頻度一致的資料，並與未篩選前的資料進行比較，探討篩選前與篩選後的資料適合進行的資料分析。

2.2.2 調查方式

調查方式使用目視遇測法(visual encounter method. VES)與穿越帶鳴叫計數法(audio strip transects. AST)(呂光洋等, 1996; Olson, Leonard and Bury, 1997)互相搭配記錄蛙種、數量及停棲位置於規格化的表格中。在到達調查的定點後，會設置一條約100公尺的穿越帶，GPS的座標記錄為穿越帶的中心。以目視遇測法進行調查時，每一樣區停留時間不超過20分鐘。以穿越帶鳴叫計數法進行調查時，樣區方圓500公尺內的區域都屬於該樣區的調查記錄範圍。

將同一樣區、同一時間記錄的資料視為同一筆調查資料，而一筆資料中會包含一個調查時間、一個調查地點、一個溫度、一個溼度、一個海拔、及各兩棲類的數量。調查記錄內容包括地點、二度分帶座標、日期、溫度、相對溼度、海拔、蛙種、微棲地、數量等資料。微棲地記錄兩棲類出現的微棲環境，一個樣區有多種的微棲地。每次調查人數為2至5人，至少1人負責記錄。調查的環境因子以wisewind公司5334型號的四合一溫溼度計測量溫度與溼度，以Garmin公司12XL型號的GPS測量二度分帶TWD67座標與海拔。所有調查均記錄於統一格式的調查表上，上傳到賞蛙情報網(<http://www.froghome.info>)統一彙整及進行確認。

2.3 資料狀況

資料庫中原始資料總計有2571筆，去除無座標記錄49筆、無日期記錄30筆、重複記錄113筆的筆數後，剩餘資料為可分析資料，共2379筆，佔原始資料的93%，共361個樣區。其中1586筆資料有記錄溫度，佔可分析資料的67%；1561筆資料有記錄溼度，佔可分析資料的66%；2303筆資料有記錄海拔，佔可分析資料的97%，而同時記錄溫度、溼度、海拔的筆數共1485筆，佔可分析資料的62%。資料庫中，各樣區的調查次數差異大，只調查一次樣區最多（86個），佔全部樣區的24%（86/361），調查次數在4次以下的樣區佔所有樣區的53%（191/361）。資料庫的調查資料集中在夏天，夏天的調查次數就佔了全部調查次數的35%（869/2379）。2003年的資料為普查性質資料，調查的樣區較多，但調查頻度較不固定，部份樣區集中於夏季調查或只有調查1~3次。各樣區開始調查的月份並不一致，資料庫中有19%的樣區是春季開始調查，有19%的樣區是夏季開始調查，有39%的樣區是秋季開始調查，有23%的樣區是冬季開始調查。樣區調查監測的資料集中於2004年，但部份樣區的調查期間只有調查到2004年的夏季或秋季為止，若將兩年的資料合併，上述部份樣區的調查時間可以包含2003年的夏季至2004年的夏季或秋季，樣區的調查時間較具有連續性。由於進行資料分析時以合併兩年的調查資料進行分析，並不作年間的比較。

2.4 資料分析

2.4.1 資料篩選

本研究將資料庫的資料進行篩選，篩選出來的資料分別定義為有效資料、每季至少調查一次資料、每季固定調查一次資料等3種類型，皆為兩年合併的資料。分別進行資料分析並相互比較，以了解不同類型的資料在進行探討兩棲類分布上的優缺點。以下分別說明3種類型資料：

(1) 有效資料

將可分析的2379筆資料定義為有效資料，有效資料的調查頻度並不一致，夏季調查頻度較高，冬季調查頻度較低。有效資料的調查次數最高為7月共調查296次，最低為12月共調查30次，變異數平均數比(Variance-Mean Ratio)值為40.38。

(2)每季至少調查一次資料

依照春(3~5月)、夏(6~8月)、秋(9~11月)、冬(12~2月)四季，將有效資料中，有任何一季沒有調查記錄的樣區資料去除，剩下的資料為每季至少有調查一次的樣區資料，定義為每季至少調查一次的資料。每季至少調查一次的資料筆數為969筆，佔有效資料筆數的41%(969/2379)；69個樣區，佔有效資料樣區數的19%(69/361)。每季至少調查一次資料的調查頻度並不一致，春季及夏季調查頻度較高，秋季及冬季調查頻度較低；最高為6月共調查127次，最低為12月共調查19次，變異數平均數比值為13.5。雖然各月份的調查次數仍不平均，但每季至少調查一次資料的變異數平均數比值13.5 比有效資料的變異數平均數比值40.38低，顯示每季至少調查一次資料的變異程度降低。

(3)每季固定調查一次資料

將每季至少調查一次的樣區，在春(3~5月)、夏(6~8月)、秋(9~11月)、冬(12~2)四個季節中各選取出一筆資料，選擇的方式是選出最接近1月15日、4月15日、7月15日、10月15日的資料，使每個樣區都包含4筆資料，將選出的資料定義為每季固定調查一次的資料。每季固定調查一次的資料共276筆，佔有效資料筆數的12%(276/2379)，佔每季至少調查一次資料的28%(276/969)。每季調查一次的資料並不會有調查月份分布不均的情形發生，調查頻度也最為一致。

2.4.2統計及空間資料分析

分別針對3種類型資料進行統計分析。將野外調查的資料以Microsoft excel 2003進行資料整理，並配合SPSS(Statistical Product and Service Solutions)12.0版進行資料分析、ArcGIS 9.0處理空間相關資料、以及利用NTSYS-pc2.2進行群聚分析。主要分析內容包括計算生物多樣性熱點的空間分布；利用GIS計算與河川距離與保安林距離作為衍生性環境因子；以線性迴歸與逐步多元迴歸分析各環境因子與樣區內兩棲類的物種數與數量的關係；以及利用Sorensen Coefficient計算各物種間的樣區分布相似度，根據計算出來的樣區分布相似度，以群集分析的方法將兩棲類進行分群。計算調查區域各種兩棲類的時間生態區位及微棲地生態區位，並比較各種兩棲類間的時間生態區位重疊度及微棲地生態區位重疊度，分別對各兩棲類的時間生態區位重疊度及微棲地生態區位重疊度進行群集分析。

以下針對各項資料分析進行說明：

(1)生物多樣性熱點分析

以ArcGIS 9.0為操作平台，匯入桃園地圖及調查樣區的物種資料，將各樣區依照其物種數的多寡以不同的符號顯示；並計算所有樣區的平均物種數 \bar{x} 及標準差s，將樣區物種數大於全部樣區的平均物種數加一個標準差($>\bar{x} + s$)設為生物多樣性熱點(張育菁，2007)，探討生物多樣性熱點的分布情況。

(2)環境因子多元逐步迴歸分析

將溫度、溼度、海拔、離河川距離、離保安林距離等5個環境因子進行GLM(General Linear model)迴歸模式分析，並以逐步迴歸分析法挑選變項進入迴歸式，探討各環境因子對兩棲類物種數及總數量的影響。

(3)物種樣區分布相似度群集分析

以有效資料進行物種相似度的分析，分別將有各物種調查記錄的樣區設為1，將各物種沒有調查記錄的樣區設為0，可得知各種兩棲類有調查記錄的樣區分布，以Sorensen(1948)發展的Sorensen Coefficient分析法計算調查樣區各種兩棲類分布樣區的相似度。公式如下：

$$S_s = \frac{2a}{2a+b+c}$$

S_s = Sorensen 相似度

a = 兩物種均有出現的樣區數

b = 甲物種有出現但乙物種沒有出現的樣區數

c = 乙物種有出現但甲物種沒有出現的樣區數

將各物種的樣區分布相似度，以UPGMA(Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages)分析法(Sneath and Sokal, 1973)進行群集分析。

(6)時間生態區位群集分析

以Levins(1968)發展的生態區位寬度公式計算每季固定調查一次資料中各物種的時間生態區位寬度，並以Hurlbert(1984)發展的公式將之標準化，標準化後的值會介於0與1之間。公式如下：

$$B = \frac{1}{\sum P_i^2}$$

B = 時間生態區位寬度

p_j = 在第 j 季所調查到的個體數佔四季個體數的比例($j=1\sim 4$)

$$B_A = \frac{B-1}{n-1}$$

B_A = 標準化後的時間生態區位寬度

B = 時間生態區位寬度

n = 季節數($n=4$)

將各物種的時間生態區位寬度，以Pianka(1973)生態區位重疊度進行計算，算出各物種間的時間生態區位重疊度。公式如下：

$$O_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n P_{ij}^2 \sum_{i=1}^n P_{ik}^2}}$$

O_{jk} =生態區位重疊度

p_{ij} =物種 j 在 i 季的個體數佔四季個體數的比例

p_{ik} =物種 k 在 i 季的個體數佔四季個體數的比例

n =季節數

將各物種的時間生態區位重疊度，以UPGMA分析法進行群集分析。

林春富及呂光洋(2004)提出，同一種兩棲類在不同海拔，其時間生態區位分布可能有所差異；本研究將樣區海拔範圍分組，每200公尺為一組，包括0~200公尺、200~400公尺、400~600公尺、600~800公尺共4組(皆有四季調查)，分別計算各組海拔範圍之兩棲類時間生態區位寬度。

(7)微棲地生態區位群集分析

資料庫中兩棲類出現的微棲地可分為山澗瀑布、水池岸邊、水池埤塘、水池邊植物體、水溝、水溝邊植物體、竹林、住宅、步道、果園、空地、流動河流(<5m)、流動河流(>5m)、馬路、高草地、乾溝、喬木、短草地、菜園、廢耕地、暫時水域邊植物、暫時性水域、稻田、樹林底層、樹洞、灌叢等26種。志工調查時會記錄各種兩棲類出現的微棲地，將各物種在26種微棲地所出現的次數做統計，以Levins(1968)發展的生態區位寬度公式計算各物種的環境棲地類型生態區位寬度，並以 Hurlbert(1984)發展的公式將之標準化，標準化後的值會介於0與1之間。公式如下：

$$B = \frac{1}{\sum P_i^2}$$

B =微棲地生態區位寬度

p_j =物種在第 j 種微棲地的出現次數佔所有微棲地的出現次數比例

$$B_A = \frac{B-1}{n-1}$$

B_A =標準化後的微棲地生態區位寬度

B =微棲地生態區位寬度

n =微棲地的總數

將各物種的微棲地生態區位寬度，以Pianka(1973)發表的生態區位重疊度進行計算，算出各物種間的微棲地生態區位重疊度。公式如下：

$$O_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n P_{ij}^2 \sum_{i=1}^n P_{ik}^2}}$$

O_{jk} =微棲地生態區位重疊度

p_{ij} =物種j在i種微棲地的出現次數佔所有微棲地出現次數的比例

p_{ik} =物種k在i種微棲地的出現次數佔所有微棲地出現次數的比例

n=微棲地的總數

將各物種的微棲地生態區位重疊度，以UPGMA分析法進行群集分析。

三、結果與討論

3.1 桃園兩棲類的物種數與數量

分別以有效資料，每季至少調查一次資料、每季固定調查一次資料等 3 個不同類型的資料進行兩棲類物種數與數量的資料分析，並探討各資料類型適合進行的資料分析。

3.1.1 物種數與調查次數

桃園地區兩棲類的物種豐富，計有26種，佔全台灣兩棲類的68%(26/38)。有效資料共記錄到26種兩棲類，22474隻次；每季至少調查一次的樣區共記錄到22種兩棲類，9698隻次；每季調查一次的資料共記錄到21種兩棲類，2196隻次。若想要記錄到樣區中的所有物種，以普查的方式進行調查較為適當。

進行調查次數選擇分析發現，在每季至少調查一次的69個樣區中，第1次調查平均可記錄到45%的物種，前4次調查可調查到62%的累計物種，前9次調查平均可記錄到96%的累計物種，前12次調查平均可記錄到99%的累計物種(圖1)。將每季固定調查一次的資料記錄到的物種數與該樣區所記錄到的全部物種數做比較，發現每季固定調查一次的資料平均可記錄到該樣區87%的物種，比每季至少調查一次資料的前4次調查累計62%物種還高。

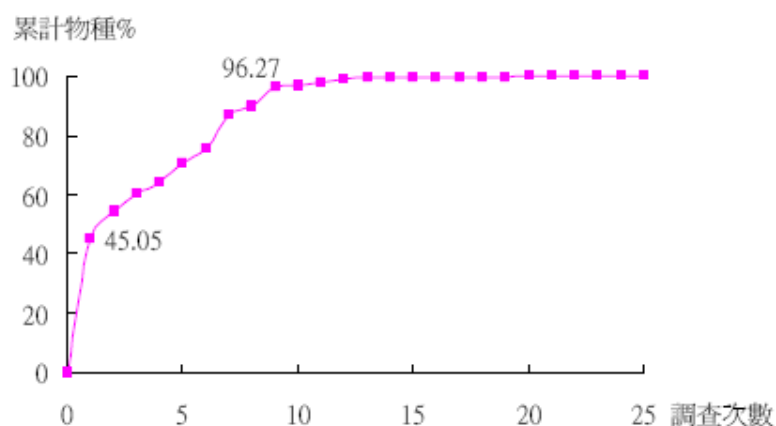


圖1 調查次數與種數累計比例關係圖。

3.1.2 各物種的數量比例

將有效資料中各物種的數量與有效資料的總數量共22474隻次做比較，探討各兩棲類數量的比例。有效資料數量最多的兩棲類是澤蛙，佔總數量的26%，其次是黑眶蟾蜍佔16%，盤古蟾蜍佔13%。

將每季至少調查一次的樣區資料中各物種的數量與總數量共9698隻次做比較，探討各兩棲類數量的比例。每季至少調查一次的資料數量最多的兩棲類是澤蛙，佔總數量的27%，其次是盤古蟾蜍，佔總數量的16%，黑眶蟾蜍佔6%。將每季固定調查一次的資料中各物種所調查到的數量與所調查到的總數量做比較，結果和每季至少調查一次的資料分析一致，數量最多的兩棲類是澤蛙，佔總數量的26%，其次是盤古蟾蜍，佔總數量的17%，黑眶蟾蜍佔6%。

由於有效資料調查時間集中在夏天，夏天的調查次數約佔了全部調查次數的35%，黑眶蟾蜍是夏天平地最常見的蛙類，被觀察到的機率高，因此造成有效資料中黑眶蟾蜍的數量比例較高。

綜合上述結果得知，雖然最理想的調查資料是能蒐集到最大範圍、最密集的調查、調查頻度最一致的資料，但也耗費最多的人力與經費；在人力、經費有限的情況下，選擇以每季至少調查一次為基礎，擴大調查範圍與提高調查次數是最有效率的方法。在探討與物種有關的分布時，適合用調查次數多的進行分析；而探討與數量有關的分析時，為了避免偏差，適合用調查頻度一致的資料進行分析。因此本研究在進行有關桃園兩棲類物種數分布的探討時，以有效資料進行分析；而在進行有關兩棲類數量分布時，以每季固定調查一次的資料來進行分析。

3.2 桃園兩棲類的分佈

3.2.1 桃園兩棲類的空間分布

將有效資料以GIS軟體ArcGIS 9.0將各調查樣區的物種數在地圖上點出，顯示各樣區的物種豐度(圖2)。各樣區物種數在1種至15種之間，平均每個樣區有

4.37±2.68種。將各樣區物種數大於全部樣區平均物種數加上一個標準差($\bar{x} + s$)的樣區做為生物多樣性熱點，8種以上的樣區共47個，佔有效資料樣區的13%(35/361)，而生物多樣性熱點大多集中在海拔200至400公尺的山區(圖3)。

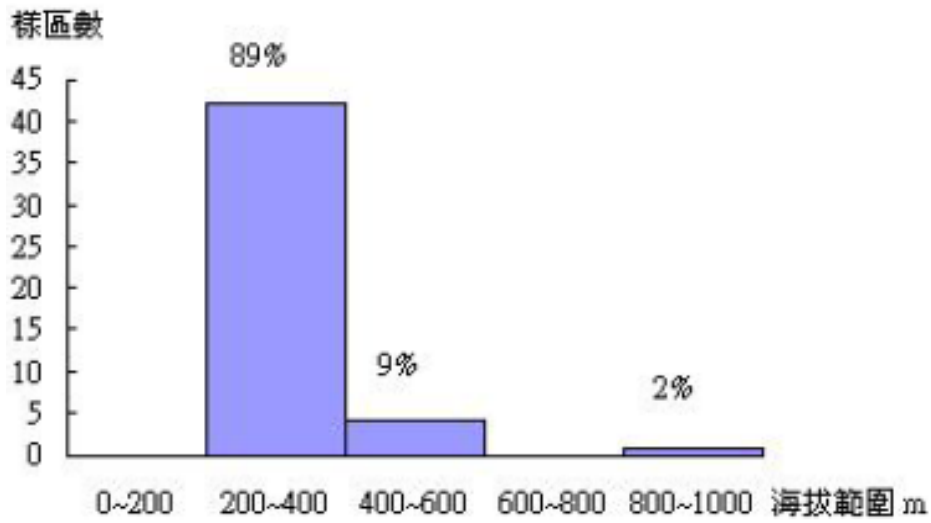


圖3 生物多樣性熱點在各海拔範圍之分佈頻度圖。

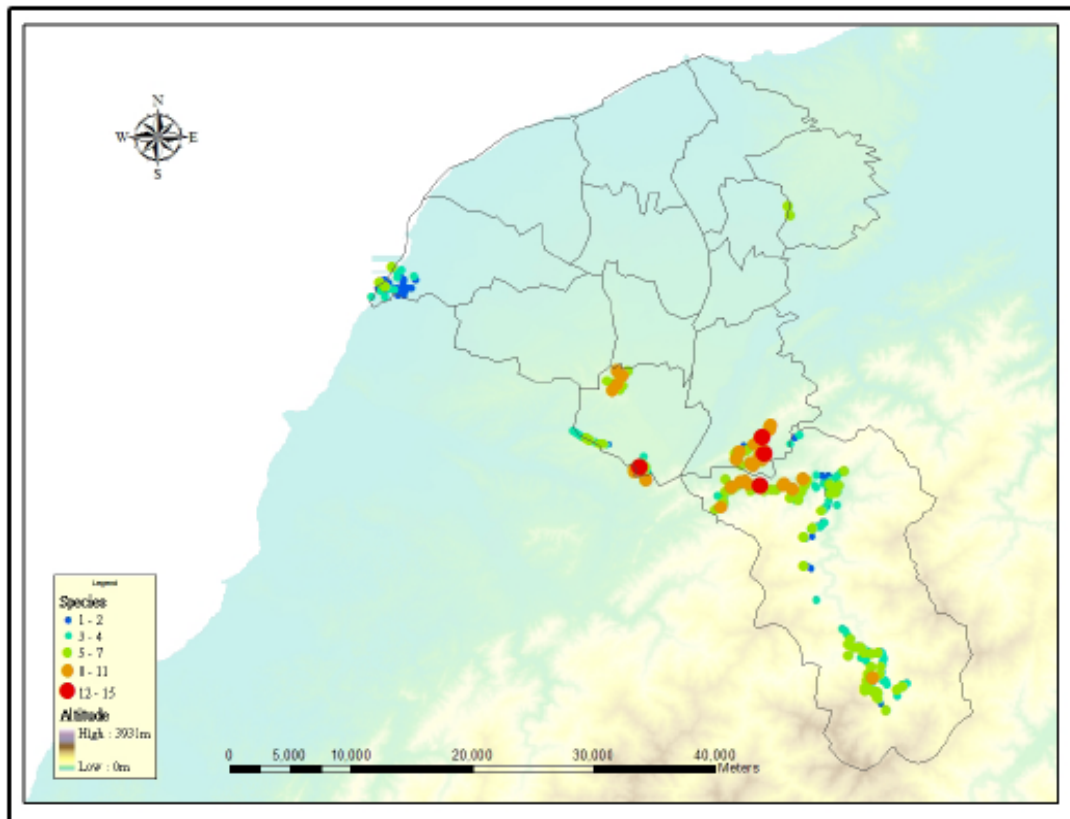


圖2 有效資料各樣區物種豐度分佈圖。

將有效資料中各物種調查到的樣區數與有效資料共361個樣區數做比例計算，探討各兩棲類在調查區域的分布比例。將出現在有效資料樣區比例大於30%的物種視為普遍分布的物種，共有盤古蟾蜍、澤蛙、拉都希氏赤蛙等3種兩棲類，其中盤古蟾蜍最高(71%)；將出現在有效資料樣區比例小於5%的物種視為侷限分布的物種，共有豎琴蛙、台北赤蛙、金線蛙、虎皮蛙、牛蛙、橙腹樹蛙、翡翠樹蛙等8種兩棲類。

以Sorensen Coefficient分析法計算調查區域各種兩棲類樣區分布的相似度。結果顯示，與其他物種的樣區分布相似度最高的是貢德氏赤蛙、白領樹蛙、面天樹蛙 3種兩棲類(三種皆為0.25)，與其他物種的樣區分布相似度次高的是拉都希氏赤蛙(0.24)。而與其他物種的樣區分布相似度最低的是豎琴蛙、牛蛙、橙腹樹蛙3種兩棲類(皆為0.01)，與其他物種的樣區分布相似度次低的是台北赤蛙(0.03)，皆為侷限分布的種類。

3.2.2 環境因子與兩棲類分布的關係

為了瞭解各環境因子對兩棲類分布的影響，分別將溫度、溼度、海拔與調查到兩棲類的物種數與數量進行簡單線性迴歸分析，並將溫度、溼度、海拔、離河川距離、離保安林距離等 5 個環境因子與兩棲類的物種數及數量進行多元逐步迴歸分析，結果如下：

(1)溫度

有效資料中，有記錄溫度的資料有1586筆，佔有效資料 67%(1586/2379)。溫度與兩棲類物種數做簡單線性迴歸分析，發現兩棲類的物種數與溫度高低呈現正相關($r=0.339$ ， $df=1585$ ， $p<0.001$)。顯示溫度越高，出現的兩棲類種類越多。

不過分別將各兩棲類數量與溫度做簡單線性迴歸分析，探討溫度與各種兩棲類數量的關係，發現不同的兩棲類對溫度的偏好不同。腹斑蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙、虎皮蛙、白領樹蛙、面天樹蛙、艾氏樹蛙7種兩棲類的數量與溫度呈顯著正相關 (r 值為0.384至0.272， $p<0.05$)；顯示溫度越高，這7種兩棲類的數量越多。而長腳赤蛙、莫氏樹蛙2種兩棲類的數量與溫度呈顯著負相關($r=-0.169$ 、 $r=-0.242$)；顯示溫度越高，長腳赤蛙、莫氏樹蛙等2種兩棲類的數量越少。

(2)溼度

有效資料中，有記錄溼度的資料有 1561 筆，佔有效資料筆數的 66%(1561/2379)。溼度與兩棲類物種數做簡單線性迴歸分析，探討溼度與兩棲類物種數的關係。發現兩棲類物種數與溼度呈正相關($r=0.055$ ， $df=1560$ ， $p<0.05$)。顯示溼度越高，兩棲類的物種數越高。

但分別將各兩棲類數量與溼度做簡單線性迴歸分析，探討溼度與各種兩棲類數量的關係，發現不同兩棲類對濕度的偏好有所不同。小雨蛙、貢德氏赤蛙、澤

蛙、日本樹蛙4種兩棲類的數量與溼度有顯著的正相關（ r 值為0.254至0.188， $p < 0.05$ ）；顯示溼度越高，這4種兩棲類的數量越多。而拉都希氏赤蛙的數量與溼度呈負相關（ $r = -0.339$ ， $p < 0.001$ ）；顯示溼度越高，拉都希氏赤蛙的數量越少。

(3) 海拔

有效資料中，有海拔記錄的樣區共321個，佔有效資料樣區的89% (321/361)。將海拔與兩棲類物種數做二次曲線迴歸分析，探討海拔與兩棲類物種數的關係。發現兩棲類在低海拔山區有較多的物種分布，平地及中海拔山區物種分布較少（ $r = 0.167$ ， $df = 320$ ， $p < 0.05$ ），而在調查區域海拔200~400公尺的範圍是兩棲類物種數最高的地方（圖4）。

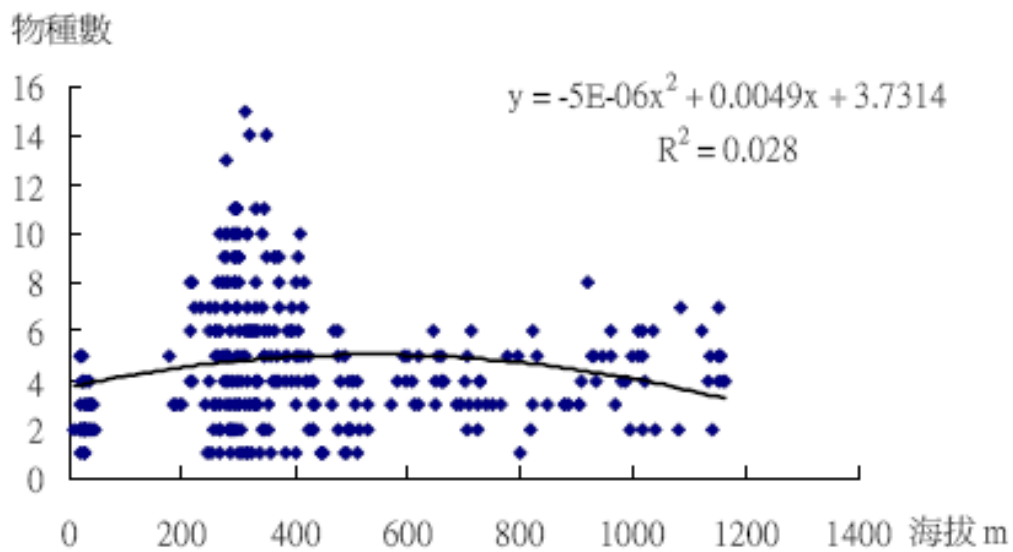


圖4 有效資料海拔與兩棲類物種數關係圖。

分別將各兩棲類數量與海拔做簡單線性迴歸分析，探討海拔與各種兩棲類數量的關係。黑眶蟾蜍、中國樹蟾、小雨蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙、拉都希氏赤蛙、白領樹蛙、面天樹蛙、艾氏樹蛙9種兩棲類的數量與海拔有顯著負相關（ r 值為-0.37至-0.155， $p < 0.05$ ）；顯示海拔越高，這9種兩棲類的數量越少，其中貢德氏赤蛙及澤蛙數量和雨量及溫度都成正相關。而梭德氏赤蛙、莫氏樹蛙2種兩棲類的數量與海拔有顯著的正相關（ $r = 0.311$ 、 $r = 0.419$ ， $p < 0.001$ ），表示海拔越高，這2種兩棲類的數量越多，而莫氏樹蛙數量和溫度呈負相關。以上結果顯示，兩棲類分佈受溫度、濕度和海拔等環境因子共同影響，因此進行環境因子與兩棲類物種數及數量逐步迴歸分析。

(4) 環境因子與兩棲類物種數及數量逐步迴歸分析

將各樣區每次調查溫度、各樣區每次調查溼度、各樣區海拔、各樣區與河川距離、各樣區與保安林距離等環境因子當做自變數，將兩棲類物種數當做依變數，以有效資料進行逐步多元迴歸分析。結果顯示，首先被挑選進入迴歸式的因子是

溫度，挑選溫度進入迴歸式後的R平方值為0.116；第二個被挑選進入迴歸式的因子是溼度，R平方值為0.138；第三個被挑選進入迴歸式的因子是海拔，R平方值0.148；第四個被挑選進入迴歸式的因子是與保安林距離，R平方值為0.152。兩棲類物種數與環境因子的逐步迴歸式為 $y = -2.402 + 0.132 \text{ 溫度} + 0.126 \text{ 溼度} - 0.001 \text{ 海拔} + 0.001 \text{ 與保安林距離}$ ，標準化後的迴歸式為 $y = 0.323 \text{ 溫度} + 0.126 \text{ 溼度} - 0.092 \text{ 海拔} + 0.073 \text{ 與保安林距離}$ 。顯示影響兩棲類物種數分布最大的環境因子是溫度，其次是溼度，再其次是海拔，之後是與保安林距離，但由溫度、溼度、海拔與保安林距離來預測兩棲類物種數僅具有15%的解釋力。

利用每季固定調查一次的資料進行環境因子與兩棲類總數量逐步多元迴歸分析，結果顯示，首先被挑選進入迴歸式的因子是海拔，挑選海拔進入迴歸式後的R平方值為0.348；第二個被挑選進入迴歸式的因子是溫度，R平方值為0.405；第三個被挑選進入迴歸式的因子是溼度，R平方值為0.434。兩棲類數量與環境因子的逐步迴歸式為 $y = -8.168 - 0.014 \text{ 海拔} + 0.377 \text{ 溫度} + 0.155 \text{ 溼度}$ ，標準化後的迴歸式為 $y = -0.484 \text{ 海拔} + 0.309 \text{ 溫度} + 0.183 \text{ 溼度}$ 。顯示影響兩棲類總數量分布最大的環境因子是海拔，其次是溫度，再其次是溼度，由海拔、溫度與溼度來預測兩棲類數量具有43%的解釋力。但溫度、溼度、海拔、與河川距離、與保安林距離等5個環境因子對兩棲類的物種數及總數量的預測力都不高。此外，由於進行多元逐步迴歸的df值與各環境因子個別進行簡單線性迴歸的df值不同，使得逐步迴歸與簡單線性迴歸R平方值有差異。

3.2.4 桃園兩棲類的時間分布

以有效資料計算各月份兩棲類出現的物種數，探討兩棲類出現月份的高峰，結果顯示，6月調查到最多的物種，共23種，佔樣區所有物種的88%(23/26)，而12月調查到最少的物種，共8種，佔樣區所有物種的31%(8/26)。

計算各物種的時間生態區位寬度，探討各種兩棲類的時間分布情形。結果顯示，盤古蟾蜍(0.94)、黑眶蟾蜍(0.81)、澤蛙(0.96)、拉都希氏赤蛙(0.89)等4種兩棲類的時間生態區位寬度都很高，顯示這4種兩棲類各季節均有分布且數量穩定，其中盤古蟾蜍、澤蛙及拉都希氏赤蛙也是屬於普遍分布的物種。

分別計算各組海拔範圍兩棲類的時間生態區位寬度。發現黑眶蟾蜍在200~400公尺的海拔範圍時間生態區位寬度值較高(0.83)，顯示黑眶蟾蜍在200~400公尺海拔範圍的每季數量較穩定。澤蛙在200~400公尺及400~600公尺的海拔範圍間生態區位寬度值較高(0.97)，顯示澤蛙在200~600公尺海拔範圍的每季數量較穩定。拉都希氏赤蛙在200~400公尺的海拔範圍間生態區位寬度值較高，隨著海拔上升其值逐漸降低；顯示拉都希氏赤蛙在200~400公尺海拔範圍的每季數量較穩定，而海拔越高其每季數量越不平均。

將各種兩棲類之時間生態重疊度以UPGMA分析法進行群集分析(圖5)，去除豎琴蛙、台北赤蛙、牛蛙、虎皮蛙、橙腹樹蛙、翡翠樹蛙等6種數量過少的兩棲類後，

調查區域的20種兩棲類依時間生態區位重疊度可分為4個類群，各類群兩棲類的活動型態並不相同。T1類群包括盤古蟾蜍、拉都希氏赤蛙、澤蛙、黑眶蟾蜍等4種，屬於偏好全年活動的種類；T2類群包括腹斑蛙、中國樹蟾、小雨蛙、古氏赤蛙、白領樹蛙、斯文豪氏赤蛙、褐樹蛙、古氏赤蛙、面天樹蛙、艾氏樹蛙、貢德氏赤蛙、日本樹蛙、金線蛙、莫氏樹蛙等13種兩棲類，屬於偏好春夏季繁殖的種類；T3類群包括長腳赤蛙、台北樹蛙2種兩棲類，屬於偏好冬天繁殖的種類；T4類群為梭德氏赤蛙1種，屬於秋季繁殖的種類。

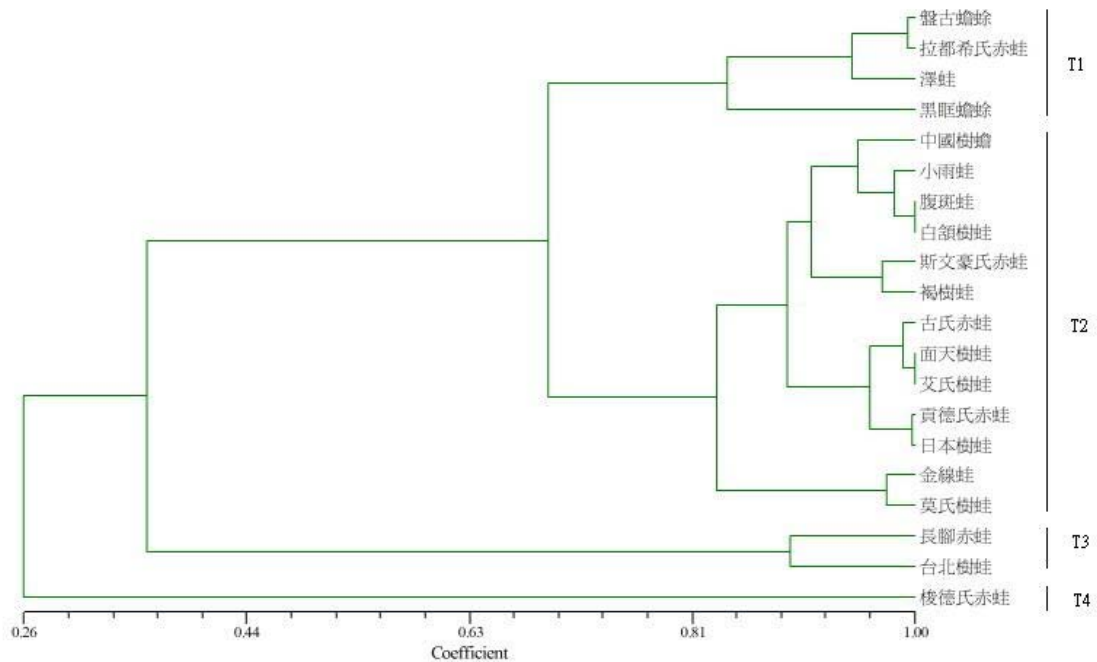


圖5 桃園兩棲類時間生態區位重疊度樹狀圖。

3.2.3 桃園兩棲類的微棲地生態區位

以有效資料計算各種兩棲類的微棲地生態區位寬度，探討各種兩棲類的微棲地利用情形。結果發現，黑眶蟾蜍(0.31)、小雨蛙(0.35)、腹斑蛙(0.36)、長腳赤蛙(0.3)、白領樹蛙(0.43)等5種兩棲類的微棲地生態區位寬度較高，顯示這5種兩棲類棲息在多種的微棲地。而古氏赤蛙(0.04)、金線蛙(0.03)、艾氏樹蛙(0.06)、翡翠樹蛙(0.07)、莫氏樹蛙(0.05)等5種兩棲類的微棲地生態區位寬度較低，表示這5種兩棲類較集中出現在特定的微棲地。

利用調查區域的22種兩棲類之微棲地生態區位重疊度以UPGMA分析法進行分群(圖 6)，可分為7個類群，並各有不同微棲地利用型態。H1 類群包括盤古蟾蜍、梭德氏赤蛙2種兩棲類，屬於偏好在馬路活動的兩棲類；H2 類群包括斯文豪氏赤蛙、褐樹蛙、莫氏樹蛙等3種兩棲類，屬於偏好在水溝邊植物體活動的兩棲類；H3 類群包括黑眶蟾蜍、小雨蛙、長腳赤蛙、中國樹蟾、虎皮蛙等5種兩棲類，屬於偏好在菜園活動的兩棲類；H4類群包括腹斑蛙、白領樹蛙、貢德氏赤蛙、金線蛙、

拉都希氏赤蛙等5種兩棲類，屬於偏好在水池埤塘活動的兩棲類；H5類群包括古氏赤蛙、澤蛙、日本樹蛙3種兩棲類，屬於偏好在水溝活動的兩棲類；H6類群包括面天樹蛙、艾氏樹蛙、台北樹蛙3種兩棲類，屬於偏好於在樹林底層活動的兩棲類；H7類群為翡翠樹蛙1種，屬於偏好於在喬木活動的兩棲類。而 H1類群及 H2類群的兩棲類在微棲地的利用上較為相似，屬於偏好於在陸域活動的I類群，推測是由於H1類群及H2類群的兩棲類在繁殖期必須從樹林遷移到水域環境，故進行調查時常會在馬路上發現正在移動的個體；若將流動水域(<5m)及流動水域(>5m)視為同一種微棲地，則斯文豪氏赤蛙(18%)及褐樹蛙(14%)有高的比例在流動水域活動。而H3類群、H4類群及H5類群的兩棲類在微棲地的利用上較為相似，屬於偏好於在靜水域活動的II類群。而H6類群的兩棲類屬於偏好於在樹林底層活動的III類群，H7類群的兩棲類屬於偏好於在喬木活動的IV類群。

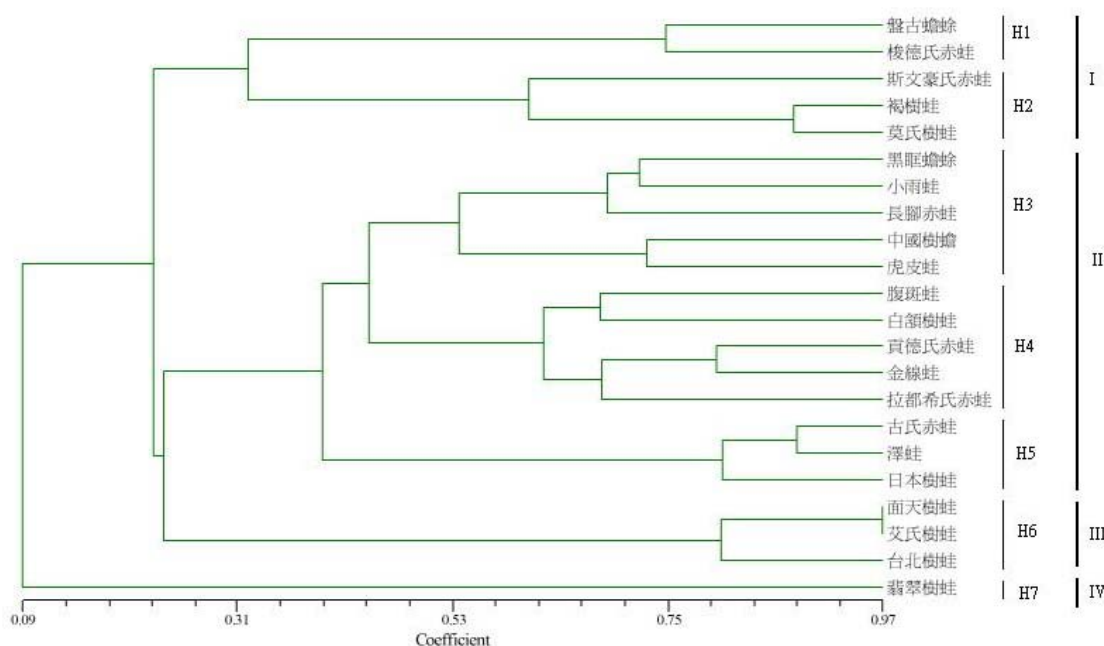


圖6 桃園兩棲類微棲地生態區位重疊度樹狀圖。

3.3 運用志工進行調查的優缺點及建議

藉由進行各項資料分析的過程，能了解運用志工進行兩棲類資源調查資料的優點與缺點。呂光洋等(1990)曾將過去許多進行兩棲類的研究報告匯整，建立台灣兩棲類分布的資料庫，共計有7609筆資料，而林春富和呂光洋(2004)曾在中部地區進行共4年的兩棲類調查，累計了1524筆資料。本研究以在同一樣區、同一時間的調查資料視為一筆調查資料，每筆資料包括各種兩棲類的數量，兩年共累計2379筆資料，若將每次調查到的各種兩棲類分別當做一筆資料，則會有6637筆資料，顯示運用志工進行調查可以在短時間內累積大量的資料。

本研究中，有效資料的調查時間大多集中在夏天，光是夏天的調查次數就佔了全部調查次數的35%(869/2379)，每月調查次數的變異數平均數比值達40.38；且

有效資料中有24%(86/361)的樣區只有一次調查記錄。顯示運用志工進行調查的資料，調查頻度並不平均。

Genet and Sargent(2003)曾指出，志工在兩棲類的物種辨識上並沒有太大差異，但對於數量的估計則有較大的落差。本研究雖然將調查頻度標準化後進行數量的計算，並進行環境因子與兩棲類數量的逐步迴歸分析，但預測力不高，顯示志工調查的數量資料雖然可以進行分析，但須提高志工兩棲類數量調查的準確性。雖然在進行大尺度的調查時，不適合進行關於兩棲類數量的分析，但在進行分析時可以運用其他方法提高資料分析的品質。例如加拿大兩棲類監測組織DAPCAN及美國Frogwatch計畫都以運用志工進行兩棲類調查為主，除了大範圍的普查之外，各地區亦進行長期監測，以當地固定的調查團隊進行小範圍的調查，所調查到的數量資料可以推論至當地的兩棲類數量分布情形。運用志工調查的資料不但可以探討兩棲類大尺度的物種分布情形，也可以探討兩棲類小尺度的數量分布，可見運用志工調查資料對於探討兩棲類的分布非常重要，並有利於進行兩棲類的監測(Heyer et al., 1994)。

綜合以上得知，運用志工進行調查可以快速累積大量的調查資料，但若要使志工調查的資料能反應出兩棲類分布，最需要克服的是調查頻度以及兩棲類數量的估算。本研究運用志工調查資料進行桃園地區的兩棲類分布情形發現，當志工調查的資料範圍大，資料量多，但調查頻度不固定時，適合探討物種分布的情形，不適合探討數量分佈。因為兩棲類的數量和繁殖季有關(Green, 1997)，若調查頻度不固定，可能造成取樣上的偏差。因此如欲探討有關兩棲類數量的分布，在考量人力及經費情況下，建議控制每個樣區調查頻度為固定月份並每季至少一次，例如每年1月、4月、7月、10月每個樣區至少調查一次，並加強志工對兩棲類數量估算的能力。

另外，運用志工調查的資料進行桃園地區兩棲類分布發現，桃園地區的兩棲類物種相當豐富，且兩棲類的生物多樣性熱點集中在海拔200公尺至600公尺的山區，未來可針對生物多樣性熱點做長期監測，將有助於了解兩棲類分布與環境的變化。然而本研究定義之生物多樣性熱點是兩棲類物種數較高的樣區，並非包括調查區域中所有的兩棲類，部份桃園地區稀有物種，例如豎琴蛙、台北赤蛙、金線蛙、虎皮蛙、橙腹樹蛙、翡翠樹蛙等物種對環境變化更為敏感，因此針對有稀有物種出現的樣區最好也能進行長期監測，以利於桃園地區兩棲類的保育。

四、參考文獻

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。

呂光洋、林政彥、莊國碩(1990)，台灣區野生動物資料庫(一)兩棲類(II)，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(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。

林春富、呂光洋(2004)，台灣中部蛙類與蟾蜍在時間分布、空間偏好與生殖高峰的海拔差異，特有生物研究，6(1)，頁39-50。

楊懿如(2004)，九十三年桃園國小兩棲類資源調查期末報告，台北，中華民國自然與生態攝影學會。

楊懿如(2005)，台灣兩棲動物野外調查手冊，行政院農業委員會林務局。

楊懿如、林麗君、郭炳村(2007)，運用志工進行台灣兩棲類保育之發展歷程與成效，海峽兩岸環境與可持續發展教育研討會論文集，頁 42-51。

潘彥宏(1996)，台灣無尾目兩生類之空間分布模式，碩士論文，國立台灣大學，台北，動物學研究所。

Bertram, S. and M. Berrill.(1997). Fluctuations in a Northern population of gray treefrog(*Hyla versicolor*). In: D.M. Green.(ed.) Amphibian in Decline: Canadian Studies of a Global Problem. pp. 57-63. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Saint Louis, Missouri, U.S.A.

Duellman, W. E. and L. Trueb.(1994). Biology of Amphibians. pp. 197-284.

Elkan, E.(1976). Pathology in Amphibia. In: B. Lofts(ed.) Physiology of Amphibia. pp. 273-312. Academic Press, New York.

Genet, K. S. and L. G. Sargent.(2003). Evaluation of methods and data quality from a volunteer-based amphibian call survey. Wild. Soc. Bul. 31(3): 703-714.

Green, D. M.(1997). Amphibian in Decline: Canadian Studies of a Global Problem. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 338 pp.

Hecnar, S. J.(1997). Amphibian pond communities in Southwestern Ontario. In: D.M. Green.(ed.) Amphibian in Decline: Canadian Studies of a Global Problem. pp. 1-15. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Saint Louis, Missouri, U.S.A.

Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek and M. S. Foster.(1994). Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibian. Smithsonian Institution Press, Washington and London, 364pp.

Hoff, G. L., F. L. Frye and E. R. Jacobson.(1984). Diseases of Amphibians and Reptiles. Plenum Publishing Corporation, New York.

- Hurlbert, S. H.(1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. Ecol. Monog. 54: 187-211
- Lathrop, R. G., P. Montesano, J. Tesauro and B. Zarate.(2004). Statewide mapping and assessment of vernal pools: A New Jersey case study. J. Environ. Manag. 76: 230–238
- Levins, R.(1968). Evolution in changing environments: Some theoretical explorations. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Marcus, L. C.(1981). Veterinary Biology and Medicine of Captive Amphibians and Reptiles. Lea & Febiger, Philadelphia.
- Olson, D. H., W. P. Leonard and R. B. Bury(eds.)(1997). Sampling Amphibians in Lentic Habitats, Northwest Fauna No. 4. Society for Northwestern Vertebrate Biology, Olympia, Washington.
- Pianka, E. R.(1973). The structure of lizard communities. Ann. Rev. Ecol. Syst. 4: 53-74.
- Seburn, C. N.L., D. C. Seburn and C.A. Paszkowski.(1997). Northern leopard frog(*Rana Pipiens*) dispersal in relation to habitat. In: D.M. Green.(ed.) Amphibian in Decline: Canadian Studies of a Global Problem. pp. 64-72. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Saint Louis, Missouri, U.S.A.
- Sneath, P. H. A. and R. R. Sokal.(1973). Numerical taxonomy. WH Freeman, San Francisco.
- Sorensen, T.(1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Kong. Damish Vidensk. Selsk. Biol. Skr. (Copenhagen) 5: 1-34.
- 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. J. Herpetol. 39(4): 627–639.
- Wilson, E. O.(2001). The Diversity of Life. Clays Ltd, England.

致謝

感謝農委會林務局經費補助（計畫編號92保育基金-六、二（十）、93保育基金-六、二、94務管-4.1.-保-08、95務管-4.1-保-12（3）、96-林管-02.1-保-20（8）及所有參與調查的志工夥伴。